



COLECCIÓN CONOCIMIENTO CONTEMPORÁNEO

Estrategias y transiciones socio-técnicas para la era de la inteligencia artificial

Coords.

Fernando Castelló-Sirvent

Marta Peris-Ortiz

Vanessa Roger-Monzó

Dykinson, S.L.

ESTRATEGIAS Y TRANSICIONES SOCIO-TÉCNICAS
PARA LA ERA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL



COLECCIÓN CONOCIMIENTO CONTEMPORÁNEO

ESTRATEGIAS Y TRANSICIONES SOCIO-TÉCNICAS
PARA LA ERA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Coords.

FERNANDO CASTELLÓ-SIRVENT
MARTA PERIS-ORTIZ
VANESSA ROGER-MONZÓ

Dykinson, S.L.

2024



Esta obra se distribuye bajo licencia

Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

La Editorial Dykinson autoriza a incluir esta obra en repositorios institucionales de acceso abierto para facilitar su difusión. Al tratarse de una obra colectiva, cada autor únicamente podrá incluir el o los capítulos de su autoría.

ESTRATEGIAS Y TRANSICIONES SOCIO-TÉCNICAS PARA LA ERA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Diseño de cubierta y maquetación: Francisco Anaya Benítez

© de los textos: los autores

© de la presente edición: Dykinson S.L.

Madrid 2024

N.º 217 de la colección Conocimiento Contemporáneo

1ª edición, 2024

ISBN: 978-84-1070-326-1

NOTA EDITORIAL: Los puntos de vista, opiniones y contenidos expresados en esta obra son de exclusiva responsabilidad de sus respectivos autores. Dichas posturas y contenidos no reflejan necesariamente los puntos de vista de Dykinson S.L, ni de los editores o coordinadores de la obra. Los autores asumen la responsabilidad total y absoluta de garantizar que todo el contenido que aportan a la obra es original, no ha sido plagiado y no infringe los derechos de autor de terceros. Es responsabilidad de los autores obtener los permisos adecuados para incluir material previamente publicado en otro lugar. Dykinson S.L no asume ninguna responsabilidad por posibles infracciones a los derechos de autor, actos de plagio u otras formas de responsabilidad relacionadas con los contenidos de la obra. En caso de disputas legales que surjan debido a dichas infracciones, los autores serán los únicos responsables.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| PRÓLOGO | 12 |
| FERNANDO CASTELLÓ-SIRVENT | |
| MARTA PERIS-ORTIZ | |
| VANESSA ROGER-MONZÓ | |
| CAPÍTULO 1. AI IN EUROPEAN SMES: HOW INNOVATION PROMOTES DIGITAL TRANSFORMATION AND TRANSITION | 15 |
| MARTÍ BOSCH-TOBELLA | |
| JOAN TORRENT-SELLENS | |
| CAPÍTULO 2. THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE BANKING SECTOR: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS | 38 |
| SILVIA RODRIGUEZ-DONAIRE | |
| ARTUR CALLAU-BERENGUER | |
| FERNANDO CASTELLÓ-SIRVENT | |
| CAPÍTULO 3. ENHANCING LAST-MILE DELIVERY THROUGH ARTIFICIAL INTELLIGENCE: INNOVATIONS IN SUSTAINABILITY, EFFICIENCY, AND CUSTOMER SATISFACTION | 53 |
| PASCUAL CORTÉS-PELLICER | |
| FERNANDO CASTELLÓ-SIRVENT | |
| CAPÍTULO 4. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO EXPLORATORIO SOBRE MODELOS DE NEGOCIO DE ECONOMÍA CIRCULAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA | 70 |
| FERNANDO CASTELLÓ-SIRVENT | |
| PABLO PINAZO-DALLENBACH | |
| PASCUAL CORTÉS-PELLICER | |
| VANESSA ROGER-MONZÓ | |
| CAPÍTULO 5. ¿UNA IMAGEN VALE MÁS QUE MIL PALABRAS? COMPARACIÓN ENTRE LA IA GENERATIVA DE TEXTOS Y LA IA GENERATIVA DE IMÁGENES | 81 |
| YOLANDA CABRERA GARCÍA-OCHOA | |
| ROSANNA MESTRE-PÉREZ | |
| VANESSA ROGER-MONZÓ | |
| CAPÍTULO 6. TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LAS FINANZAS EMPRESARIALES | 97 |
| DEBORA GONZALEZ CELDRAN | |
| CAPÍTULO 7. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ECOSISTEMA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL MERCADO LABORAL CREATIVO DE MÉXICO: ESTUDIO DESCRIPTIVO | 114 |
| PATRICIA CARMINA INZUNZA-MEJÍA | |
| DULCE LIVIER CASTRO-CUADRAS | |
| ORACIO VALENZUELA-VALENZUELA | |

| | |
|--|-----|
| CAPÍTULO 8. UN SISTEMA DE GESTIÓN SOSTENIBLE BASADO EN LA CONFIANZA: EL PAPEL DE LA IA EN LA MEDICIÓN Y GESTIÓN DE LAS EMPRESAS Y ORGANIZACIONES | 135 |
| JUAN ANTONIO PERTEGUER MUÑOZ | |
| JOSÉ LUIS MARTÍNEZ BLANCO | |
| CAPÍTULO 9. CHESTE LUZ VERDE: TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA A TRAVÉS DE ALIANZAS PÚBLICO-PRIVADAS | 155 |
| ANTONIO ALONSO-GONZÁLEZ | |
| CAPÍTULO 10. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LA SOSTENIBILIDAD EN LAS EMPRESAS DE SERVICIOS CON DISTINTIVO DE RS DEL MUNICIPIO DE GUASVE, SNIALOA | 177 |
| MARIANA RODRÍGUEZ CASTRO | |
| JUAN MIGUEL AHUMADA CERVANTES | |
| PATRICIA CARMINA INZUNZA MEJIA | |
| DULCE VALERIA DÍAZ HUICHO | |
| CAPÍTULO 11. DESARROLLO DE UNA APP QUE DETERMINA EL PORCENTAJE DE ÉXITO DE LOS EMPRENDIMIENTOS A TRAVÉS DE ALGORITMOS GENÉTICOS Y REDES NEURONALES MULTICAPA CON ENTRENAMIENTO | 191 |
| ISRAEL PATINO-GALVAN | |
| CAPÍTULO 12. INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS SOCIOEMOCIONALES VINCULADAS AL EMPRENDIMIENTO | 215 |
| BEATRIZ ABAD-VILLAVERDE | |
| IÑIGO BENITO | |
| BELÉN GOÑI | |
| CAPÍTULO 13. ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y OTRAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA INTERNACIONALIZACIÓN DE LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS | 238 |
| PATRICIA CARMINA INZUNZA-MEJÍA | |
| ORACIO VALENZUELA-VALENZUELA | |
| CAPÍTULO 14. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO DETONANTE DEL DESARROLLO DE EMPRENDEDORES EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR..... | 260 |
| JUAN MIGUEL AHUMADA CERVANTES | |
| MÓNICA LILIANA RIVERA OBREGÓN | |

| | |
|--|-----|
| CAPÍTULO 15. EL DESAFÍO DE LA IA PARA LAS AGENCIAS DE PUBLICIDAD: UN ENFOQUE CONTRONTRADO ENTRE CATALUÑA Y RÍO DE JANEIRO..... | 282 |
| SÍLVIA ESPINOSA-MIRABET | |
| MARIA ALICE DE FARIA NOGUEIRA | |
| MÒNICA PUNTÍ-BRUN | |
| RAMON MARTÍN-GUART | |
| CAPÍTULO 16. PERITAJE CON IA DE OBRAS DE ARTE FEMENINO CONTEMPORÁNEO DE CARÁCTER EFIMERO E INTANGIBLE | 300 |
| PALOMA RODERA MARTÍNEZ | |
| CAPÍTULO 17. INCONSISTENCIAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL ANÁLISIS SINTÁCTICO DE EXPRESIONES DE BÚSQUEDA PARA EL MARKETING CULTURAL..... | 316 |
| JORGE SERRANO-COBOS | |
| ÁNGELES CALDUCH LOSA | |
| CRISTINA I. FONT JULIÁN | |
| JOSÉ-ANTONIO ONTALBA-RUIPÉREZ | |
| CAPÍTULO 18. TRANSFORMACIONES EMPRESARIALES EN LAS INDUSTRIAS CULTURALES Y CREATIVAS POR LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL | 334 |
| SILVIA MARIA GONZÁLEZ FERNÁNDEZ | |
| CAPÍTULO 19. LA IA DE RENDIMIENTO ECONÓMICO, ENTRE LA JURIDIFICACIÓN Y LA ETICIDAD | 347 |
| EDUARDO FERNÁNDEZ GARCÍA | |
| | 347 |
| CAPÍTULO 20. RIESGOS PARA LA SEGURIDAD Y PRIVACIDAD EN SOLUCIONES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL..... | 366 |
| ROGER SANZ GONZÁLEZ | |
| CAPÍTULO 21. RIESGOS ÉTICOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR: UNA PERSPECTIVA A TRAVÉS DE LAS REPRESENTACIONES SOCIALES..... | 370 |
| VÍCTOR GUSTAVO GÓMEZ-RODRÍGUEZ | |
| ELIZABETH ESTHER VERGEL PAREJO | |
| ENNIO JESÚS MÉRIDA CÓRDOVA | |
| RAÚL LÓPEZ FERNÁNDEZ | |
| CAPÍTULO 22. TENDENCIAS Y DESAFÍOS DE LA IA EN EL TEJIDO EMPRESARIAL EN ESPAÑA | 388 |
| GREGORIO IZQUIERDO LLANES | |
| ELENA HERRERA GONZÁLEZ DEL PERAL | |
| FERNANDO CASTELLÓ SIRVENT | |

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO 23. EL REGISTRO DE LAS HERRAMIENTAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LOS PROCESOS DE LAS ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE ESTUDIOS DE PERFIL TERRITORIAL ECONÓMICO-SOCIAL..... | 405 |
| MÓNICA LILIANA RIVERA-OBREGÓN | |
| JUAN MIGUEL AHUMADA CERVANTES | |
| CRISTAL FONSECA BOJÓRQUEZ. | |
| DULCE VALERIA DÍAZ HUICHO | |
| CAPÍTULO 24. HOW EFFICIENT STRUCTURE OF 'PROMPTS' IMPACT ON PERCEPTION AND LEARNING OF STUDENTS IN ONLINE EDUCATION | 420 |
| SILVIA RODRIGUEZ-DONAIRE | |
| ANNA ESPASA | |
| ROBERT CLARISÓ | |
| CAPÍTULO 25. CHATGPT COMO HERRAMIENTA ONLINE DE APOYO PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EMPRESARIALES EN EL CONTEXTO DE LA SOSTENIBILIDAD | 444 |
| INMACULADA BEL OMS | |
| ALFREDO JUAN GRAU GRAU | |
| AMALIA RODRIGO GONZÁLEZ | |
| CAPÍTULO 26. TRANSFORMANDO LA EDUCACIÓN SUPERIOR: DISEÑO DE UNA EXPERIENCIA INNOVADORA CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AULA INVERTIDA | 458 |
| ROCÍO DÍAZ-MUÑOZ | |
| MARÍA-PAZ ANDRÉS-REINA | |
| CAPÍTULO 27. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN SUPERIOR: VENTAJAS E INCOVENIENTES | 475 |
| ANA M. MARTÍN-CARABALLO | |
| INMACULADA ROMANO-PAGUILLO | |
| EULALIA ROMERO PALACIOS | |
| CAPÍTULO 28. COMPARACIÓN ENTRE LAS RESPUESTAS A PREGUNTAS DE ENZIMOLOGÍA OBTENIDAS POR CHATGPT Y POR GEMINI | 491 |
| JOSEP JOAN CENTELLES SERRA | |
| ESTEFANIA MORENO GUILLÉN | |
| PEDRO RAMON DE ATAURI CARULLA | |
| SANTIAGO IMPERIAL RÓDENAS | |
| CAPÍTULO 29. LA TRANSFORMACIÓN EDUCATIVA EN LA ERA DE LA IA: EL CASO DE SOFIA | 514 |
| JUAN ANTONIO PERTEGUER MUÑOZ | |
| JOSÉ LUIS MARTÍNEZ BLANCO | |

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO 30. CONTEXTO, REFLEXIONES Y RECOMENDACIONES DE LA PROPIA IA SOBRE SU USO EN ENTORNOS ACADÉMICOS DE EDUCACIÓN SUPERIOR..... | 528 |
| ANTONIO ALONSO-GONZÁLEZ | |
| MARTA PERIS-ORTIZ | |
| CARLOS RUEDA-ARMENGOT | |
| PEDRO NEL VALBUENA-HERNÁNDEZ | |
| CAPÍTULO 31. EXPERIENCIA DEL CLIENTE EN EL SECTOR RETAIL DE PAÍSES LATINOAMERICANOS | 552 |
| GERMAN ZAMBRANO VERDESOTO | |
| TERESA FAYOS GARDÓ | |
| HAYDEÉ CALDERÓN GARCÍA | |
| CAPÍTULO 32. DIGITAL TWIN (DT) TECHNOLOGY FOR ARCHITECTURE, ENGINEERING AND CONSTRUCTION: A CRITICAL LITERATURE REVIEW | 569 |
| JUAN CAMILO LEGA BARCO | |
| FERNANDO CASTELLÓ-SIRVENT | |
| CAPÍTULO 33. EVALUACIÓN DEL PAPEL DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL | 597 |
| JOSÉ ELÍAS VARGAS MORA | |
| CAPÍTULO 34. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO HERRAMIENTA ESTRATÉGICA DE LOS NEGOCIOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS Y SERVICIOS Y SU IMPULSO POSITIVO EN LA GENERACIÓN DE RECURSOS FINANCIEROS | 617 |
| GLEN ROBAYO CABRERA | |
| CAPÍTULO 35. APLICACIONES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA CRIMINOLOGÍA Y CIENCIAS POLICIALES | 627 |
| JOSÉ MARÍA LUQUE JUÁREZ | |
| ROGER SANZ GONZÁLEZ | |
| CLAUDIO PAYÁ SANTOS | |
| VÍCTOR RODRÍGUEZ GONZALEZ | |
| CAPÍTULO 36. AVANCES SOBRE POLÍTICA PÚBLICA EN COLOMBIA ACERCA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL..... | 648 |
| PEDRO NEL VALBUENA HERNÁNDEZ | |
| CAPÍTULO 37. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO HERRAMIENTA IMPULSORA DE LA ECONOMÍA DE LA COMUNIDAD INDÍGENA DE GUASAVE, SINALOA, MÉXICO EL DIAGNÓSTICO..... | 663 |
| DULCE VALERIA DIAZ HUICHO | |
| CRISTAL FONSECA BOJÓRQUEZ | |
| MÓNICA LILIANA RIVERA OBREGÓN | |
| MARIANA RODRÍGUEZ CASTRO | |

CAPÍTULO 38. ANALÍTICA DEL APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE ESTADÍSTICA EN LA CARRERA DE PSICOLOGÍA... 677

RAÚL LÓPEZ FERNÁNDEZ
ENNIO JESÚS MÉRIDA CÓRDOVA
ELIZABETH ESTHER VERGEL PAREJO
ROSANGELA CAICEDO QUIROZ

CAPÍTULO 39. LA TUTORÍA TECNOPEDAGÓGICA: UNA METODOLOGÍA DE FORMACIÓN DOCENTE PARA LA DIDÁCTICA EN LOS ENTORNOS DIGITALES DE APRENDIZAJE 695

ROGER MARTÍNEZ ISAAC
WILBER ORTIZ AGUILAR
ELSY RODRÍGUEZ REVELO
VÍCTOR GUSTAVO GÓMEZ RODRÍGUEZ

CAPÍTULO 40. EL CONTROL DE LAS VARIABLES PSICO-BIOLÓGICAS DE LA ATENCIÓN Y EMOCIÓN EN LOS PROCESOS TESTIFICALES A TRAVÉS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL 713

VÍCTOR RODRÍGUEZ
CLAUDIO PAYA SANTOS
ROGER SANZ
JOSÉ MARÍA LUQUE JUAREZ

CAPÍTULO 41. LOMBROSO Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL..... 737

CLAUDIO PAYÁ SANTOS
VÍCTOR RODRÍGUEZ GONZALEZ
JOSE MARIA LUQUE JUAREZ

CAPÍTULO 42. APROVECHANDO LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA UN CUIDADO MEJORADO DE LA SALUD: PRODUCTIVIDAD, PRECISIÓN Y REPERCUSIONES ÉTICAS EN LA MEDICINA 757

ALAKANANDA GHOSH
PABLO ÁLAMO
LEONARDO MARTIN GAYAN

CAPÍTULO 43. TENDENCIAS DE LOS SESGOS EN LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL 787

SOFIA APARISI-TORRIJO
SOFIA ESTELLÉS-MIGUEL
MARIA ALEJANDRA MILLÁN-FRANCO
CARLOS RUEDA-ARMENGOT

CAPÍTULO 44. INNOVACIÓN ABIERTA EN EL CONTEXTO UNIVERSITARIO: UN ESTUDIO SOBRE LOS FLUJOS DE CONOCIMIENTO 808

DAYANIS GARCÍA-HURTADO
SOFÍA APARISI TORRIJO
CARLOS DEVECE CARAÑANA

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO 45. FORMACIÓN CON CHATGPT EN LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS..... | 832 |
| GREGORIO RIUS-SOROLLA | |
| JOSE-LUIS POZA-LUJAN | |
| GERUSA GIMÉNEZ-LEAL | |
| CAPÍTULO 46. PROCESOS Y ESPACIOS DE INNOVACIÓN: UNA APROXIMACIÓN A LA MIXOLOGÍA Y LOS DISTRITOS CREATIVOS | 848 |
| CRETA COTA-COTA | |
| MAYER CABRERA-FLORES | |
| MARTA PERIS-ORTIZ | |
| CAPÍTULO 47. FACTORES CLAVE PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN MARCO ÉTICO Y TRANSPARENTE EN LOS USOS DE LA IA: UN ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE A NIVEL GLOBAL | 869 |
| MAYER CABRERA-FLORES | |
| ALICIA LEÓN-POZO | |
| EDUARDO DURAZO-WATANABE | |
| ARTURO SERRANO-SANTOYO | |
| CAPÍTULO 48. LA IMPLEMENTACIÓN Y ADAPTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL Y LA IA EN LAS PYMES. FACTORES DETERMINANTES Y BARRERAS EN LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS. | 895 |
| MAITA MORALES-PRIETO | |
| GREGORIO RIUS-SOROLLA | |
| ALICIA LLORCA-PONCE | |
| CAPÍTULO 49. USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA PRÁCTICA CLÍNICA NEUROPSICOLÓGICA..... | 913 |
| UMBERTO LEÓN-DOMÍNGUEZ | |
| CAPÍTULO 50. COMPARACIÓN DEL PROCESAMIENTO COGNITIVO ENTRE HUMANOS Y AI-CHATBOTS BASADOS EN GRANDES MODELOS DE LENGUAJE | 932 |
| UMBERTO LEÓN-DOMÍNGUEZ | |

La inteligencia artificial (IA) se ha convertido en el eje central de una transformación sin precedentes en múltiples ámbitos de la sociedad contemporánea. *Estrategias y transiciones socio-técnicas para la era de la inteligencia artificial* reúne una selección de reflexiones, estudios y análisis que ofrecen un panorama integral de cómo esta tecnología impacta diversos sectores y los desafíos que plantea en términos de sostenibilidad, ética y equidad. Este libro busca trazar rutas para navegar en esta nueva realidad, donde las fronteras entre lo humano y lo tecnológico se difuminan cada vez más.

En el ámbito de la salud, la IA está reconfigurando cómo entendemos el cuidado médico. Desde el análisis de grandes volúmenes de datos para mejorar la precisión diagnóstica hasta la optimización de recursos hospitalarios, esta tecnología promete revolucionar el sistema de salud. Sin embargo, también plantea interrogantes éticos, como se analiza en el capítulo que examina la productividad y las repercusiones morales en el uso de IA en la medicina.

En el entorno empresarial, la IA impulsa innovaciones que reconfiguran las cadenas de valor y los modelos de negocio. Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) son un ejemplo de cómo esta tecnología promueve la transformación digital y la transición hacia estructuras más dinámicas. Al mismo tiempo, en industrias específicas como el comercio minorista, la IA mejora la experiencia del cliente, fomenta la sostenibilidad y optimiza los procesos logísticos. Esta obra colectiva también aborda cómo la inteligencia artificial fomenta la sostenibilidad empresarial y la calidad de productos y servicios, explorando casos específicos en comunidades de Ecuador y México.

La educación es otro ámbito que se ve profundamente impactado por la irrupción de la IA. Herramientas como ChatGPT han transformado el aprendizaje, proporcionando apoyo en el diseño de proyectos y mejorando la comprensión de conceptos complejos. No obstante, este manual también plantea debates críticos, como la comparación de respuestas entre plataformas de IA y su impacto en el aprendizaje de los estudiantes. Además, se analizan metodologías innovadoras, como la integración de aulas invertidas y experiencias personalizadas, que buscan maximizar el potencial de la IA en la enseñanza superior.

En el campo de la sostenibilidad, la IA aparece como una herramienta estratégica para abordar los retos del cambio climático y la gestión de recursos. Se examinan casos como el uso de gemelos digitales (*digital twins*) en arquitectura e ingeniería, que optimizan la planificación y reducen desperdicios, y los avances en economía circular en la industria agroalimentaria. Estas iniciativas reflejan cómo las estrategias basadas en IA pueden ser de gran relevancia en la construcción de un futuro más equilibrado y sostenible.

El impacto de la IA no se limita a sectores técnicos o empresariales; también transforma áreas creativas y culturales. En las industrias culturales y creativas, la inteligencia artificial abre nuevas oportunidades de producción, pero también expone tensiones en torno a la autenticidad y la propiedad intelectual. Por ejemplo, este libro examina el peritaje de obras de arte efímero y contemporáneo a través de algoritmos avanzados, así como los desafíos en el análisis de expresiones artísticas para el marketing cultural.

La ética y la gobernanza de la IA son pilares transversales que atraviesan todos estos campos. La adopción de esta tecnología plantea riesgos para la seguridad y la privacidad, sobre todo en soluciones empresariales y educativas. Además, los capítulos dedicados a las representaciones sociales en instituciones de educación superior y los límites del ecosistema de IA en mercados laborales creativos en México ilustran cómo esta tecnología debe ser regulada y contextualizada culturalmente para garantizar una transición adecuada y justa.

En el ámbito de la política pública, se destacan los avances en Colombia, donde se están diseñando marcos regulatorios para integrar la IA en estrategias de desarrollo nacional. Estas experiencias son un ejemplo de cómo las alianzas público-privadas pueden ser cruciales para facilitar la transición energética y la transferencia de conocimiento, como se ilustra en el caso de Cheste, España.

Por último, la dimensión humana en esta transformación tecnológica es un tema recurrente en este libro. Desde la tutoría tecnopedagógica como herramienta para capacitar docentes en entornos digitales, hasta el control de variables psico-biológicas en contextos judiciales, los autores subrayan la necesidad de equilibrar los avances tecnológicos con un enfoque centrado en las personas. Estos análisis reflejan cómo la IA revoluciona lo técnico al tiempo que redefine cómo interactuamos, aprendemos y vivimos en sociedad.

Estrategias y transiciones socio-técnicas para la era de la inteligencia artificial explora el potencial de esta tecnología y las responsabilidades que conlleva su despliegue. Los capítulos de este volumen invitan a los lectores a reflexionar sobre cómo integrar la IA de manera estratégica, sostenible y ética en nuestras vidas y sistemas socio-económicos. Este libro ofrece una brújula para navegar un futuro incierto en el que las transiciones socio-técnicas moldearán la construcción de nuestras sociedades.

FERNANDO CASTELLÓ-SIRVENT

Universitat Politècnica de València (UPV)

MARTA PERIS-ORTIZ

Universitat Politècnica de València (UPV)

VANESSA ROGER-MONZÓ

Universitat de València (UV)

AI IN EUROPEAN SMES: HOW INNOVATION PROMOTES DIGITAL TRANSFORMATION AND TRANSITION

MARTÍ BOSCH-TOBELLA

Universitat Oberta de Catalunya (UOC)

JOAN TORRENT-SELLENS

Universitat Oberta de Catalunya (UOC)

1. INTRODUCTION

Micro, small, and medium-sized enterprises (SMEs) constitute almost the entirety of the European economy. They are the 98% of enterprises in the EU market. They employ 64% of the EU workforce and generate 52% of the value added in 2021 according to Eurostat (European Commission, 2022). At the same time, because of their size and limited resources SMEs are usually more vulnerable to economic shocks and distortions such as the COVID-19 pandemic and the following economic impact (Juergensen et al., 2020). Similarly, SMEs are usually considered to be more flexible and adaptable to changes as they rely less on a hierarchical structure.

Because of their size, European SMEs usually struggle to reach profitability and may not always take advantage of growth opportunities. They often face financial constraints that negatively affect their potential R&D investments (Mina et al., 2021) compared to their bigger counterparts. European SMEs need to implement digitalization as literature has shown that improves business performance (Kádárová et al., 2023) and builds support for the not-so-far introduction of Industry 4.0 (I4.0) capabilities. Many researchers have argued about the transformative capacity of I4.0 initiatives and technologies (Díaz-Chao et al., 2021; Khanzode et al., 2020; Masood & Sonntag, 2020). Here in this work, we focus on Artificial Intelligence (AI) which is one of the I4.0

technologies with the most promising future. AI/Machine Learning (AI/ML) has the potential to become a new General Purpose Technology (GPT) with a considerable economic impact and ultimately, the capacity to remodel the whole economy (Goldfarb et al., 2022). We still do not know what kind of transformations our economies may undergo as AI is globally implemented.

To our knowledge, there is a literature gap on the critical enablers of this new digital transformation (Gillani et al., 2024) and how the new universe of growth opportunities that I4.0 offers can affect the digitalization process in SMEs. We employ a framework where AI is used as a platform for new AI-related technologies based on AI algorithms. The observed AI-based technological systems exploit complementarities between advanced digital technologies to increase their efficiency. Higher levels of all kinds of innovation are shown to be correlated with these novel technologies. Differentiated families of AI-based technologies are observed with heterogeneous distribution and business features.

This chapter contributes to disentangling how digital transformation works on SMEs and how AI is affecting the economy. Despite some significant advancements in the topic in recent times as scholar interest on the topic rises, AI adoption mechanisms in SMEs remain an important gap in the literature. As a potential GPT, AI may be one of the biggest economic revolutions we have ever experienced. It is vital to understand how this phenomenon develops and how enterprises respond to it. Complementarities between digital technologies have been usually overlooked by literature although its importance in business is unarguable. AI may be able to cooperate with both other technologies but also human labour (Agrawal et al., 2022) so the effects of a global implementation are mostly uncertain.

This chapter is structured as follows: first, the Introduction, followed by the Literature review with the hypotheses of this research. Then the Methodology is presented in the third section as well as the data we have employed. The fourth section, “Results and Discussion” explains the results obtained and their implications and contextualizes our findings. The final section “Conclusion” concludes the study.

2. LITERATURE REVIEW

Business innovation in SMEs features some challenges and its development is always constrained. To understand the implementation process of a new technology we draw on the Technology Organization Environment (TOE) framework proposed by Tornatzky and Fleischer (1990). It offers us an approach to technology innovation and its adoption in enterprises. The authors highlight three influential elements that condition how innovation is implemented. First, the technological context refers to the currently existing technologies (already implemented or not) and innovation possibilities. Then, the organizational context includes all the business's internal structures, communication systems inside the enterprise, employees' relationships (including managers) as well as the size of the firm. Finally, the environmental context depicts the industry structure, technology providers, and business regulations (Baker, 2012). These aspects influence the decision to adopt new technologies and are used to explain why some firms may choose to invest in some technology or not.

Various authors have been using this framework to describe the adoption process in enterprises (Omrani et al., 2024). Nevertheless, this methodology is often combined with other approaches to the business innovation decision process. In our case, the previously presented TOE is combined with the Technology Acceptance Model (TAM) which develops how businesses adopt technologies depending on their perceptions of technology usefulness (Davis, 1989) to create the TOE-TAM model (Chatterjee et al., 2021). The TOE-TAM framework is an integrated technology adoption model that perceives both people's attitudes towards technology and, business and environmental characteristics. This model explains how all these different factors interplay and affect technology adoption in SMEs (Clemente-Almendros et al., 2024).

2.1. LITERATURE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Literature on the topic of AI is still relatively scarce as this is a novel topic and not much has been written yet. Nevertheless, interest in the topic is rising as literature has observed a recent surge in AI-related

activities across different sectors (Acemoglu et al., 2020) and it is expected to accelerate even more in the years to come (Agrawal et al., 2022; Russell, 2019).

Many academics have proposed that the development of AI can trigger an economic revolution with an unprecedented impact on all sectors (Schwab, 2017). I4.0 is a new wave of technology that is based on the digitalization of firms and data collection. It involves promising innovations for all kinds of enterprises regardless of their location or sector and AI is expected to take an important role (Cattani et al., 2023; Masood & Sonntag, 2020). The ICT sector is indeed leading the AI career but nowadays a strong interest in this technology can be found across all fields (Alekseeva et al., 2021; Kabalisa & Altmann, 2021).

Scholars have shown special interest in the consequences of AI adoption in the labour market. It is theorized that AI (and automatization processes in general) can be used to take care of some of the most ordinary tasks while (human) labor resources are more focused on “new tasks in which labor has a comparative advantage, which fosters a countervailing reinstatement effect for labor.” (Acemoglu & Restrepo, 2019: 32). They mention that this automation process might negatively affect the national share of labor as some mismatches are likely to be produced.

However, considerable firm investments in R&D are needed to translate AI technologies into productivity, transform it into implemented innovation, and finally create profit (McKinsey, 2017). As mentioned before, firms may struggle to find the most demanded skills in the labor market to advance in AI implementation. Alekseeva et al. (2021) show that demand for AI-related skills is indeed increasing and larger, more innovative wealthier (high-liquidity, more cash holdings) firms are leading the AI skills demand. Babina et al. (2020) found similar results linking AI adoption with business sales, cash holdings, and R&D investments. Most large technology firms use their AI investments on internal R&D and talent hunting rather than purchasing already existing AI systems (Lee et al., 2022). Complementary digitalization technology is required to process data and support AI systems. Large technological investments (expensive computer systems with high computational power) and access to sufficient amounts of high-quality and relevant

data are vital for a successful AI implementation strategy (Brynjolfsson et al., 2019). This might be more difficult for smaller companies like SMEs that have stricter times and fewer financial resources available and consistently show lower levels of AI adoption compared to larger firms (Bouwman et al., 2019; McElheran et al., 2023; Zolas et al., 2020). Nevertheless, SMEs are necessary for the economy as they are key in innovation, technology implementation, and employment. They take a central role as a leading innovator actor in the economy (Pfister & Lehmann, 2023).

2.2. TECHNOLOGY ADOPTION AND INNOVATION IN SMEs

The innovation process in SMEs has its particular characteristics and challenges. Researchers have found that introducing robotization into the production line in an SME increases the level of education of the employees which is the inverse outcome observed in larger firms (Ballestar et al., 2022). The implementation of new technologies translates into increased wages in both SMEs and large firms and more qualifications for employees in SMEs (Ballestar et al., 2021, 2022; Koch et al., 2021). The potential negative consequences of an unsuccessful robotization of the company are worse in an SME than in a larger firm with more resources.

Company characteristics (size, location, economic sector...) affect the development of the adoption of different technologies related to Industry 4.0 (Aunimo et al., 2023; Calvino & Fontanelli, 2023; Erol et al., 2016; Le et al., 2023). In the case of AI, McElheran et al., (2023) highlight the importance of the company's founders as their vision and ideas affect how likely is AI to be implemented. Younger and more prepared founders are more prone to adopt new technologies such as AI. Other articles highlight the capacity of complementary technologies that can influence the digitalization process in SMEs. According to Arranz et al., (2023), the digitalization process provides an opportunity to upgrade the supply chain into a digitalized smart supply chain. This innovation uses AI and the IoT to collect and analyze all kinds of data and information directly from the production system and, if demanded, it

can make proactive decisions that may affect the ongoing business (Maersk shipments tracking: (Papathanasiou et al., 2020)).

2.3. DIGITAL COMPLEMENTARITIES: TECHNOLOGIES AND AI

AI can complement various digital technologies depending on the business needs. Technology complementarities can connect deep learning from AI and improvements in cloud computing. When it joins big data systems it converges into AI-based algorithms and software (hereinafter AIAS). Another technology link is based on deep learning, robots, and smart equipment and it is connected through a high-speed infrastructure. This second convergence is the AI-based hardware and infrastructures (hereinafter AIHI).

Although the operating costs of such a complex system may be too high for an SME. To solve this problem, Ghobakhloo et al., (2023) propose moving into a more sharing economy where some of the equipment and resources are shared between different organizations and firms. In this scenario, firms network with partners, technology providers, and public institutions to enhance their possibilities to adopt new innovative technologies included in I4.0. Adopting a platform-based business model however may entangle some risks as some enterprises may take an unfair benefit (for instance, abuse of privileged information coming from another firm's employee). To avoid this, the right business behaviors should be motivated while unethical practices should be discouraged (Chatterjee et al., 2023).

2.4. HYPOTHESES

Therefore, the following hypotheses for this study are proposed:

- H1: Technological context: a digitalized enterprise is more likely to implement new technological procedures than one that is not so invested in digitalization.

According to the TOE-TAM model, the adoption of new technologies depends on the perceived benefit of adopting them by the firm (Clemente-Almendros et al., 2024; Omrani et al., 2024). More technology and more technological skills have been shown to have an impact

on the implementation of digital technologies such as big data (Sun et al., 2020). and cloud computing (Oliveira et al., 2014).

Scholars in Fosso Wamba et al. (2024) highlighted the importance of AI infrastructure as well as AI technical and human resources to build up AI capabilities which they found have an impact on firms' performance.

We define AI technical resources as "AI based-algorithms which use different techniques like machine learning, deep learning and bots to support the business operations". AI human resources refers to "the personnel's skills, knowledge, and abilities to design and manage AI tools and applications". On its part, AI infrastructure refers to "the combination of firms' technological resources (eg., hardware, software, data centers, databases), with the resources of their networking (e.g., cloud solutions, data storage) to support AI tools and applications".(Fosso Wamba et al., 2024, p. 4)

Their results show that AI infrastructure (technical resources) is vital to obtain a positive impact on business performance.

- H2: Organizational context: more innovative SMEs are more likely to implement new technological procedures.

Business experts have noted that AI is not just about great investments in technical skills, computers, and software (Fountain et al., 2019). A successful AI strategy should include not just resources and talented employees but also a working culture that promotes innovation. Verhoef et al. (2021) propose that digital transformation usually requires deep organizational changes in enterprises to work and benefit from digitalization. Yu et al. (2021) prove that a data-driven culture in the firm moderates the effect of big data analytics capability on the integration of supply chain finances. Similarly, Cenamor et al. (2019) show that SMEs that have implemented platform technology perform better as they cooperate with other businesses. AI is expected to play an important role by efficiently assigning resources in collaborative networks. Moreover, AI procedures heavily benefit from sharing networks as there is more data available increasing its potential (Agrawal et al., 2022).

- H3: Environmental context: enterprises with more external resources available are more likely to implement new technological procedures.

Collaboration between partners from other businesses is an important feature for many firms to adopt more digital technologies (Muldoon et al., 2023). Rising competition is also a significant motivation to digitalize, according to Verhoef et al. (2021). External support from the business environment is pivotal to introducing new technologies.

Omrani et al. (2024) employ the same database as our research and they report a significant correlation in SMEs between digital adoption and firm answers on the business environment regarding finance availability, partner support, and infrastructure. Business infrastructure leads as the most relevant environmental factor to support digital adoption in SMEs when accounting for the innovation effect and internal issues from the firm. Local regulations do not show to have any significant effect on digital transformation in any scenario.

– H4: Differentiated trends between AIAS and AIHI.

Different businesses require different techniques and we expect that different digital technology complementarities are shown depending on the business features of each enterprise. Different families of AI-based digital technologies may be chosen for firms depending on myriad reasons, just to name a few: their economic sector, their existing technology and proficiencies, their innovation strategy, their financial availability, their needs and priorities, their business model and projected plans for their company and future market situation.

3. METHODOLOGY

The dataset employed in this paper comes from the Flash Eurobarometer 486: “SMEs, start-ups, scale-ups and entrepreneurship” (European Commission, 2020). This telephone survey was conducted between February 19 and May 5, 2020. It collected responses about the barriers that European SMEs meet when growing and digitalizing. It covers more than 16.000 interviews with enterprises from the 27 EU countries plus 12 non-EU countries. The creators of the survey noted that “most of the interviews were conducted before the outbreak of the COVID-19 in the country of these enterprises.” Then we consider that COVID-19 measures had no significant effect on this data.

For this paper responses from some countries were dropped¹. Enterprises that reported more than 249 employees (excluding the owners) or did not report any number of employees were also dropped. This is because firms with more than 249 employees are not considered SMEs. The final number of valid answers is a sample of 13.362 observations across 33 different European countries. Questions that less than 70% of the valid respondents (9.353) did not answer were also discarded.

3.1. DEPENDENT VARIABLES

We employ two different dependent variables depending on the nature and complementarities of the advanced technologies studied. SoftTech refers to advanced technologies that are linked to software and/or data collection. AIAS is a technological system based on the convergence of deep learning algorithms, increased computing capabilities, and big data analytics. HardTech refers to advanced technologies that are more related to hardware, specific equipment, and machinery. The AIHI technological system is described as a joining process of deep learning algorithms, robots, smart devices, and the required high-end infrastructure.

- SoftTech (AIAS): describes if the enterprise has implemented some of the *software* advanced technologies related to digital transformation and AI adoption. The variable equals 1 if the firm answered they use any of the following technologies: AI/ML (Artificial Intelligence, Machine Learning), Cloud computing, Big data.
- HardTech (AIHI): describes if the enterprise has implemented some of the *hardware* advanced technologies related to digital transformation and AI adoption. The variable equals 1 if the firm answered they use any of the following technologies: Robotics, Smart devices, High-speed infrastructure.

There may be differentiated adoption strategies depending on the sort of technology they have decided to implement. These variables capture

¹ We dropped observations from the following countries: Canada, Brazil, United States, Japan, Kosovo, Bosnia and Herzegovina.

the evolution of digital transformation and how AI technologies spread across different businesses and sectors.

3.2. INDEPENDENT VARIABLES

We build a model using different variables that explain the changes in technology. Independent variables employed are categorized based on the TOE-TAM framework.

- Technological background: We employ 6 binary variables extracted from the questionnaire that represent features, technical issues, and difficulties that SMEs found while innovating: *patents, issues with data access, issues with the digital transformation, missing technological infrastructure, issues with market prediction, security issues with technology.*

Another variable *Advanced Tech* was added which captures the digital intensity of the enterprise. It is the summative of the reported digital technologies firms have implemented. It goes from 0 to 6 and it adds 1 for each technology they use from the following list: cloud computing, robotics, smart devices, big data, high-speed infrastructure, blockchain.

- Organizational context: We employ 22 binary variables extracted from the questionnaire that represent firm features (including CEO characteristics and ownership), organization model, issues and innovation technologies: *non-profit enterprise, digitalization plan, unipersonal ownership, more than one owner, public entity co-ownership, business angel, family business, lone entrepreneur, cofounder, lone owner, innovation difficulties, financing difficulties, skill difficulties, product innovation, production method innovation, business model innovation, sells innovation, environmental innovation, social innovation, internal resistance to change, not interested in digitalization.*
- Business environment: We employ 12 binary variables extracted from the questionnaire that represent business conditions, economic environment, administrative and legal: *cluster or regional business association, Global Value Chain, external financing opportunities, collaboration with other entities,*

legal and administrative environment, business conditions, administrative obstacles, missing collaboration with innovation, legal difficulties, intellectual property issues, regulation issues when digitalizing, uncertainty in digitalization.

3.3. CONTROL VARIABLES

We employ control variables to control for countries and firm size. A dummy variable catches the country-fixed effects. To control for the firm's size, the size variable equals 1 for micro-enterprises, 2 for small, and 3 for medium-sized enterprises. It is the same variable design used by Clemente-Almendros et al. (2024). To classify the enterprises, we used the criteria from the SME definition from the European Commission (2003/361)² which states that the main factors that determine the SME category are the number of staff and the turnover (or the balance sheet total, although it is not employed in this research). We also controlled for the fixed effects of the NACE economic sector of the enterprise. All observed SMEs reported one and only one NACE economic sector they belong to.

We employed a logistic regression model with the mentioned controls to analyse the effect of each variable on the adoption of AIAS and AIHI in European SMEs. The results of the regression models are presented in the following section.

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1. NACE SECTORS

Table 1 shows the percentages of the sample that reported they employ any of the technologies included in SoftTech or HardTech depending on their NACE economic sector. As expected, more technology-intensive sectors like J - Information & communications show higher values for both SoftTech and HardTech implementation than less technology-

² Commission Recommendation of 6 May 2003 concerning the definition of micro, small, and medium-sized enterprises (Text with EEA relevance) (notified under document number C(2003) 1422) OJ L 124, 20.5.2003, p. 36–41.

dependent sectors such as F – Construction with the lowest percentage of adoption of both digital technology families.

TABLE 1. Percentages of European SME enterprises that answered they use any of the SoftTech or HardTech technologies for each NACE sector.

| | % SoftTech | % HardTech |
|---|-------------------|-------------------|
| B - Mining and quarrying | 50 | 57,89 |
| C – Manufacturing | 47,91 | 50,96 |
| D - Electricity, gas, steam & air | 51,51 | 65,15 |
| E - Water supply, sewerage | 50 | 42,74 |
| F – Construction | 43,31 | 41,32 |
| G - Wholesale & retail, vehicle repair | 47,67 | 45,03 |
| H - Transportation and storage | 42,32 | 41,67 |
| I - Accommodation & food | 38,98 | 40,63 |
| J - Information & communications | 79,47 | 68,06 |
| K - Finances & insurances | 71,76 | 63,14 |
| L - Real estate activities | 56,13 | 51,53 |
| M - Professional, scientific activities | 64,91 | 50,38 |
| N - Administrative & support activities | 57,29 | 45,66 |
| P – Education | 55,2 | 47,4 |
| Q - Human health & social work | 53,42 | 47,46 |
| R - Arts & entertainment | 53,66 | 46,34 |

Source: Own elaboration. The sample is the same Eurobarometer 486 data excluding non-SMEs and the mentioned countries

There are, however, observable differences between the distribution of SoftTech and HardTech adopters. J – Information & communication is the highest percentage for both families, but the second place is K – Finances & insurances for SoftTech and D – Electricity, gas, steam & air for HardTech. It is worth noting that D – Electricity, gas, steam & air indicator is also rather low for SoftTech. These results seem to hint that there are some economic sectors where SoftTech family technologies are dominant whereas in other sectors HardTech family technologies take the lead. As expected, the economic sector they belong to is a significant variable in deciding which kind of technology (technology family) an SME will choose to adopt.

4.2. LOGIT REGRESSION MODEL

We employed a logit model to assess the effect of the different indicators, grouped according to the TOE-TAM framework, on the adoption of SoftTech and HardTech technologies. We introduced controls for size, country, and economic sector. Depending on the model, controls were not always significant. The results obtained are discussed here.

4.2.1. Technological context regression model

Table 2 shows the estimators for the technological indicators when using SoftTech and HardTech as dependent variables. The use of patents is unexpectedly negative and significant in both cases. According to these results, the data access problems indicator is negative and significant for HardTech but it is not significant for firms that adopt SoftTech family technologies, which tend to need and use more data systems. Similarly, digital transformation issues and market prediction difficulties estimators have a positive and significant effect on HardTech but are not significant for SoftTech. This may support that HardTech business adopters struggle more with digital transformation and uncertainties than SMEs that implement SoftTech technologies.

The digital security concerns indicator is significantly positive for SoftTech but not significant for HardTech. This fits with the idea that more data-intensive firms, who are more concerned for digital security issues are the ones implementing SoftTech technologies. More interesting is the case of Missing ICT equipment, which shows a positive correlation for SoftTech and a negative for HardTech, this means that SoftTech business adopters do not find enough ICT equipment, but HardTech users do. Missing technological infrastructure is not significant in either model so it must be related to some more specific technological system. This may be caused because of the differences in equipment required for each technology.

TABLE 2. This table presents the estimators for the Logit regression model with the technological context indicators. SoftTech and HardTech are the dependent variables for the respective models.

| Indicator | Dependent variable: SoftTech | | | Dependent variable: HardTech | | |
|--------------------------------------|------------------------------|-----------|---------------|------------------------------|-----------|---------------|
| | Estimator | Std error | Signif. level | Estimator | Std error | Signif. level |
| Use of patents | -0,0238 | 0,0136 | * | -0,0312 | 0,0127 | ** |
| Data access problems | 0,0120 | 0,0121 | | -0,0322 | 0,0114 | *** |
| Digital transformation issues | -0,0086 | 0,0101 | | 0,0190 | 0,0094 | ** |
| Missing technological infrastructure | -0,0108 | 0,0096 | | 0,0092 | 0,0090 | |
| Market predictions difficulties | 0,0067 | 0,0068 | | 0,0158 | 0,0063 | ** |
| Missing ICT equipment | 0,0363 | 0,0092 | *** | -0,0316 | 0,0087 | *** |
| Digital security concerns | 0,0165 | 0,0089 | * | 0,0086 | 0,0084 | |
| Advanced technologies | 0,2685 | 0,0026 | *** | 0,2904 | 0,0024 | *** |

Source: Own elaboration. Significance levels: * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$

Advanced technologies is a summative variable from 0 to 6 depending on how many advanced technologies the firm has adopted. It includes all digital technologies mentioned in both SoftTech and HardTech except AI/ML, it is indeed significant and positive for both models. Similar values indicate that adopters of both technology families take advantage of the digital technology complementarities.

4.2.2. Organizational context regression model

Table 3 reports the results for the organizational estimators and adds some measurements to the ownership structure of the enterprise. The dependent variables for the models are SoftTech and HardTech respectively. In this case, the estimators between models are not as similar as with the technological variables in Table 2.

Most variables in the logit models in Table 3 are also significant. A firm being non-profit has a negative effect on both technologies' adoption. Not surprisingly, SMEs with digitalization plans are part of the adopters in both models. The main differences are found in the ownership where SoftTech enterprises report a significant and negative effect for one

person owner and family business, but these indicators seem not to have a significant effect on HardTech adoption.

TABLE 3. This table presents the estimators for the Logit regression model with the organizational context indicators. It also includes variables about the ownership distribution of the SME. SoftTech and HardTech are the dependent variables for the respective models.

| Indicator | Dependent variable: SoftTech | | | Dependent variable: HardTech | | |
|----------------------------------|------------------------------|-----------|---------------|------------------------------|-----------|---------------|
| | Estimator | Std error | Signif. level | Estimator | Std error | Signif. level |
| Non-profit firm | -0,0703 | 0,0196 | *** | -0,0438 | 0,0196 | ** |
| Digitalization action plan | 0,1473 | 0,0108 | *** | 0,1270 | 0,0109 | *** |
| One person owner | -0,0420 | 0,0160 | *** | 0,0000 | 0,0160 | |
| More than one owner | 0,0066 | 0,0131 | | 0,0227 | 0,0132 | * |
| Part of a business group | 0,0655 | 0,0164 | *** | 0,0621 | 0,0164 | *** |
| Public entity coownership | -0,0281 | 0,0269 | | 0,0540 | 0,0269 | ** |
| Business angel participation | 0,1077 | 0,0444 | ** | 0,0206 | 0,0445 | |
| Family business | -0,0244 | 0,0115 | ** | 0,0072 | 0,0116 | |
| Lone entrepreneur | -0,0274 | 0,0112 | ** | -0,0257 | 0,0113 | ** |
| Cofounder | -0,0227 | 0,0109 | ** | -0,0373 | 0,0109 | *** |
| Lone owner | -0,0248 | 0,0123 | ** | -0,0490 | 0,0123 | *** |
| Issues when innovating | -0,0116 | 0,0138 | | 0,0077 | 0,0138 | |
| Financing issues | -0,0099 | 0,0102 | | -0,0084 | 0,0102 | |
| Skill issues | 0,0518 | 0,0100 | *** | 0,0381 | 0,0101 | *** |
| Product innovation | 0,0630 | 0,0098 | *** | 0,0595 | 0,0098 | *** |
| Method innovation | 0,0343 | 0,0110 | *** | 0,0786 | 0,0111 | *** |
| Business model innovation | 0,0786 | 0,0117 | *** | 0,0343 | 0,0117 | *** |
| Selling innovation | 0,0517 | 0,0107 | *** | 0,0383 | 0,0107 | *** |
| Environmental innovation | 0,0594 | 0,0104 | *** | 0,1185 | 0,0104 | *** |
| Social innovation | 0,0512 | 0,0113 | *** | 0,0635 | 0,0114 | *** |
| Internal resistance to change | 0,0348 | 0,0111 | *** | 0,0601 | 0,0111 | *** |
| Not interested in digitalization | -0,1585 | 0,0196 | *** | -0,1499 | 0,0197 | *** |

Source: Own elaboration. Significance levels: * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$

Firms with more than one owner and/or part of a public entity have a significant and positive effect on HardTech implementation but non-significant for SoftTech. Business angel participation is also positive and significant for SoftTech introduction but not significant for

HardTech. Being just an entrepreneur alone has a negative effect on both models, the same for just one owner and co-founder. This seems to support the idea that the number of participants in the business project affects technology opportunities.

We found a strong correlation between all 6 measures of innovation and both SoftTech and HardTech adoption. It should be noted that the highest estimators are found in different kinds of innovation depending on the technology implementation. Different innovation schemes are correlated to different technology families. It is confirmed that more innovative enterprises are the first to adopt any kind of new technology, no matter if it is SoftTech or HardTech.

Finally, both adopters identify some internal resistance to change in their business. Data also has shown a great negative effect on advanced technology adoption for the ones that reported they are not interested in digitalization.

4.2.3. Environmental context regression model

In Table 4 we can find the estimators for the logit models for SoftTech and HardTech as dependent variables. Environmental context indicators show rather similar significant variables in both models studied. Business clusters, global value chain, and external financing variables all show a significant effect on both technologies. The most significant difference is found in the business condition variable which is not found significant for SoftTech but significantly positive for HardTech. Collaboration is found not significant and although the legal and administrative environment is not significant for either dependent variable at first, indicators that measure issues when innovating show legal issues and administrative obstacles. In both cases there are effects on reported missing collaboration and intellectual property issues, uncertainty is also reported to be correlated with both technology adopters.

Environmental context reveals global administrative barriers, legal difficulties, and intellectual property concerns as well as issues with business conditions related to HardTech technologies. Digital technology adopters use clusters and need external financing opportunities to continue investing although they sometimes miss (and need) some more collaboration when it comes to innovation.

TABLE 4. This table presents the estimators for the Logit regression model with the environmental context indicators. SoftTech and HardTech are the dependent variables for the respective models.

| Indicator | Dependent variable: SoftTech | | | Dependent variable: HardTech | | |
|---------------------------------------|------------------------------|-----------|---------------|------------------------------|-----------|---------------|
| | Estimator | Std error | Signif. level | Estimator | Std error | Signif. level |
| Cluster regional business association | 0,0766 | 0,0141 | *** | 0,0788 | 0,0142 | *** |
| Global value chain | 0,1098 | 0,0167 | *** | 0,1207 | 0,0169 | *** |
| External financing opportunities | 0,1063 | 0,0109 | *** | 0,0690 | 0,0110 | *** |
| Collaboration with other entities | 0,0190 | 0,0124 | | 0,0177 | 0,0125 | |
| Legal and administrative environment | 0,0184 | 0,0116 | | 0,0165 | 0,0117 | |
| Business condition | 0,0186 | 0,0148 | | 0,1080 | 0,0150 | *** |
| Administrative obstacles | 0,0640 | 0,0100 | *** | 0,0177 | 0,0101 | * |
| Missing collaboration with innovation | 0,0323 | 0,0133 | ** | 0,0470 | 0,0135 | *** |
| Legal difficulties | 0,0325 | 0,0118 | *** | 0,0415 | 0,0119 | *** |
| Intellectual property issues | 0,0657 | 0,0166 | *** | 0,0493 | 0,0168 | *** |
| Regulation issues when digitalizing | 0,0332 | 0,0134 | ** | 0,0635 | 0,0135 | *** |
| Uncertainty in digitalization | 0,0358 | 0,0123 | *** | 0,0485 | 0,0124 | *** |

Source: Own elaboration. Significance levels: * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$

5. CONCLUSIONS

European SMEs are facing nowadays a great challenge. They need to innovate and invest in digitalization technologies but at the same time, they are constrained by their limited resources and lack of financing opportunities. Digital transformation is key to improving business performance and increasingly advanced technologies, usually linked to AI algorithms, are being introduced in business. Our research studies European SMEs and their characteristics to better understand digital transformation and where digital technologies are being implemented.

Technology is vital for digitalization. Our results support that more technological businesses that employ advanced technologies implement more of these advanced technologies to profit from digital complementarities.

Both technology families, AIAS and AIHI, are shown to be correlated with the use of other complementary advanced technologies.

Not surprisingly, according to our results, more innovative SMEs are usually the first to introduce new and more advanced technologies. We found however some differences in the kind of technology implemented depending on the innovation pattern they follow. AIAS technology adoption is more correlated with business model innovation whereas AIHI adopters favour environmental innovation. There are observed differences between different technology families in SME ownership, AIAS technologies are correlated with business angel participation and AIHI adopters show a correlation with co-ownership with public institutions. More owners seem to be correlated with more technology adoption.

Business environment improvements such as cluster organizations and more external financing opportunities increase digital technologies implementation both for AIAS and AIHI. Environmental indicators show that there are some significant barriers to new technology implementation. Technology barriers are detected in crucial variables for a good innovation environment such as partner collaboration and legal and administrative issues. AIHI technology adoption shows significant connections with great business conditions, but it is non-significant for AIAS.

Overall, the most significant discrepancies between AIAS and AIHI SME adoption are found when comparing different NACE economic sectors' implementation rates. In all studied economic sectors at least around 40% of the sector sample employs some advanced technology of each technology family. However, depending on the economic sector and business characteristics of the SMEs there, one or the other is preferred. This gap between AIAS and AIHI can also be found when studying the ownership and capital participation of SMEs.

Digital complementarities between AI algorithms and other novel technologies are growing fast nowadays. SMEs desperately need to benefit from this, otherwise, they will be devoured by bigger, more technology-intensive, corporations. It is expected that technology complementarities will continue to spread across different economic sectors and an AI

that considers SMEs might be key to developing an innovation ecosystem that respects healthy levels of competition and market control.

6. REFERENCES

- Acemoglu, D., Autor, D., Hazell, J., & Restrepo, P. (2020). *AI and Jobs: Evidence from Online Vacancies*. <https://doi.org/10.3386/w28257>
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Artificial Intelligence, Automation and Work. In A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda* (pp. 197–236). University of Chicago Press.
- Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2022). *Prediction Machines: the simple economics of artificial intelligence* (Updated and expanded). Harvard Business Review Press.
- Alekseeva, L., Azar, J., Giné, M., Samila, S., & Taska, B. (2021). The demand for AI skills in the labor market ☆. *Labour Economics*, 71, 102002. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2021.102002>
- Arranz, C. F. A., Arroyabe, M. F., Arranz, N., & de Arroyabe, J. C. F. (2023). Digitalisation dynamics in SMEs: An approach from systems dynamics and artificial intelligence. *Technological Forecasting and Social Change*, 196. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122880>
- Aunimo, L., Kauttonen, J., Lahtinen, A., Lagstedt, A., & Alamäki, A. (2023). Factors Affecting the Adoption of AI by Organizations - From the Perspective of Knowledge Workers. In L. M. Camarinha-Matos, X. Boucher, & A. Ortiz (Eds.), *Collaborative Networks in Digitalization and Society 5.0* (pp. 467–481). Springer Nature Switzerland.
- Babina, T., Fedyk, A., He, A. X., & Hodson, J. (2020). Artificial Intelligence, Firm Growth, and Industry Concentration. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3651052>
- Baker, J. (2012). *The Technology–Organization–Environment Framework*. 231–245. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6108-2_12
- Ballestar, M. T., Díaz-Chao, Á., Sainz, J., & Torrent-Sellens, J. (2021). Impact of robotics on manufacturing: A longitudinal machine learning perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120348. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120348>
- Ballestar, M. T., García-Lazaro, A., Sainz, J., & Sanz, I. (2022). Why is your company not robotic? The technology and human capital needed by firms to become robotic. *Journal of Business Research*, 142, 328–343. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.12.061>

- Bouwman, H., Nikou, S., & De Reuver, M. (2019). Digitalization, business models, and SMEs: How do business model innovation practices improve performance of digitalizing SMEs? *Telecommunications Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.101828>
- Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2019). Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics. In A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda* (pp. 23–57). University of Chicago Press.
- Calvino, F., & Fontanelli, L. (2023). *A portrait of AI adopters across countries: Firm characteristics, assets' complementarities and productivity*. <https://doi.org/10.1787/0fb79bb9-en>
- Cattani, L., Montresor, S., & Vezzani, A. (2023). Firms' eco-innovation and Industry 4.0 technologies in urban and rural areas. *Regional Studies*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/00343404.2023.2243984>
- Cenamor, J., Parida, V., & Wincent, J. (2019). How entrepreneurial SMEs compete through digital platforms: The roles of digital platform capability, network capability and ambidexterity. *Journal of Business Research*, 100, 196–206. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.03.035>
- Chatterjee, S., Chaudhuri, R., Vrontis, D., & Mahto, R. (2023). Bright and dark sides of adopting a platform-based sharing economy business model. *R&D Management*. <https://doi.org/10.1111/radm.12650>
- Chatterjee, S., Rana, N. P., Dwivedi, Y. K., & Baabdullah, A. M. (2021). Understanding AI adoption in manufacturing and production firms using an integrated TAM-TOE model. *Technological Forecasting & Social Change*, 170, 120880. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120880>
- Clemente-Almendros, J. A., Popescu-Nicoara, D., & Pastor-Sanz, I. (2024). Digital transformation in SMEs: Understanding its determinants and size heterogeneity. *Technology in Society*, 102483. <https://doi.org/10.1016/J.TECHSOC.2024.102483>
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Díaz-Chao, Á., Ficapal-Cusí, P., & Torrent-Sellens, J. (2021). Environmental assets, industry 4.0 technologies and firm performance in Spain: A dynamic capabilities path to reward sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 281(281), 125264. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125264>

- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihm, W. (2016). Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production. *Procedia CIRP*, 54, 13–18.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.162>
- European Commission (2020) Flash Eurobarometer 486: SMEs, start-ups, scale-ups and entrepreneurship (v1.00). [Data set]. European Commission, Directorate-General for Communication.
http://data.europa.eu/88u/dataset/S2244_486_ENG
- European Commission. (2022). Enterprise statistics by size class and NACE Rev.2 activity [sbs_sc_ovw]. In *Eurostat*.
https://doi.org/https://doi.org/10.2908/SBS_SC_OVW
- Fosso Wamba, S., Queiroz, M. M., Pappas, I. O., & Sullivan, Y. (2024). Artificial Intelligence Capability and Firm Performance: A Sustainable Development Perspective by the Mediating Role of Data-Driven Culture. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-023-10460-z>
- Fontaine, T., McCarthy, B., & Saleh, T. (2019, July). Building the AI-Powered Organization. *Harvard Business Review*, 62–73.
<https://hbr.org/2019/07/building-the-ai-powered-organization>
- Ghobakhloo, M., Vilkas, M., Stefanini, A., Grybauskas, A., Marcinkevicius, G., Petraite, M., & Sarvari, P. A. (2023). Developing capabilities underlying to Industry 4.0 design principles within the manufacturing context. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(7), 1183–1207.
<https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2023-0031>
- Gillani, F., Chatha, K. A., Jajja, S. S., Cao, D., & Ma, X. (2024). Unpacking Digital Transformation: Identifying key enablers, transition stages and digital archetypes. *Technological Forecasting and Social Change*, 203, 123335. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123335>
- Goldfarb, A., Taska, B., & Teodoridis, F. (2022). *Could machine learning be a general purpose technology? A comparison of emerging technologies using data from online job postings* ☆.
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104653>
- Juergensen, J., Guimón, J., & Narula, R. (2020). European SMEs amidst the COVID-19 crisis: assessing impact and policy responses. *Journal of Industrial and Business Economics*, 47(3), 499–510.
<https://doi.org/10.1007/s40812-020-00169-4>

- Kabalisa, R., & Altmann, J. (2021). AI Technologies and Motives for AI Adoption by Countries and Firms: A Systematic Literature Review. In K. Tserpes, J. Altmann, J. Á. Bañares, O. Agmon Ben-Yehuda, K. Djemame, V. Stankovski, & B. Tuffin (Eds.), *Economics of Grids, Clouds, Systems, and Services* (pp. 39–51). Springer International Publishing.
- Kádárová, J., Lachvajderová, L., & Sukopová, D. (2023). Impact of Digitalization on SME Performance of the EU27: Panel Data Analysis. *Sustainability*, *15*(13), 9973. <https://doi.org/10.3390/su15139973>
- Khanzode, A. G., Sarma, P. R. S., Kumar Mangla, S., & Yuan, H. (2020). *Modeling the Industry 4.0 adoption for sustainable production in Micro, Small & Medium Enterprises*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123489>
- Koch, M., Manuylov, I., & Smolka, M. (2021). Robots and Firms. *Economic Journal*, *131*(638), 2553–2584. <https://doi.org/10.1093/ej/ueab009>
- Le, V., Nguyen, T., & Pham, K. (2023). What Drives Industry 4.0 Technologies Adoption? Evidence from a SEM-Neural Network Approach in the Context of Vietnamese Firms. *Sustainability*, *15*(7), 5969. <https://doi.org/10.3390/su15075969>
- Lee, Y. S., Kim, T., Choi, S., & Kim, W. (2022). When does AI pay off? AI - adoption intensity, complementary investments, and R&D strategy. *Technovation*, *118*. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102590>
- Masood, T., & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. *Computers in Industry*, *121*, 103261. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103261>
- McElheran, K., Li, J. F., Brynjolfsson, E., Kroff, Z., Dinlersoz, E., Foster, L., & Zolas, N. (2023). *AI Adoption in America: Who, What, and Where*. <https://doi.org/10.3386/w31788>
- McKinsey. (2017). *Artificial intelligence the next digital frontier?* www.mckinsey.com/mgi.
- Mina, A., Minin, A. Di, Martelli, I., Testa, G., & Santoleri, P. (2021). Public funding of innovation: Exploring applications and allocations of the European SME Instrument. *Research Policy*, *50*(1), 104131. <https://doi.org/10.1016/J.RESPOL.2020.104131>
- Muldoon, J., Liguori, E. W., Solomon, S., & Bendickson, J. (2023). Technological Innovation and the expansion of Entrepreneurship Ecosystems. *Review of Managerial Science*, *17*(5), 1789–1808. <https://doi.org/10.1007/s11846-022-00573-1>

- Oliveira, T., Thomas, M., & Espadanal, M. (2014). Assessing the determinants of cloud computing adoption: An analysis of the manufacturing and services sectors. *Information & Management*, 51(5), 497–510. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.im.2014.03.006>
- Omrani, N., Rejeb, N., Maalaoui, A., Dabić, M., & Kraus, S. (2024). Drivers of Digital Transformation in SMEs. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 5030–5043. <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3215727>
- Papathanasiou, A., Cole, R., & Murray, P. (2020). The (non-)application of blockchain technology in the Greek shipping industry. *European Management Journal*, 38(6), 927–938. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2020.04.007>
- Pfister, P., & Lehmann, C. (2023). Returns on digitisation in SMEs—a systematic literature review. *Journal of Small Business and Entrepreneurship*, 35(4), 574–598. <https://doi.org/10.1080/08276331.2021.1980680>
- Russell, S. (2019). *Human compatible: Artificial intelligence and the problem of control*. Penguin.
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Currency.
- Sun, S., Hall, D. J., & Cegielski, C. G. (2020). Organizational intention to adopt big data in the B2B context: An integrated view. *Industrial Marketing Management*, 86, 109–121. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.09.003>
- Tornatzky, L. G., Fleischer, M., & Chakrabarti, A. K. (1990). *The Processes of Technological Innovation*. Lexington Books. <https://books.google.es/books?id=QWiwAAAAIAAJ>
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi Dong, J., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889–901. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Yu, W., Yew Wong, C., Chavez, R., & Jacobs, M. A. (2021). *Integrating big data analytics into supply chain finance: The roles of information processing and data-driven culture*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108135>
- Zolas, N., Kroff, Z., Brynjolfsson, E., McElheran, K., Beede, D., Buffington, C., Goldschlag, N., Foster, L., & Dinlersoz, E. (2020). *Advanced Technologies Adoption and Use by U.S. Firms: Evidence from the Annual Business Survey*. <https://doi.org/10.3386/w28290>

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE BANKING SECTOR: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

SILVIA RODRIGUEZ-DONAIRE

*Universitat Oberta de Catalunya (UOC)
Department of Business and Economics*

ARTUR CALLAU-BERENGUER

EU Business School, Department of Finance

FERNANDO CASTELLÒ-SIRVENT

*Universitat Politècnica de València (UPV)
Department of Business Management*

1. INTRODUCTION

In the past decade, Artificial Intelligence (AI) has made significant advancements, driven by technological progress such as the development of more powerful chips and processors, and the enhancement of AI learning capabilities through more sophisticated algorithms and increased data availability. These advancements have bolstered the processing capacity of Large Language Models (LLMs) and the efficiency of machine learning, enabling the automation and optimization of processes and the introduction of new business models based on the data economy and large-scale personalization.

In the banking sector, AI is being utilized to enhance the customer experience through chatbots, offer personalized services, and improved risk management. It is also employed in fraud detection and the automation of internal processes. The widespread adoption of AI by banks is improving operational efficiency, decision-making, and customer experience, but it also presents ethical and privacy challenges.

AI is expected to evolve towards more autonomous and adaptive systems, which could further transform banking operations and customer interaction. This study aims to analyze the evolution of AI's application

in the banking sector through a bibliometric analysis. The analysis allows for exploring and understanding how AI impacts the sector's transformation, identifying trends, key research areas, and influential scholars in this field.

The chapter is structured as follows: First, a literature review is carried out on the most relevant articles related to AI and banking. Next, the methodology used to conduct the bibliometric study is explained. Finally, the main results found in the bibliometric study are discussed, concluding with the identification of limitations and future research.

2. LITERATURE REVIEW

As the literature review indicates, AI plays a significant role in transforming the banking sector. It is used in various development stages to enhance decision-making, operational efficiency, and customer experience. These advancements are facilitating more accurate risk assessment, fraud detection, investment management, and customer service (Dhashanamoorthi, 2023; Manjaly et al., 2021; Mehndiratta et al., 2023; Mithra et al., 2023; Tayal et al., 2022; Tzouvara & Manouvelos, 2019). Surveys of banks using AI suggest a positive outlook for continued growth in the market, with expectations of greater adoption leading to cost reduction, improved profitability, and the creation of new value and opportunities (Kumar et al., 2023; Yadav, 2021). AI applications in banking focus on optimizing existing operations and introducing novel applications that enhance the productivity of the banking sector (Jain, 2023) and improve competitive advantage (RAN & Semeko, 2021; Parchure & Bagade, 2020). According to research by Tad et al. (2023), the implementation of AI in banking has shown a significant correlation with improved banking performance, indicating a promising future for its deployment, with opportunities to contribute to more informed and personalized decision-making, cost reduction, improved customer experience, and the creation of more accessible and reliable services to promote greater financial inclusion.

The adoption of AI technology in banking comes with its own set of challenges. Some key concerns include data privacy, security, ethical

considerations, and the need for effective regulation (Maple et al., 2023; Wittmann & Lutfiju, 2021). These challenges are further complicated by the need for transparency, systemic risk management, and justification of decisions made by automated systems (Han et al., 2023). It is crucial to address these issues through proper regulations and rigorous ethical discussions to ensure AI's sustainable and equitable development in banking (Maple et al., 2023; Pandey & Sergeeva, 2022). Furthermore, the implementation of AI raises questions about job displacement as manual tasks become increasingly automated (Han et al., 2023; Iakovleva, 2021; Tad et al., 2023; Wittmann & Lutfiju, 2021).

Research has identified the growth of machine learning algorithms and the expansion of banking ecosystems driven by Application Programming Interfaces (APIs) to enable the creation of more personalized banking products and customer experiences (Saroj Mithra et al., 2023). This allows AI to facilitate the delivery of faster and more efficient banking services, such as instant money transfers, improvements in regulatory compliance, and cost savings.

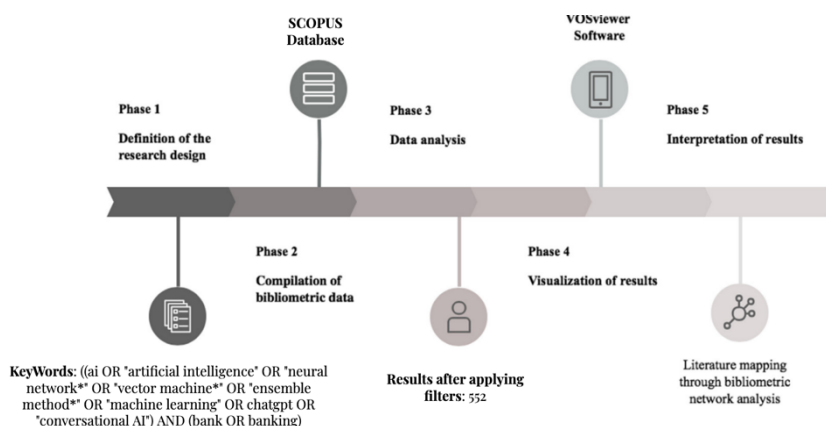
3. METHODOLOGY

The present study utilizes bibliometric analysis, a discipline that employs statistical techniques to evaluate academic production, which has gained significant traction in a specific area of literature (Ellegaard & Wallin, 2015). VOS Viewer software was used to analyse and explore the relationships between the articles in the study sample (Van Eck & Waltman, 2010). This software application enables the identification of the most influential articles, authors, institutions, and keywords, as well as the trend of these factors on a specific topic (Lazarides et al., 2023). Additionally, following the approach of Castelló-Sirvent & Meneses-Eraso (2022), the analysis of the articles' Normalized Impact by Year (NIY) has been performed. An article's NIY provides valuable information about its standardized impact, calculated as the total citation count of a document divided by the number of years elapsed between the year of publication and the time of analysis. A high NIY of articles that were not published recently (e.g., more than 10 years ago) suggests

that they are seminal articles with a high level of citations per annual average, justifying their continued relevance in the research agenda of the knowledge area. The NIY can also be used for other analysis contexts suitable for scientometric disciplines. Among others, NIY evaluation can offer relevant information to understand the relevance of an author in a specific field, the impact of articles published by a journal within a specific thematic cluster, or the efficiency of articles funded by an organization or public agency (Castelló-Sirvent & Roger-Monzó, 2023; Roger-Monzó et al., 2023).

The literature has been organized using the phases shown in Figure 1 (adapted from Fagundes et al., (2020)) to systematize the studied samples.

FIGURE 1. *Systematization of literature mapping*



Source: Adapted from Fagundes et al. (2020)

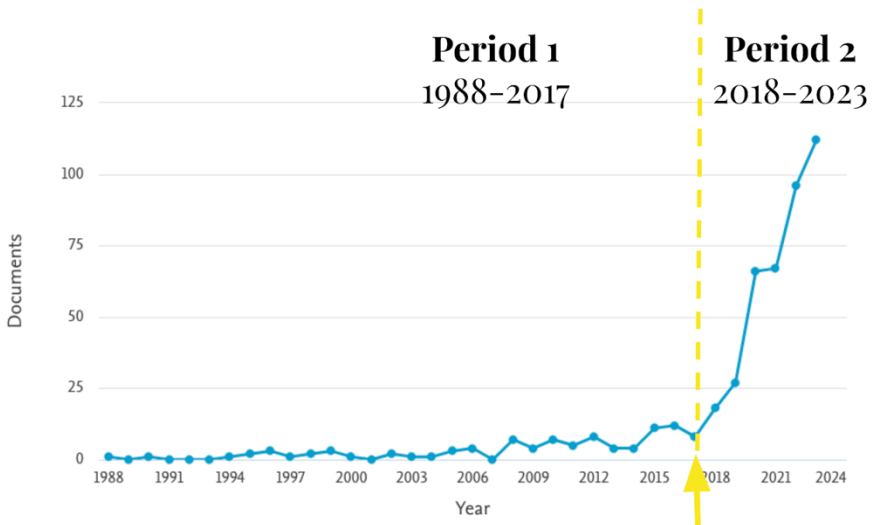
These steps are intended to ensure transparency and reproducibility of the study by other authors, following the principles of open science. The open database repository of articles used is available to the scientific community (Rodriguez-Donaire, Castellò & Callau-Berenguer, 2024). The compilation of scientific articles was carried out using the SCOPUS database. The keywords used to conduct the search were (AI, "artificial intelligence," "neural network," "vector machine," "ensemble method," "machine learning," chatgpt, "conversational AI") AND (bank, banking). The final sample (n=552) was obtained on August

30th, 2023, after applying the filters in the SCOPUS search engine, according to the following criteria: only articles in English from the knowledge area of "Business, Management and Accounting."

4. RESULTS AND DISCUSSION

The bibliometric analysis of this study reveals changes in the volume and focus of scientific production, which indicate two distinct periods (see Figure 2).

FIGURE 2. *Periods of the evolution of scientific production of bibliometric analysis*



Source: Adapted by the authors and extracted from SCOPUS

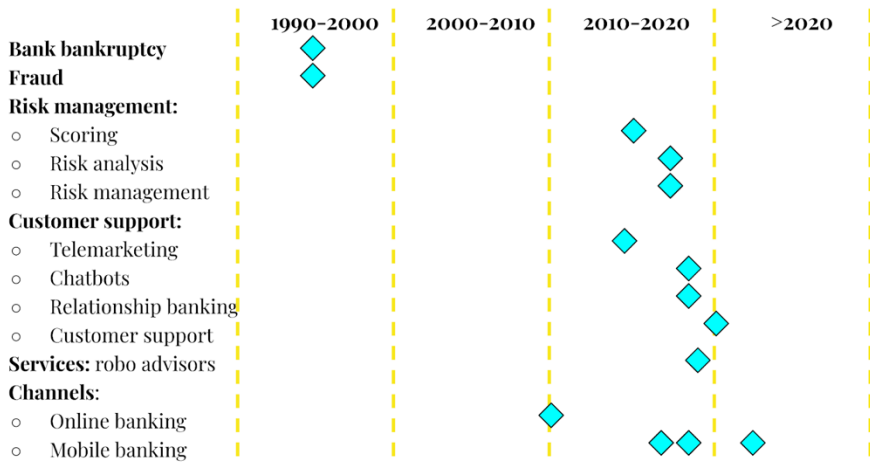
Between 1988 and 2017, a total of 148 relevant articles were published, averaging 4 articles per year. During this time, the focus was on the application of AI in bank failure prediction and fraud detection. A sub-period from 1993 to 2010 had no relevant articles due to low citations.

Starting in 2017, there was a significant increase in published articles, with a total of 404 (an average of 67 articles per year). This coincided with the exponential growth of data (Big Data) and improved processing capabilities (Data Mining) in financial institutions, leading to increased practical application of AI. During this period, the focus

shifted to AI's application in banking risk management, customer support (chatbots and relationship banking), services for clients (robo advisors), and distribution channels of banking products and services (evolving from online banking to mobile banking).

Figure 3 shows the thematic areas investigated throughout the periods identified in the bibliometric analysis. This clearly identifies the trend of the application of AI within the banking sector within the two periods identified in the study.

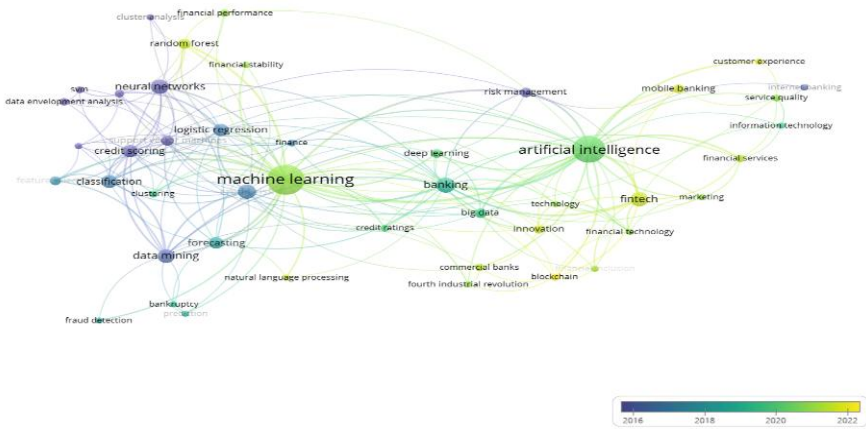
FIGURE 3. *Main areas of bibliometric analysis*



Source: created by the authors

Figure 3 is supported by Figure 4, which is extracted from VOSViewer. Figure 4 shows the evolution of thematic areas in the bibliometric study. It is observed how scientific production is directed towards areas focused on bank failure and fraud identification with neural network algorithms and "credit scoring." There is a shift towards themes more oriented towards the operational management of banking entities, such as fintech, mobile banking, financial services, blockchain, and customer service. These latter areas coincide with the scientific production of the last years of the period published according to the bibliometric analysis sample.

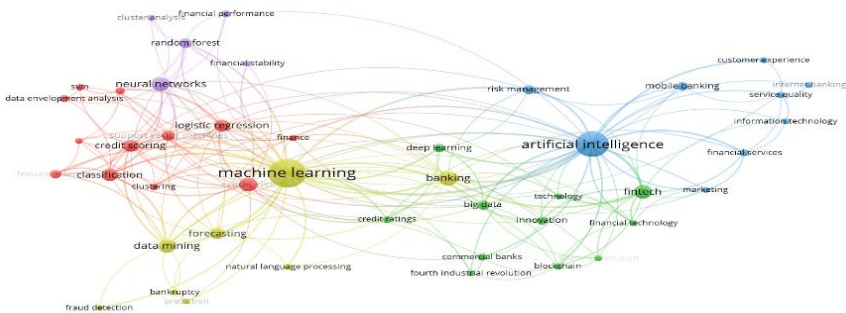
FIGURE 4. *Evolution of the thematic areas of bibliometric study*



Source: VOSViewer

The bibliometric study enabled us to analyze the co-occurrence of key-words from the bibliometric sample. This helped us identify common themes within this research area and emerging trends based on density and centrality. Figure 5 shows seven major thematic clusters in the bibliometric sample: artificial intelligence, machine learning, neural networks, finance, decision support systems, learning algorithms, and decision trees. These clusters provide a better understanding of the internal structure of the research field, ranging from machine learning methods to specific applications in risk management, customer service, and fraud detection.

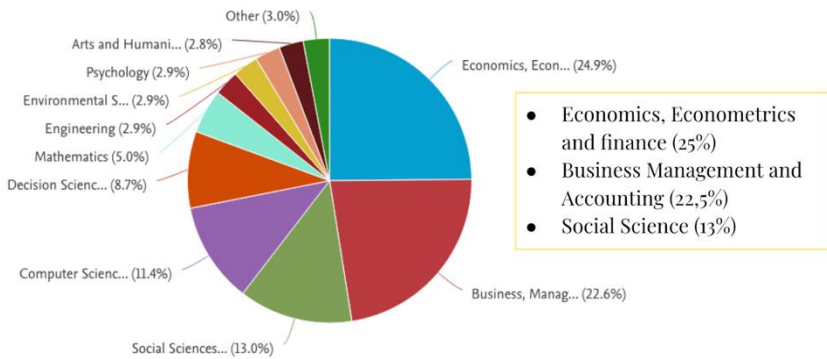
FIGURE 5. *Thematic clusters of bibliometric analysis*



Source: VOSViewer

The subject areas of the journals where the most relevant articles were published between 1988 and 2023 are concentrated in three areas that comprise 60% of the published articles (Figure 6). These areas are economics, econometrics, and finance (25% of the most relevant articles), business management and accounting (22.5%), and social sciences (12%).

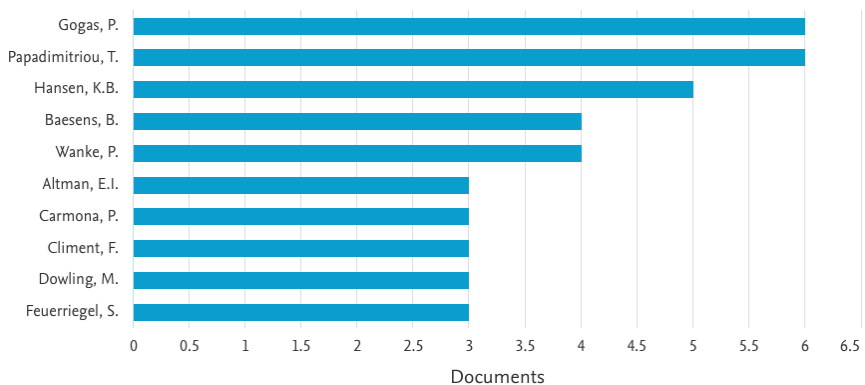
FIGURE 6. *Thematic areas of bibliometric analysis*



Source: SCOPUS

Lastly, the main authors with the highest production between 1988 and 2023 are shown in Figure 7.

FIGURE 7. *Main Authors identified in the bibliometric analysis*



Source: SCOPUS

In the last period of the bibliometric analysis sample (2018-2023), the articles published in 1st decile journals (see Table 1) highlight the following areas of research concerning the impact of AI in the banking sector: (1) **Improvement and process automation**: This includes customer identification through biometrics, document processing with Machine Learning (ML), and customer service by chatbots (Fernandes & Oliveira, 2021; Manser Payne, Dahl, et al., 2021; Trivedi, 2019); (2) **Efficiency improvement**: This involves savings in personnel costs by reducing the number of employees necessary to serve customers through electronic channels (e.g. mobile banking) (Belanche et al., 2019; Manser Payne, Peltier, et al., 2021; Sharma & Sharma, 2019); (3) **Fraud detection, prevention, and reduction**: This is achieved by identifying anomalous patterns in customers' financial transactions through autonomous learning algorithms (Addo et al., 2018; Bogojevic Arsic, 2021; Jabeur et al., 2021; Leo et al., 2019); (4) **Service customization**: Data analysis helps deliver personalized recommendations to clients (e.g. robo advisors for investment services) to improve user experience (Belanche et al., 2019; Jakšič & Marinč, 2019); (5) **Decision-making support for granting loans**: AI contributes to evaluating client risk (scoring), predicting defaults, and making more informed business decisions based on data analysis (Addo et al., 2018; Xu et al., 2020); (6) **Improvement in Customer Support**: This involves personalization of responses and extended service (24 hours / 7 days) thanks to the use of chatbots (Jagtiani & Lemieux, 2019; Manser Payne, Peltier, et al., 2021).

Based on the high concentration of citations from 2019 to 2021, the NIY analysis identifies two standout articles (NIY>40). The articles listed in Table 1 vary in their impact on the academic discourse within the field of knowledge. Notably, the studies by Sharma & Sharma (2019) (NIY=59.6) and Belanche et al. (2019) (NIY=41.4) delve into significant research on mobile banking services and the adoption of robo-advisors. These articles are driving the current academic discussion on AI and banking, contributing to the development and direction of this emerging field of study.

TABLE 1. *Most cited articles (2018-2023) in the 1st decile*

| Title | Authors | Year | Source Title | Cited by | NIY |
|---|---|------|---|----------|------|
| Examining the role of trust and quality dimensions in the actual usage of mobile banking services: An empirical investigation | Sharma S.K.; Sharma M. | 2019 | International Journal of Information Management | 298 | 59.6 |
| Artificial Intelligence in FinTech: understanding robo-advisors adoption among customers | Belanche D.; Casaló L.V.; Flavian C. | 2019 | Industrial Management and Data Systems | 207 | 41.4 |
| Machine learning in banking risk management: A literature review | Leo M.; Sharma S.; Maddulety K. | 2019 | Risks | 127 | 25.4 |
| Credit risk analysis using machine and deep learning models | Addo P.M.; Guegan D.; Hassani B. | 2018 | Risks | 116 | 19.3 |
| Examining the Customer Experience of Using Banking Chatbots and Its Impact on Brand Love: The Moderating Role of Perceived Risk | Trivedi J. | 2019 | Journal of Internet Commerce | 113 | 22.6 |
| Relationship banking and information technology: the role of artificial intelligence and FinTech | Jakšič M.; Marinč M. | 2019 | Risk Management | 98 | 19.6 |
| AI customer service: Task complexity, problem-solving ability, and usage intention | Xu Y.; Shieh C.-H.; van Esch P.; Ling I.-L. | 2020 | Australasian Marketing Journal | 90 | 22.5 |
| The roles of alternative data and machine learning in fintech lending: Evidence from the Lending Club consumer platform | Jagtiani J.; Lemieux C. | 2019 | Financial Management | 90 | 18.0 |
| Enhancing the value co-creation process: artificial intelligence and mobile banking service platforms | Manser Payne E.H.; Peltier J.; Barger V.A. | 2021 | Journal of Research in Interactive Marketing | 81 | 27.0 |
| Title | Authors | Year | Source Title | Cited by | NIY |
| CatBoost model and artificial intelligence techniques for corporate failure prediction | Jabeur S.B.; Gharib C.; Mefteh-Wali S.; Arfi W.B. | 2021 | Technological Forecasting and Social Change | 78 | 26.0 |

Source: Created by authors (extracted from VOSViewer)

6. CONCLUSIONS

The use of AI in banking has significantly changed how market and credit risks are managed. AI has enabled more effective and sophisticated risk management through data preparation, modelling, stress testing, and model validation. Advanced AI techniques like data quality

assurance, text mining, and fraud detection are increasingly crucial in financial risk management.

A bibliometric analysis shows this evolution through seven main thematic clusters: Artificial Intelligence, Machine Learning, Neural Networks, Finance, Decision Support Systems, Learning Algorithms, and Decision Trees. These themes emphasize the depth and diversity of AI's impact on the financial sector.

Bibliometric analysis also indicates a strong focus on topics such as Fintech, mobile banking, financial services, blockchain, and customer experience, reflecting a shift towards technologies that directly impact consumer interaction and operational efficiency.

Furthermore, the results of bibliometric analysis indicate a significant shift in research focus within the banking sector. Between 1988 and 2017, there was considerable interest in topics such as bank failure and fraud detection. However, from 2018 to 2023, there has been a noticeable move towards research on risk management, customer service, advisory services, and distribution channels. This shift reflects an adaptation to changing market demands and technological challenges.

Looking ahead, we expect to see increased research on how social and market changes can impact banking business strategy. This proactive approach will help banks anticipate and respond to changing conditions, ensuring their relevance and competitiveness in the financial environment by offering more personalized and accessible services. However, the banking sector will also need to address challenges related to cybersecurity risks, which will require stronger data protection measures and compliance with stricter regulations.

This study has some limitations. Like all bibliometric analyses, the selection of academic databases and search criteria restricts access to knowledge published in scientific journals. Future articles should expand this study by including databases indexed in Web of Science, proceedings, or books. They could also overcome the implicit bias of peer-reviewed databases, for example, according to mainstream trends preferred by journal editors. Future studies will be able to achieve a more agile connection with the cutting edge of research by assuming the

underlying risks of databases not subject to peer review, such as Arxiv and other institutional repositories based on the principles of open science. This article has focused on the core analysis that emerged from the essence of the technologies and their applications. Future research should open the scope to accommodate other areas of knowledge not specifically focused on the area of business and management, and also to amplify the possibilities of analyzing topics linked to the negative externalities that these new technologies can have on economic equity and social, as well as their important environmental challenges in terms of consumption of energy and water resources. This article offers researchers a promising avenue of development for studies that extend and promote the analysis of ESG (Environmental, Social and Governance) criteria and their implications on the CSR (Corporate Social Responsibility) strategies of the different players in the financial industry.

7. REFERENCES

- Addo, P., Guegan, D., & Hassani, B. (2018). Credit Risk Analysis Using Machine and Deep Learning Models. *Risks*, 6(2), 38.
<https://doi.org/10.3390/risks6020038>
- Balaji Dhashanamoorthi. (2023). Opportunities and challenges of artificial intelligence in banking and financial services. *International Journal of Science and Research Archive*, 10(2), 272–279.
<https://doi.org/10.30574/ijrsra.2023.10.2.0947>
- Belanche, D., Casalo, L. V., & Flavián, C. (2019). Artificial Intelligence in FinTech: Understanding robo-advisors adoption among customers. *Industrial Management & Data Systems*, 119(7), 1411–1430.
<https://doi.org/10.1108/IMDS-08-2018-0368>
- Bogojevic Arsic, V. (2021). Challenges of Financial Risk Management: AI Applications. *Management: Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies*.
<https://doi.org/10.7595/management.fon.2021.0015>
- Castelló-Sirvent, F., & Meneses-Eraso, C. (2022). Research Agenda on Multiple-Criteria Decision-Making: New Academic Debates in Business and Management. *Axioms*, 11(10), 515.
<https://doi.org/10.3390/axioms11100515>

- Castelló-Sirvent, F., & Roger-Monzó, V. (2023). Research agenda on turnaround strategies beyond systemic disruptions. *Journal of Organizational Change Management*, 36(1), 86–105. <https://doi.org/10.1108/JOCM-05-2022-0160>
- Ellegaard, O., & Wallin, J. A. (2015). The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact? *Scientometrics*, 105(3), 1809–1831. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1645-z>
- Fagundes, M. V. C., Teles, E. O., Vieira De Melo, S. A. B., & Freires, F. G. M. (2020). Decision-making models and support systems for supply chain risk: Literature mapping and future research agenda. *European Research on Management and Business Economics*, 26(2), 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.iedeen.2020.02.001>
- Fernandes, T., & Oliveira, E. (2021). Understanding consumers' acceptance of automated technologies in service encounters: Drivers of digital voice assistants adoption. *Journal of Business Research*, 122, 180–191. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.08.058>
- Han, Y., Chen, J., Dou, M., Wang, J., & Feng, K. (2023). The Impact of Artificial Intelligence on the Financial Services Industry. *Academic Journal of Management and Social Sciences*, 2(3), 83–85. <https://doi.org/10.54097/ajmss.v2i3.8741>
- Iakovleva, M. N. (2021). Application of Artificial Intelligence in the Banking Sector. *Law, Economics and Management*, 113–115. <https://doi.org/10.31483/r-97317>
- Inion Ran, & Semeko, G. (2021). Artificial Intelligence in the Banking Sector: Opportunities and Challenges. *Social Novelties and Social Sciences*, 2, 81–97. <https://doi.org/10.31249/snsn/2021.02.06>
- Jabeur, S. B., Gharib, C., Mefteh-Wali, S., & Arfi, W. B. (2021). CatBoost model and artificial intelligence techniques for corporate failure prediction. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120658. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120658>
- Jagtiani, J., & Lemieux, C. (2019). The roles of alternative data and machine learning in fintech lending: Evidence from the LendingClub consumer platform. *Financial Management*, 48(4), 1009–1029. <https://doi.org/10.1111/fima.12295>
- Jakšič, M., & Marinč, M. (2019). Relationship banking and information technology: The role of artificial intelligence and FinTech. *Risk Management*, 21(1), 1–18. <https://doi.org/10.1057/s41283-018-0039-y>
- Kumar, A., Sharma, M., Kathuria, S., Yamsani, N., Gehlot, A., & Kathuria, A. (2023). Banking Industry's Transformation with Aid of AI Technology. 2023 IEEE World Conference on Applied Intelligence and Computing (AIC), 441–445. <https://doi.org/10.1109/AIC57670.2023.10263958>

- Lazarides, M. K., Lazaridou, I.-Z., & Papanas, N. (2023). Bibliometric Analysis: Bridging Informatics With Science. *The International Journal of Lower Extremity Wounds*, 153473462311535. <https://doi.org/10.1177/15347346231153538>
- Leo, M., Sharma, S., & Maddulety, K. (2019). Machine Learning in Banking Risk Management: A Literature Review. *Risks*, 7(1), 29. <https://doi.org/10.3390/risks7010029>
- Manjaly, J., Varghese, R. M., & Varughese, P. (2021). Artificial Intelligence in the Banking Sector – A Critical Analysis. *Shanlax International Journal of Management*, 8(S1-Feb), 210–216. <https://doi.org/10.34293/management.v8iS1-Feb.3778>
- Manser Payne, E. H., Dahl, A. J., & Peltier, J. (2021). Digital servitization value co-creation framework for AI services: A research agenda for digital transformation in financial service ecosystems. *Journal of Research in Interactive Marketing*, 15(2), 200–222. <https://doi.org/10.1108/JRIM-12-2020-0252>
- Manser Payne, E. H., Peltier, J., & Barger, V. A. (2021). Enhancing the value co-creation process: Artificial intelligence and mobile banking service platforms. *Journal of Research in Interactive Marketing*, 15(1), 68–85. <https://doi.org/10.1108/JRIM-10-2020-0214>
- Maple, C., Szpruch, L., Epiphaniou, G., Staykova, K., Singh, S., Penwarden, W., Wen, Y., Wang, Z., Hariharan, J., & Avramovic, P. (2023). The AI Revolution: Opportunities and Challenges for the Finance Sector. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2308.16538>
- Mehndiratta, N., Arora, G., & Bathla, R. (2023). The use of Artificial Intelligence in the Banking Industry. 2023 International Conference on Recent Advances in Electrical, Electronics & Digital Healthcare Technologies (REEDCON), 588–591. <https://doi.org/10.1109/REEDCON57544.2023.10150681>
- Pandey, M. K., & Sergeeva, I. (2022). Artificial Intelligence Impact Evaluation: Transforming Paradigms in Financial Institutions. *World of Economics and Management*, 22(1), 147–164. <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2022-22-1-147-164>
- Parchure, S., & Bagade, N. (2020). Role of Artificial Intelligence in the Banking Sector. *Computer Science, Business*.
- Rita Jain. (2023). Role of artificial intelligence in banking and finance. *Journal of Management and Science*, 13(3), 1–4. <https://doi.org/10.26524/jms.13.27>
- Rodriguez-Donaire, Silvia; Castellò, Fernando; Callau-Berenguer, Artur, 2024, "Bibliometric Analysis Dataset - Impact of AI in the banking industry", <https://doi.org/10.34810/data1345>, CORA.Repositori de Dades de Recerca, DRAFT VERSION

- Roger-Monzó, V., Castelló-Sirvent, F., & Teixidó, E. F. (2023). Sustainability, fuzzy-set and the hall of fame: Evolving research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 188, 122286.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122286>
- Saroj Mithra, A., Charan Duddukuru, V., & K S, M. (2023). How Artificial Intelligence is Revolutionizing the Banking Sector: The Applications and Challenges. *Asian Journal of Management*, 166–170.
<https://doi.org/10.52711/2321-5763.2023.00028>
- Sharma, S. K., & Sharma, M. (2019). Examining the role of trust and quality dimensions in the actual usage of mobile banking services: An empirical investigation. *International Journal of Information Management*, 44, 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.09.013>
- Tad, M. C. S., Mohamed, M. S., Samuel, S. F., & J, D. M. (2023). Artificial Intelligence and Robotics and their Impact on the Performance of the Workforce in the Banking Sector. *Social and Environmental Management Magazine*, 17(6), e03410.
<https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n6-012>
- Tayal, P., Rastogi, N., Ahuja, T. K., Tyagi, S., Joshi, K., & Mohialden, Y. M. (2022). Impact Of Ai On The Banking Industry 4.0. 2022 7th International Conference on Computing, Communication and Security (ICCCS), 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICCCS55188.2022.10079399>
- Trivedi, J. (2019). Examining the Customer Experience of Using Banking Chatbots and Its Impact on Brand Love: The Moderating Role of Perceived Risk. *Journal of Internet Commerce*, 18(1), 91–111.
<https://doi.org/10.1080/15332861.2019.1567188>
- Tzouvara, V., & Manouvelos, E. G. (2019). From Automation to Personalization: How Artificial Intelligence is transforming the Banking Industry.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538.
<https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Wittmann, X., & Lutfiju, F. (2021). Adopting AI in the Banking Sector – The Wealth Management Perspective. In A. Gerber & K. Hinkelmann (Eds.), *Society 5.0* (Vol. 1477, pp. 151–162). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-86761-4_13
- Xu, Y., Shieh, C.-H., Van Esch, P., & Ling, I.-L. (2020). AI Customer Service: Task Complexity, Problem-Solving Ability, and Usage Intention. *Australasian Marketing Journal*, 28(4), 189–199.
<https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2020.03.005>
- Yadav, A. (2021). How Artificial Intelligence is Transforming the Banking Industry: Data Analysis Review. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 76–81.
<https://doi.org/10.48175/IJARSCT-1707>

ENHANCING LAST-MILE DELIVERY THROUGH ARTIFICIAL INTELLIGENCE: INNOVATIONS IN SUSTAINABILITY, EFFICIENCY, AND CUSTOMER SATISFACTION

PASCUAL CORTÉS-PELLICER
Universitat Politècnica de València

FERNANDO CASTELLÓ-SIRVENT
Universitat Politècnica de València

1. INTRODUCTION

Artificial Intelligence (AI) has become a driving force in numerous sectors, emerging as one of the most significant innovations in recent years. Its ability to learn, adapt, and make decisions has transformed entire industries, simplifying complex activities (Modgil et al., 2022) and performing tasks automatically without human interference (Naz et al., 2022). AI has demonstrated a remarkable capacity to manage and process large amounts of data, considerably reducing time and costs for companies (Singh et al., 2024).

This phenomenon is not unfamiliar to the field of logistics and supply chain management (SCM), where AI promises to revolutionize process and resource management (Sharma et al., 2022). Within the supply chain (SC) field, AI can enhance management through big data analysis, the creation of decision support systems, and the optimization of network configuration (Olan et al., 2022). SCM is recognized as one of the areas most likely to benefit from AI applications (Toorajipour et al., 2021).

Last-Mile Delivery (LMD) refers to the final stage in delivering products to the end consumer, identified as one of the most challenging and costly aspects of SCM. It represents a part of logistics that plays a crucial role in ensuring the delivery of goods to customers in the right

quantity and within predetermined timeframes (Aljohani et al., 2020). This final stage of SCM significantly impacts both efficiencies, due to its high cost, and effectiveness, as consumers evaluate service quality based on the timeliness and reliability of deliveries (Mangiaracina et al., 2019).

Additionally, the COVID-19 pandemic has caused a shift in customer behavior (Ma et al., 2022), driving increased demand for online shopping (Kandula et al., 2021) and forcing companies to quickly adapt their LMD operations, thereby accelerating the shift towards a more digital world (Modgil et al., 2022).

The rise of e-commerce, coupled with the increasing population in urban centers, has intensified the demand for the transportation of goods and people in metropolitan areas. This growth brings significant challenges, such as increased traffic congestion, higher pollution levels, and a decrease in the quality of life for citizens.

In response to these issues, many cities have implemented new environmental regulations that limit traffic in certain areas and times, directly affecting last-mile logistics companies and impacting SCM (Singh et al., 2024). This demands a transformation towards more sustainable business models (Kadłubek et al., 2022). These regulations not only represent an operational challenge for LMD companies but also increase their operating costs while maintaining high standards of customer service (Do et al., 2023).

In addition to these movement restrictions for deliveries, LMD companies face daily challenges such as failed deliveries, which occur due to the absence of customers (Seghezzi & Mangiaracina, 2023), poorly structured or planned delivery routes (Bányai, 2018), high customer demands for flexibility and transparency (Seghezzi & Mangiaracina, 2023), and a lack of precision in inventory management (Dubey et al., 2019). These issues entail high costs for e-commerce players, especially in the LMD stage, negatively impacting customer satisfaction.

In this context, AI emerges as a promising solution to address many of the challenges faced by LMD. AI applications in logistics and SCM have proven effective in optimizing routes, managing inventories,

predicting demand, and improving operational efficiency (Chien et al., 2020; Modgil et al., 2022). These technological advancements not only help reduce costs but also enhance sustainability and customer satisfaction by providing faster and more reliable deliveries (Jucha, 2021).

The aim of this article is to explore how AI can help LMD companies face these challenges. It examines the most relevant AI applications in this field and the value they bring to the SC. Notable applications include route optimization systems that reduce time and fuel consumption, demand prediction platforms that enable better planning and inventory management, and automation solutions that improve operational efficiency and reduce human errors. By identifying and evaluating these technologies, the article aims to provide a comprehensive view of how AI can transform LMD, enhancing its sustainability and competitiveness in the current market.

2. METHODOLOGY

The focus of this work is on improving LMD through the application of AI-based technology. For this reason, the research method used was a systematic literature review, aiming to present the main evidence from these fields in the literature (Sampaio & Mancini, 2007).

This systematic search was conducted using the search engines Google Scholar, Scopus, and Science Direct. The search was performed in the fields "Title," "Abstract," or "Author-specified keywords" using the search string: "Last-mile logistics" OR "Last-mile delivery" AND "Artificial Intelligence," selecting research articles or book chapters published from 2020 onwards. This search yielded a total of 85 results. Subsequently, duplicate articles were removed, and a detailed full-text analysis of each remaining work was conducted to determine its suitability for the study's topic. After this rigorous selection process, the final set of selected articles was reduced to 21. These articles provided a solid and representative basis for exploring and discussing the main applications of AI in last-mile logistics, thereby allowing for a deep and comprehensive understanding of current and future trends in this field.

3. RESULTS

The main works found in the literature demonstrate that AI can offer significant improvements in various aspects of LMD. To illustrate this, the critical problems continually faced by these companies will be presented first. Subsequently, the main challenges they encounter will be discussed, and finally, the primary AI applications for this sector will be justified, linking the challenges they aim to address with the problems they tackle. This information is summarized in Table 1.

TABLE 1. *Critical problems, main challenges and AI applications to LMD*

| Critical Problems | Main Challenges | AI Applications |
|---|--|--------------------------------------|
| Movement Limitations Due to Environmental Regulations | Transformation Towards a More Sustainable Business Model | More Sustainable Business Model |
| Failed Deliveries | Route Optimization | Operational Efficiency |
| Inefficient Routes | | |
| Customer Demands and Transparency of Movements | Enhancement of Customer Experience | Improvement of Customer Satisfaction |
| Lack of Precision in Inventory Management | Enhancement of Inventory Management | Demand Forecasting |
| | | Improvement of Inventory Control |

Source: Own elaboration

3.1. CRITICAL PROBLEMS IN LAST-MILE DELIVERY COMPANIES

The companies involved in last-mile delivery face a series of common problems, which are presented below.

3.1.1. Movement limitations due to environmental regulations

Nowadays, Last Mile Delivery Companies (LMDC) face significant problems due to environmental regulations and corresponding traffic restrictions that are increasingly being imposed in urban centers. The intensive use of private vehicles in cities fundamentally contributes to air pollution, generating numerous problems for the population and worsening the quality of life for citizens.

New environmental regulations require a reduction in carbon footprint and other measures to minimize environmental impact. To achieve this,

traffic restrictions have been implemented in urban areas in recent years, such as low-emission zones or limited delivery hours for loading and unloading vehicles. These measures complicate delivery logistics and force LMDCs to invest in greener technologies and optimize their delivery routes (Giuffrida et al., 2022). Additionally, traffic congestion in densely populated cities slows down the delivery process, increasing both time and operational costs (Modgil et al., 2022).

3.1.2. Failed deliveries

Failed deliveries, which occur when deliveries are not completed due to customer absence, represent a critical problem for LMDCs in B2C (business-to-consumer) e-commerce. This issue generates high costs for e-commerce players and negatively impacts customer satisfaction. Failed deliveries significantly affect both operational efficiency, by increasing the costs faced by companies, and service effectiveness, by reducing the perceived service level for customers. It is important to note that failed deliveries must be reassigned to subsequent delivery routes, and sometimes two or even three attempts are required to complete the delivery. Therefore, this additional process not only increases operational costs but also prolongs delivery times, affecting customers' perception of service quality and ultimately their satisfaction and loyalty (Seghezzi & Mangiaracina, 2023).

3.1.3. Inefficient routes

Inefficient routes represent a critical problem that affects operational efficiency, costs, customer satisfaction, and resource management in LMDCs. Route inefficiency increases operational costs due to higher fuel consumption and additional vehicle wear and tear, as well as having a negative environmental impact due to higher emissions of polluting gases. Poorly optimized routes also cause delivery delays, which negatively impact customer satisfaction, as quick delivery times are essential in a competitive market. Delays can decrease customer trust and loyalty, resulting in a poor perception of the service. Additionally, inefficient routes complicate logistical management, making planning and resource allocation more difficult, leading to poor utilization of the

vehicle fleet and personnel. This reduces the company's responsiveness to demand peaks or unforeseen situations.

3.1.4. Customer demands and transparency of movements

The high expectations of customers and their demand for transparency in delivery also represent critical problems that LMDCs must overcome to remain competitive and ensure customer satisfaction. Customers have high expectations, expecting fast and free delivery services, which is difficult to maintain without incurring additional costs. Moreover, customers want real-time information about the status of their deliveries and the ability to customize their delivery options, such as choosing specific times or changing the delivery address on the fly.

Meeting these expectations requires investments in technology and advanced management systems, as well as efficient coordination among various logistical actors. Failing to meet these demands can lead to customer dissatisfaction, negatively affecting loyalty and the company's reputation, as the logistical service offered by online retailers has become a key factor influencing customers' purchasing decisions (Ma et al., 2022).

3.1.5. Lack of precision in inventory management

LMDCs also face significant problems due to the lack of precision in inventory management, which negatively affects operational efficiency and, consequently, customer satisfaction.

Imprecise inventory management can lead to situations of overstocking or understocking, both of which are detrimental to the company's operations. On the one hand, overstocking implies higher storage costs and the risk of obsolescence, while on the other hand, understocking can result in delivery delays and lost sales (Du, 2021; Jucha, 2021).

Furthermore, the growing expansion of e-commerce has exacerbated these problems, increasing the complexity of distribution networks and the pressure to maintain low costs and fast delivery times (Du, 2021).

3.2. MAIN CHALLENGES LAST-MILE DELIVERY COMPANIES

The main challenges faced by LMDCs, derived from the problems outlined in the previous section, can be grouped into the following points

3.2.1. Transformation towards a more sustainable business model

LMDCs must transform towards more sustainable business models in response to new environmental regulations and mobility restrictions in cities. The increasing urbanization and the rise of e-commerce have heightened the pressure on urban logistics, demanding innovative solutions that are environmentally and socially friendly. To mitigate these impacts, it is essential to adopt advanced technologies. The use of electric vehicles and eco-friendly transportation modes is an emerging trend aimed at reducing the carbon footprint of logistics operations and improving the quality of life for citizens (Jucha, 2021).

For example, in the transportation sector, major manufacturers are developing and testing autonomous trucks. Many leading logistics companies are involved, offering limited services. Last-mile delivery applications are rapidly growing, with trials, pilot programs, and commercial services being conducted in Europe, the United States, and the Far East. The Chinese market is particularly vibrant; in 2019, a delivery robot operating on public roads and based on autonomous driving technology was launched (Bogue, 2024).

The development of the drone delivery sector has been slower, partly due to regulatory restrictions, but services are now being operated by manufacturers, retailers, and drone logistics providers. The use of last-mile delivery robots is rapidly increasing, with trials, pilot programs, and commercial services being conducted in Europe, the United States, and the Far East. The Chinese market is particularly buoyant, and in 2019, JD launched the first delivery robot to operate on public roads, based on Level 4 autonomous driving technology. The drone delivery sector has been slower to develop due to regulatory factors, but services are now being operated by manufacturers, retailers, and drone logistics providers.

3.2.2. Routes optimization

Route optimization is crucial for improving operational efficiency, reducing costs, and minimizing the environmental impact of urban deliveries. It also enhances customer satisfaction by ensuring faster and more reliable deliveries. The last mile, which represents up to 53% of the total transportation cost, involves multiple short-distance stops, which can cause significant inefficiencies (Jucha, 2021). Moreover, the high demand for fast and personalized deliveries increases the complexity of distribution (Du, 2021). Therefore, in an increasingly complex and competitive environment, the ability to optimize delivery routes is essential for last-mile logistics companies to maintain their competitiveness and meet expectations for sustainability and operational efficiency (Seghezzi & Mangiaracina, 2023).

In this context, the implementation of route optimization systems allows companies to manage their vehicle fleet more effectively, allocate resources optimally, and improve delivery punctuality (Engelhardt et al., 2022).

3.2.3. Enhancement of customer experience

Efficient last-mile management is not only crucial for cost reduction but also directly impacts the customer's perception of service. LMDCs face the challenge of improving customer satisfaction due to increasing demands and the need for transparency in shipment movements. Customer satisfaction is influenced by factors such as the accurate fulfillment of delivery times, flexibility in delivery options, and real-time tracking capabilities (Seghezzi & Mangiaracina, 2023).

Consumers expect fast and precise delivery times, along with the ability to schedule deliveries at specific times or alternative locations to accommodate their schedules (Giuffrida et al., 2022). Additionally, transparency in last-mile logistics, such as real-time visibility of shipment status, is essential to maintain customer trust and enhance their overall experience (Jucha, 2021). Therefore, companies must continually innovate in their delivery strategies to meet these growing expectations and maintain high customer satisfaction (Mor & Speranza, 2020).

3.2.4. Enhancement of inventory management

LMDCs face the crucial challenge of improving inventory management to address issues such as the lack of precision in inventory administration. This precision is vital to ensure product availability and avoid delivery delays, which directly affect customer satisfaction.

The growing demand for fast deliveries and the complexity of modern logistical networks require advanced inventory management methods that enable real-time analysis of large volumes of data, thereby improving demand forecasting accuracy and stock management (Giuffrida et al., 2022).

3.3. AI APPLICATIONS TO LAST-MILE DELIVERY

The most common applications currently being used to address the outlined challenges and tackle the main problems in the sector are shown below:

3.3.1. More sustainable business model

AI can provide effective solutions for LMDCs to tackle movement limitations imposed by environmental regulations and transform towards more sustainable business models. The implementation of electric and autonomous vehicles, managed by AI systems, can significantly reduce the carbon footprint of logistics operations (Jucha, 2021). The use of drones for deliveries in densely populated urban areas not only reduces congestion but also decreases emissions and enhances the sustainability of the delivery process (Arishi et al., 2022).

Additionally, AI facilitates the implementation of business models like crowdshipping, which leverage the movements of citizens for deliveries, reducing the use of dedicated vehicles and associated emissions (Pourrahmani & Jaller, 2021). These approaches, supported by advanced technologies, not only comply with environmental regulations but also promote greener and more sustainable logistics practices, meeting the demands of a market increasingly aware of environmental impact (Modgil et al., 2022).

3.3.2. Operational efficiency

AI can significantly improve operational efficiency in LMD through various technological applications centered on route optimization, package tracking, vehicle fleet management, delivery automation, and reducing failed deliveries.

One of the key solutions for improving operational efficiency is route optimization through advanced AI algorithms and route optimization technologies, such as Vehicle Route Optimization (VRO), which calculate the most efficient routes, minimizing distances traveled and delivery time (Giuffrida et al., 2022). These measures allow LMDCs to reduce operational costs and environmental impact, improving delivery punctuality and thus, customer satisfaction (Jucha, 2021). Moreover, AI enables the precise management of large amounts of complex data and the application of predictive models to adjust routes in real-time, considering factors such as real-time traffic, transportation patterns, and weather conditions. The integration of these data can have a significant impact on reducing fuel costs, personnel expenses, and other operational costs associated with last-mile delivery.

A notable example of technology that optimizes delivery routes is the AI-based logistics platform Last Mile Platform (LaMP), developed by the Singaporean delivery company SingPost. Using AI, this platform automates delivery routes and can also inform all parties involved about the couriers' movements, allowing customers to receive precise notifications about their order's delivery (Jucha, 2021). These types of applications facilitate tracking and tracing deliveries, as well as providing a direct communication channel with customers.

Additionally, the integration of autonomous vehicles, such as drones and delivery robots, facilitates fast and precise deliveries in densely populated urban areas, reducing congestion and improving operational efficiency through better fleet management (Arishi et al., 2022). They also offer a potential solution to reduce labor dependency and improve the punctuality and accuracy of deliveries (Boysen et al., 2020). Drones can complete deliveries in areas inaccessible to traditional vehicles and reduce vehicular congestion, while robots can perform automated

deliveries over short distances from a central point. However, the full adoption of these vehicles requires improvements in infrastructure and the creation of appropriate regulatory policies to ensure their safe and efficient operation (Du, 2021).

AI can provide a promising option for reducing failed deliveries by scheduling them based on the likelihood of finding customers at home. This approach proposes a solution based on presence data (collected through Internet of Things [IoT] devices) to organize delivery routes, aiming to minimize the distance traveled and maximize the likelihood of finding customers at home.

3.3.3. Improvement of customer satisfaction

AI can provide various solutions to improve customer satisfaction in LMD, addressing challenges such as high customer expectations and the need for transparency in shipment movements. As previously mentioned, the use of AI-based technological applications allows for optimizing delivery routes and providing customers with detailed tracking of their order movements. Additionally, the implementation of autonomous vehicles and the integration of advanced sensors and mapping technologies enhance the precision and safety of deliveries, resulting in a more reliable and satisfying customer experience (Boysen et al., 2020). In this regard, AI also improves customer perception by offering personalized delivery solutions, flexible delivery dates, and the use of various delivery modes to meet customer requirements (Modgil et al., 2022). AI-based technology can enable a solution to track shipments through virtual chats, where customers can inquire about their shipment, the exact delivery date and time, and the current status of their delivery. AI also enables service personalization by analyzing historical data and customer behavior patterns, adjusting logistics operations to better meet the specific needs of each consumer (Du, 2021).

In short, digital communication helps organizations improve delivery planning and, consequently, enhance the LMD customer experience (Singh et al., 2024).

3.3.4. Demand forecasting

AI offers various solutions to improve demand forecasting in LMD, addressing issues such as demand variability and forecast accuracy. Machine learning algorithms enable the analysis of large volumes of historical and real-time data to identify patterns and trends, significantly improving the accuracy of demand forecasts (Giuffrida et al., 2022). These algorithms can incorporate data from various sources, such as past sales, weather conditions, social and economic events, and other external factors affecting demand, dynamically adjusting predictive models to reflect changes in the environment (Du, 2021).

For instance, the use of deep neural networks and supervised learning models can provide more accurate predictions than traditional methods by continuously learning and adapting to new data (Arishi et al., 2022). Moreover, AI can help segment the market and customize forecasts for different product categories and geographical regions, thus optimizing inventory management and resource planning (Engelhardt et al., 2022).

In this regard, AI enables companies to automate processes that generate precise forecasts by quickly detecting customer needs and expectations, optimizing inventory, resource allocation, route optimization, and product delivery (Jabbour et al., 2020). By highlighting potential scenarios and how to respond to them, AI-driven demand forecasting has the potential to reduce uncertainty while enhancing competitive advantage (Singh et al., 2024).

The integration of AI systems into logistics platforms also allows for the automation of data collection and analysis, reducing the time and effort needed to generate accurate and up-to-date forecasts. This capability for rapid and precise adaptation to demand fluctuations is crucial for improving operational efficiency and meeting customer expectations in last-mile logistics (Butt, 2021).

3.3.5. Improvement of inventory control

AI offers several solutions to improve the accuracy of inventory control in the realm of LMD. A clear feature of AI is its ability to analyze large volumes of data, which, as mentioned earlier, allows for better demand

forecasting and consequently facilitates optimization of inventory levels, avoiding both excess and stock shortages (Giuffrida et al., 2022).

The use of machine learning algorithms for inventory classification and forecasting helps identify market patterns and trends, enabling proactive adjustments throughout the SC (Jucha, 2021). Additionally, AI technologies can integrate and automate various repetitive tasks in inventory management, such as stock level updates and automatic reordering, improving operational efficiency and reducing human errors (Boysen et al., 2020). Moreover, the implementation of AI systems in logistics allows for better real-time visibility and tracking of inventories, facilitating informed and timely decision-making (Modgil et al., 2022). In this sense, AI also provides visibility across the entire supply chain, helping to manage inventory levels, identify risk patterns that could disrupt operations, and find alternative delivery routes. An AI-based supply chain can effectively use data to analyze the cause and effect of specific situations (Singh et al., 2024)..

4. CONCLUSIONS

The increasing digitalization of the last-mile logistics industry enables more companies to use AI in their SCs to reduce the time and money spent determining how, when, and where to deliver goods or services. In this context, AI is positioned as an essential tool to overcome current and future challenges in the realm of LMD, offering innovative solutions that promote sustainability, efficiency, and customer satisfaction.

Research shows that AI can provide significant improvements in various critical aspects of this logistical phase. For example, route optimization using advanced AI algorithms allows for significant reductions in time and operational costs. Additionally, the adoption of AI-managed electric and autonomous vehicles, along with the use of drones, offers sustainable solutions that decrease the carbon footprint of logistics operations, complying with environmental regulations and enhancing the overall sustainability of deliveries in densely populated urban areas.

In terms of customer satisfaction, AI applications enable more precise and transparent delivery management, providing real-time information

on shipment status and personalizing delivery options, which is crucial for maintaining customer trust and loyalty. AI also offers innovative solutions to reduce failed deliveries, such as scheduling deliveries based on the likelihood of finding customers at home. Furthermore, AI facilitates more efficient inventory management by analyzing large volumes of data, improving demand forecasting and optimizing stock levels, which reduces costs and improves product availability.

Overall, these AI-based solutions enable LMDCs to tackle operational challenges and meet the growing market demands efficiently and sustainably. Future research should explore new AI applications in other logistics fields, as reverse logistics. The reverse logistics management and waste reduction are key areas to enhance sustainability. These areas need advanced predictive analytics for optimizing inventory and minimizing waste, AI-driven waste sorting and recycling for higher efficiency, and integrating AI in circular economy practice. AI can also design sustainable supply chains, analyze consumer behavior, integrate with blockchain for transparency, enhance decision support systems, and assist in regulatory compliance. Additionally, developing collaborative AI platforms can improve stakeholder coordination. These efforts will drive significant improvements in sustainability and environmental responsibility within the logistics sector.

5. REFERENCES

- Aljohani, K., Economics, R. T.-R. in T. (2020). Receivers-led delivery consolidation policy: Estimating the characteristics of the most interested businesses to participate. *Elsevier*. Retrieved June 18, 2024, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0739885919303336>
- Arishi, A., Krishnan, K., & Arishi, M. (2022). Machine learning approach for truck-drones based last-mile delivery in the era of industry 4.0. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 116, 105439. <https://doi.org/10.1016/J.ENGAPPAI.2022.105439>
- Bányai, T. (2018). Real-time decision making in first mile and last mile logistics: How smart scheduling affects energy efficiency of hyperconnected supply chain solutions. *Energies*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/en11071833>

- Bogue, R. (2024). The role of robots in logistics. *Industrial Robot*, 51(3), 381–386. <https://doi.org/10.1108/IR-01-2024-0022/FULL/PDF>
- Boysen, N., Fedtke, S., & Schwerdfeger, S. (2020). Last-mile delivery concepts: a survey from an operational research perspective. *OR Spectrum* 2020 43:1, 43(1), 1–58. <https://doi.org/10.1007/S00291-020-00607-8>
- Butt, A. S. (2021). Strategies to mitigate the impact of COVID-19 on supply chain disruptions: a multiple case analysis of buyers and distributors. *International Journal of Logistics Management, ahead-of-print*(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/IJLM-11-2020-0455/FULL/PDF>
- Chiappetta Jabbour, C. J., Fiorini, P. D. C., Ndubisi, N. O., Queiroz, M. M., & Piato, É. L. (2020). Digitally-enabled sustainable supply chains in the 21st century: A review and a research agenda. *Science of The Total Environment*, 725, 138177. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.138177>
- Chien, C. F., Dauzère-Pérès, S., Huh, W. T., Jang, Y. J., & Morrison, J. R. (2020). Artificial intelligence in manufacturing and logistics systems: algorithms, applications, and case studies. In *International Journal of Production Research* (Vol. 58, Issue 9). <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1752488>
- Do, A. D., Ta, V. L., Bui, P. T., Do, N. T., Dong, Q. T., & Lam, H. T. (2023). The Impact of the Quality of Logistics Services in E-Commerce on the Satisfaction and Loyalty of Generation Z Customers. *Sustainability*, 15(21). <https://doi.org/10.3390/su152115294>
- Dubey, R., Gunasekaran, A., & Childe, S. J. (2019). Big data analytics capability in supply chain agility: The moderating effect of organizational flexibility. *Management Decision*, 57(8). <https://doi.org/10.1108/MD-01-2018-0119>
- Du, D. (2021). Research on the application of “last-mile” autonomous delivery vehicles in the context of epidemic prevention and control. *Proceedings - 2021 International Symposium on Artificial Intelligence and Its Application on Media, ISAIAM 2021*. <https://doi.org/10.1109/ISAIAM53259.2021.00022>
- Engelhardt, M., Seeck, S., & Geier, B. (2022). Artificial Intelligence in Urban Last Mile Logistics - Status Quo, Potentials and Key Challenges. In *Lecture Notes in Logistics*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05359-7_22
- Giuffrida, N., Fajardo-Calderin, J., Masegosa, A. D., Werner, F., Steudter, M., & Pilla, F. (2022). Optimization and Machine Learning Applied to Last-Mile Logistics: A Review. *Sustainability (Switzerland)*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/su14095329>

- Jucha, P. (2021). Use of artificial intelligence in last mile delivery. *SHS Web of Conferences*, 92. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219204011>
- Kadłubek, M., Thalassinos, E., Domagała, J., Grabowska, S., & Saniuk, S. (2022). Intelligent Transportation System Applications and Logistics Resources for Logistics Customer Service in Road Freight Transport Enterprises. *Energies*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/en15134668>
- Kandula, S., Krishnamoorthy, S., & Roy, D. (2021). A prescriptive analytics framework for efficient E-commerce order delivery. *Decision Support Systems*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2021.113584>
- Ma, B., Teo, C. C., & Wong, Y. D. (2022). Consumers' preference for urban last-mile delivery: effects of value perception and long-term COVID-initiated contextual shifts. *International Journal of Logistics Research and Applications*. <https://doi.org/10.1080/13675567.2022.2160434>
- Mangiaracina, R., Perego, A., Seghezzi, A., & Tumino, A. (2019). Innovative solutions to increase last-mile delivery efficiency in B2C e-commerce: a literature review. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 49(9), 901–920. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-02-2019-0048/FULL/PDF>
- Modgil, S., Singh, R. K., & Hannibal, C. (2022). Artificial intelligence for supply chain resilience: learning from Covid-19. *International Journal of Logistics Management*, 33(4), 1246–1268. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2021-0094/FULL/PDF>
- Mor, A., & Speranza, M. G. (2020). Vehicle routing problems over time: a survey. *4OR*, 18(2), 129–149. <https://doi.org/10.1007/S10288-020-00433-2/FIGURES/4>
- Naz, F., Agrawal, R., Kumar, A., Gunasekaran, A., Majumdar, A., & Luthra, S. (2022). Reviewing the applications of artificial intelligence in sustainable supply chains: Exploring research propositions for future directions. *Business Strategy and the Environment*, 31(5), 2400–2423. <https://doi.org/10.1002/BSE.3034>
- Olan, F., Liu, S., Suklan, J., Jayawickrama, U., & Arakpogun, E. O. (2022). The role of Artificial Intelligence networks in sustainable supply chain finance for food and drink industry. *International Journal of Production Research*, 60(14), 4418–4433. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1915510>
- Pourrahmani, E., & Jaller, M. (2021). Crowdshipping in last mile deliveries: Operational challenges and research opportunities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 78, 101063. <https://doi.org/10.1016/J.SEPS.2021.101063>

- Sampaio, R. F., & Mancini, M. C. (2007). Systematic review studies: a guide for careful synthesis of the scientific evidence. *Brazilian Journal of Physical Therapy, 11*, 77–82. http://www.cebm.net/levels_of_evidence.asp#/levels
- Seghezzi, A., & Mangiaracina, R. (2023). Smart home devices and B2C e-commerce: a way to reduce failed deliveries. *Industrial Management and Data Systems, 123*(5), 1624–1645. <https://doi.org/10.1108/IMDS-10-2022-0651/FULL/PDF>
- Sharma, R., Shishodia, A., Gunasekaran, A., Min, H., & Munim, Z. H. (2022). The role of artificial intelligence in supply chain management: mapping the territory. *International Journal of Production Research, 60*(24), 7527–7550. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2029611>
- Singh, R. K., Modgil, S., & Shore, A. (2024). Building artificial intelligence enabled resilient supply chain: a multi-method approach. *Journal of Enterprise Information Management, 37*(2), 414–436. <https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2022-0326/FULL/HTML>
- Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., & Fischl, M. (2021). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. *Journal of Business Research, 122*, 502–517. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2020.09.009>

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO EXPLORATORIO SOBRE MODELOS DE NEGOCIO DE ECONOMÍA CIRCULAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

FERNANDO CASTELLÓ-SIRVENT
Universitat Politècnica de València

PABLO PINAZO-DALLENBACH
Universitat Politècnica de València

PASCUAL CORTÉS-PELLICER
Universitat Politècnica de València

VANESSA ROGER-MONZÓ
Universitat de València

1. INTRODUCCIÓN

La literatura científica en el ámbito agroalimentario ha experimentado un crecimiento exponencial en áreas vinculadas con la economía circular, la sostenibilidad y la tecnología de la información.

La creciente complejidad de los retos globales en el sector agroalimentario, como el cambio climático, el desperdicio de alimentos y la necesidad de preservar los recursos naturales, ha impulsado la necesidad de llevar a cabo investigaciones orientadas a comprender las redes de colaboración y las tendencias emergentes en este campo. El análisis bibliométrico permite identificar las áreas de mayor impacto académico y las brechas de conocimiento que requieren atención futura. En el caso del sector agroalimentario se observa un incremento en la publicación de estudios relacionados con la digitalización, la adopción de tecnologías avanzadas como el Big Data, la Inteligencia Artificial, el Internet de las Cosas (IoT) y la implementación de modelos de economía circular (Di Vaio et al., 2020; Belaud et al., 2019; Principato et al., 2019; Bolzonella et al., 2018; Brewster et al., 2017). Este aspecto muestra la

importancia de integrar tecnologías disruptivas y prácticas sostenibles para abordar las demandas de una población global en crecimiento.

En este sentido, la economía circular emerge como una estrategia esencial para convertir sistemas lineales de producción en ciclos sostenibles que minimicen el desperdicio y maximicen la reutilización de recursos. Kumar et al. (2021) identifican barreras clave para la adopción de la economía circular en las cadenas de suministro agropecuarias, destacando su relevancia en la consecución de objetivos de sostenibilidad. Sin embargo, la economía circular no sólo aborda los desafíos de globalización y digitalización, sino que también promueve beneficios tangibles en sectores industriales y agrícolas. Barros et al. (2020) destaca el impacto de la agricultura en las emisiones de gases de efecto invernadero, subrayando la ventaja de las prácticas de economía circular mediante el uso de bioenergía. Este enfoque contrasta con el modelo lineal tradicional al optimizar los flujos de materiales y energía, contribuyendo al logro de beneficios ambientales y económicos.

Por otra parte, la transición hacia la economía circular en el ámbito agroalimentario también implica el desarrollo de modelos de negocio innovadores. Donner et al. (2020) distinguen ¿seis? tipos de modelos circulares: plantas de biogás, emprendimientos de *upcycling*, biorrefinería ambiental, agroparque, estructura de apoyo y cooperativas agrícolas, que ejemplifican el aprovechamiento de los subproductos agroindustriales. Estos modelos generan valor económico y social mediante la creación de nuevas cadenas de valor que integran logística inversa y estrategias de marketing sostenibles.

La tecnología del Internet de las Cosas (IoT) se presenta como una solución innovadora para enfrentar los desafíos sociales y ambientales en el sector agrícola. De hecho, posee un gran potencial para transformar el sistema agroalimentario desde la producción hasta el consumo, fomentando la seguridad alimentaria y reduciendo el desperdicio agrícola (Brewster et al., 2017). Estas tecnologías facilitan la toma de decisiones basadas en datos, optimizando el uso de insumos y mejorando la eficiencia a lo largo de la cadena de suministro.

El desperdicio alimentario constituye una ineficiencia significativa en el sistema alimentario global, contribuyendo a la contaminación ambiental y al agotamiento de recursos. Corrado y Sala (2018) exploran las estrategias para contabilizar y reducir el desperdicio a nivel global y europeo, destacando la importancia de datos confiables para implementar políticas eficaces. La literatura académica destaca la necesidad de distinguir entre residuos comestibles e incomedibles y propone metodologías para medir la ineficiencia del sistema agroalimentario.

Por otra parte, los hallazgos relacionados con la adopción de tecnologías IoT (Brewster et al., 2017) y los modelos circulares (Donner et al., 2020) demuestran un enfoque interdisciplinario para abordar los retos globales.

Además, los estudios sobre desperdicio alimentario (Corrado y Sala, 2018) y bioenergía (Barros et al., 2020) sugieren que la economía circular puede favorecer una transición sostenible. Así pues, la economía circular, la digitalización y la innovación se alzan como aspectos esenciales para analizar los desafíos de sostenibilidad y eficiencia en el sector.

El objetivo de este estudio es llevar a cabo un análisis exploratorio sobre la literatura académica en el área de estudio de modelos de negocio de economía circular en la industria agroalimentaria.

Este capítulo se estructura como sigue: primero, se describe la metodología aplicada en la investigación; a continuación, se presentan y discuten los resultados obtenidos; finalmente, se establecen las conclusiones y se fijan futuras líneas de investigación.

2. METODOLOGÍA

Se recurrió a Web of Science, concretamente a las colecciones SSCI y SCIE, recogiendo únicamente artículos académicos publicados en revistas científicas indexadas en el Journal Citation Reports (JCR).

La búsqueda realizada se focalizó en artículos cuyos títulos, resúmenes o palabras clave hicieran referencia a modelos de negocio o economía circular y, al mismo tiempo, las palabras clave o los resúmenes incluyesen términos relacionados con industrias agroalimentarias.

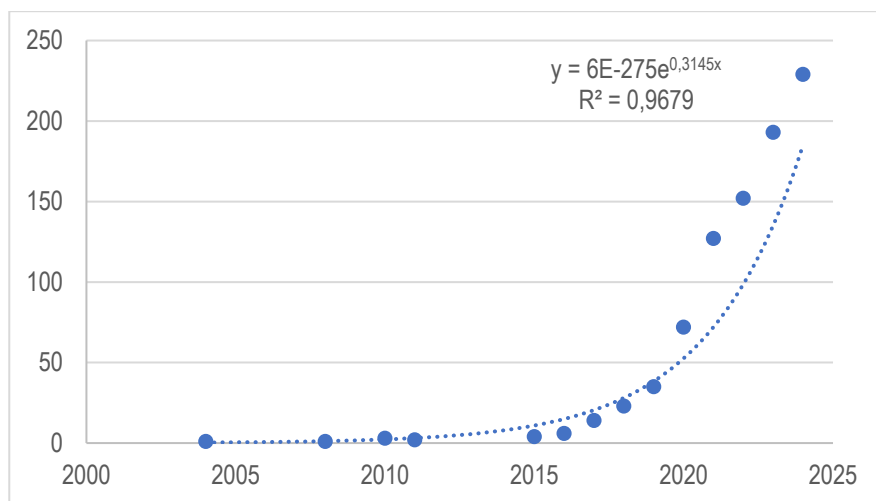
La cadena booleana incluyó: (ts="business model*" or ts="circular econom*") and (ak="agr?food*" or ak="agr?-food*" or ak="agr?-" or ak="agr?-*" or ti="agr?food*" or ti="agr?-food*" or ti="agr?-" or ti="agr?-*" or ab="agr?food*" or ab="agr?-food*" or ab="agr?-" or ab="agr?-*").

La explotación de la base de datos se llevó a cabo por medio del software VOSviewer 1.6.18 (Van Eck y Waltman, 2010).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estrategia de búsqueda seguida devolvió 867 artículos científicos publicados entre 2004 y 2024. Los resultados confirman que la tendencia de publicación en el área de estudio ha seguido una progresión creciente en los últimos años. Concretamente, el impulso de la Agenda 2030 revela incrementos exponenciales en el número de artículos publicados en revistas JCR (Figura 1).

FIGURA 1. Tendencia de publicación de artículos científicos en JCR



Fuente: elaboración propia

Los artículos con mayor impacto fueron publicados entre 2018 y 2021. La Tabla 1 reporta el Top 25 de artículos más citados en el área de estudio.

TABLA 1. Top 25 de artículos más citados

| Título | Autores | Revista | Año | Citas |
|---|---|--|------|-------|
| To identify industry 4.0 and circular economy adoption barriers in the agriculture supply chain by using ISM-ANP | Kumar, Shashank; Raut, Rakesh D.; Nayal, Kirti; Kraus, Sascha; Yadav, Vinay Surendra; Narkhede, Balkrishna E. | Journal of cleaner production | 2021 | 223 |
| Food waste accounting along global and European food supply chains: State of the art and outlook | Corrado, Sara; Sala, Serenella | Waste management | 2018 | 200 |
| IoT in Agriculture: Designing a Europe-Wide Large-Scale Pilot | Brewster, Christopher; Roussaki, Ioanna; Kalatzis, Nikos; Doolin, Kevin; Ellis, Keith | IEEE communications magazine | 2017 | 182 |
| Mapping of research lines on circular economy practices in agriculture: From waste to energy | Barros, Murillo Vetroni; Salvador, Rodrigo; de Francisco, Antonio Carlos; Piekarski, Casiano Moro | Renewable & sustainable energy reviews | 2020 | 165 |
| A new circular business model typology for creating value from agro-waste | Donner, Mechthild; Gohier, Romane; de Vries, Hugo | Science of the total environment | 2020 | 157 |
| Artificial Intelligence in the Agri-Food System: Rethinking Sustainable Business Models in the COVID-19 Scenario | Di Vaio, Assunta; Boccia, Flavio; Landriani, Loris; Palladino, Rosa | Sustainability | 2020 | 153 |
| Big data for agri-food 4.0: Application to sustainability management for by-products supply chain | Belaud, Jean-Pierre; Prioux, Nancy; Vialle, Claire; Sablayrolles, Caroline | Computers in industry | 2019 | 146 |
| Nutrients recovery from anaerobic digestate of agro-waste: Techno-economic assessment of full scale applications | Bolzonella, D.; Fatone, F.; Gottardo, M.; Frison, N. | Journal of environmental management | 2018 | 134 |
| Adopting the circular economy approach on food loss and waste: The case of Italian pasta production | Principato, Ludovica; Ruini, Luca; Guidi, Matteo; Secondi, Luca | Resources conservation and recycling | 2019 | 129 |
| Critical success and risk factors for circular business models valorising agricultural waste and by-products | Donner, Mechthild; Verniquet, Anne; Broeze, Jan; Kayser, Katrin; De Vries, Hugo | Resources conservation and recycling | 2021 | 128 |
| Agro-tourism enterprises as a form of multi-functional urban agriculture for peri-urban development in China | Yang, Zhenshan; Cai, Jianming; Sliuzas, Richard | Habitat international | 2010 | 127 |
| Implementing the circular economy paradigm in the agri-food supply chain: The role of food waste prevention technologies | Ciccullo, Federica; Cagliano, Raffaella; Bartezzaghi, Giulia; Perego, Alessandro | Resources conservation and recycling | 2021 | 123 |
| Circular Economy Strategies in Eight Historic Port Cities: Criteria and Indicators Towards a Circular City Assessment Framework | Gravagnuolo, Antonia; Angrisano, Mariarosaria; Girard, Luigi Fusco | Sustainability | 2019 | 113 |

| | | | | |
|--|--|--|------|-----|
| Recycling Agricultural Wastes and By-products in Organic Farming: Biofertilizer Production, Yield Performance and Carbon Footprint Analysis | Diacono, Mariangela; Persiani, Alessandro; Testani, Elena; Montemurro, Francesco; Ciaccia, Corrado | Sustainability | 2019 | 108 |
| Use of black soldier fly (<i>Hermetia illucens</i> (L.)), Diptera: Stratiomyidae) larvae processing residue in peat-based growing media | Setti, Leonardo; Francia, Enrico; Pulvirenti, Andrea; Gigliano, Silvia; Zaccardelli, Massimo; Pane, Catello; Caradonia, Federica; Bortolini, Sara; Maistrello, Lara; Ronga, Domenico | Waste management | 2019 | 103 |
| A system-wide interdisciplinary conceptual framework for food loss and waste mitigation strategies in the supply chain | Dora, Manoj; Biswas, Shreyasee; Choudhary, Sonal; Nayak, Rakesh; Irani, Zahir | Industrial marketing management | 2021 | 99 |
| Life-cycle assessment of pyrolysis processes for sustainable production of biochar from agro-residues | Zhu, Xiefei; Labianca, Claudia; He, Mingjing; Luo, Zejun; Wu, Chunfei; You, Siming; Tsang, Daniel C. W. | Bioresource technology | 2022 | 98 |
| From precision agriculture to Industry 4.0 Unveiling technological connections in the agrifood sector | Trivelli, Leonello; Apicella, Andrea; Chiarello, Filippo; Rana, Roberto; Fantoni, Gualtiero; Tarabella, Angela | British food journal | 2019 | 97 |
| Deep Eutectic Solvents pretreatment of agro-industrial food waste | Procentese, Alessandra; Raganati, Francesca; Olivieri, Giuseppe; Russo, Maria Elena; Rehmann, Lars; Marzocchella, Antonio | Biotechnology for biofuels | 2018 | 97 |
| Towards a Circular Economy in Australian Agri-food Industry An Application of Input-Output Oriented Approaches for Analyzing Resource Efficiency and Competitiveness Potential | Pagotto, Murilo; Halog, Anthony | Journal of industrial ecology | 2016 | 96 |
| Agro-food industry wastewater treatment with microbial fuel cells: Energetic recovery issues | Ceconet, Daniele; Molognoni, Daniele; Callegari, Arianna; Capodaglio, Andrea G. | International journal of hydrogen energy | 2018 | 93 |
| Digitalization and the third food regime | Prause, Louisa; Hackfort, Sarah; Lindgren, Margit | Agriculture and human values | 2021 | 91 |
| From sewage sludge and agri-food waste to VFA: Individual acid production potential and up-scaling | Esteban-Gutierrez, M.; Garcia-Aguirre, J.; Irizar, I.; Aymerich, E. | Waste management | 2018 | 86 |
| Heavy metals adsorption by banana peels micro-powder: Equilibrium modeling by non-linear models | Vilardi, Giorgio; Di Palma, Luca; Verdone, Nicola | Chinese journal of chemical engineering | 2018 | 85 |
| How to innovate business models for a circular bio-economy? | Donner, Mechthild; de Vries, Hugo | Business strategy and the environment | 2021 | 80 |

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con la estrategia de búsqueda seguida en esta investigación, la Tabla 2 muestra las diez principales revistas según impacto medio de los artículos publicados. Se reportan las citas por artículo (CpA), el impacto académico medido a través de las citas recibidas por el total de los artículos publicados en la revista y el número de artículos recuperados según la estrategia de búsqueda aplicada por la metodología de esta investigación.

TABLA 2. *Top 10 de revistas científicas. Impacto medio por artículo.*

| Revista | CpA | Citas | Artículos |
|---|------|-------|-----------|
| Resources conservation and recycling | 49,9 | 599 | 12 |
| Technological forecasting and social change | 42,3 | 254 | 6 |
| Waste management | 38,8 | 504 | 13 |
| Business strategy and the environment | 31,6 | 158 | 5 |
| Bioresource technology | 31,5 | 189 | 6 |
| Science of the total environment | 28,9 | 549 | 19 |
| Journal of environmental management | 25,1 | 376 | 15 |
| Industrial crops and products | 23,9 | 239 | 10 |
| Sustainable production and consumption | 23,5 | 259 | 11 |
| Trends in food science & technology | 23,3 | 140 | 6 |

Fuente: elaboración propia

Los autores con mayor impacto medio por artículo se muestran en la Tabla 3. Donner con 398 citas y un CpA de 79,6 triplica los resultados de los tres autores que ocupan la segunda, tercera y posición, Bernini, Pacchera y Poponi, respectivamente.

TABLA 3. *Top 10 de autores. Impacto medio por artículo.*

| Autor | CpA | Citas | Artículos |
|---------------------------|------|-------|-----------|
| Mechthild Donner | 79,6 | 398 | 5 |
| Roberta Bernini | 26,6 | 133 | 5 |
| Francesco Pacchera | 25,2 | 126 | 5 |
| Stefano Poponi | 25,2 | 126 | 5 |
| Merce Granados | 23,6 | 118 | 5 |
| Javier Saurina | 23,6 | 118 | 5 |
| Tania Forster-Carneiro | 9,2 | 46 | 5 |
| William Gustavo Sganzerla | 8,0 | 40 | 5 |
| Dimitrios Arapoglou | 6,3 | 38 | 6 |
| Christos Eliopoulos | 6,3 | 38 | 6 |

Entre las universidades con mayor impacto medio por artículo destacan la Università degli Studi di Napoli Parthenope y la Università degli Studi di Napoli Federico II. En ambos casos, pese a publicar un número reducido de artículos (6 y 7, respectivamente), poseen un elevado CpA (Tabla 4).

TABLA 4. *Top 10 de universidades. Impacto medio por artículo.*

| Universidad | CpA | Citas | Artículos |
|--------------------------|------------|--------------|------------------|
| Univ. Naples Parthenope | 48,9 | 342 | 7 |
| Univ. Napoli Federico II | 46,3 | 278 | 6 |
| Univ. Montpellier | 39,8 | 478 | 12 |
| Niccolo Cusano Univ. | 37,2 | 186 | 5 |
| Univ. Pavia | 30,2 | 151 | 5 |
| Univ. Tuscia | 29,2 | 380 | 13 |
| Univ. Foggia | 27,9 | 195 | 7 |
| Beijing Normal Univ. | 26,6 | 133 | 5 |
| Univ. Barcelona | 24,3 | 170 | 7 |
| Tuscia Univ. | 24,3 | 194 | 8 |

Fuente: elaboración propia

En el ámbito objeto de estudio, los países más relevantes según el impacto medio por artículo son Francia, Irlanda, Alemania y Escocia, que superan las 30 CpA (Tabla 5).

TABLA 5. *Top 10 de países. Impacto medio por artículo.*

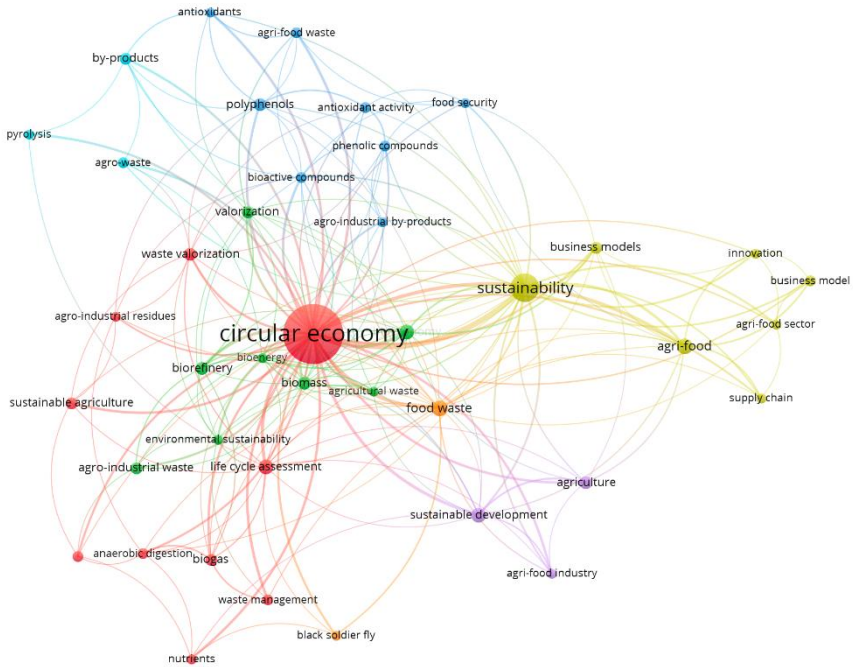
| País | CpA | Citas | Artículos |
|-------------|------------|--------------|------------------|
| France | 31,7 | 952 | 30 |
| Ireland | 30,5 | 305 | 10 |
| Germany | 30,4 | 852 | 28 |
| Scotland | 30,1 | 331 | 11 |
| Australia | 29,9 | 419 | 14 |
| Switzerland | 28,6 | 286 | 10 |
| Netherlands | 23,2 | 557 | 24 |
| Indonesia | 22,3 | 134 | 6 |
| South Korea | 22,0 | 220 | 10 |
| Pakistan | 20,2 | 101 | 5 |

Fuente: elaboración propia

La Figura 2 representa las redes bibliométricas basadas en el análisis de co-ocurrencias de palabras clave de los artículos analizados. La evidencia disponible reporta cinco clústeres temáticos:

- (1) Color rojo: agrupa conceptos relacionados con la gestión de residuos y las fuentes comunes de bioenergía, como *waste management*, *anaerobic digestion*, *biogas*, y *agro-industrial residues*. Este grupo resalta la valorización de residuos agroindustriales mediante la producción de bioenergía y nutrientes y contiene el nodo central más relevante (*circular economy*).
- (2) Color amarillo: representa términos relacionados con innovación y modelos de negocio, como *business models*, *innovation*, y *supply chain*, vinculados principalmente a la adopción de prácticas sostenibles. Integra el nodo "sustainability", que también tiene un peso importante, mostrando su estrecha relación con la economía circular y su papel transversal en múltiples enfoques.
- (3) Color azul: se centra en aspectos más específicos del valor agregado y subproductos agrícolas, como *polyphenols*, *antioxidants*, y *agro-industrial by-products*.
- (4) Color verde: relacionado con *bioenergy*, *environmental sustainability*, y *biomass*, este grupo pone de relieve el uso eficiente de recursos en el contexto agropecuario.
- (5) Color violeta: incluye conceptos relacionados con el desarrollo sostenible y la agroindustria, como *sustainable development*, *agriculture*, y *agri-food industry*.

FIGURA 2. Análisis de co-ocurrencias de palabras clave de autores



Fuente: elaboración propia

4. CONCLUSIONES

Los resultados derivados de este análisis bibliométrico revelan que la economía circular sugieren fuertes interconexiones con la sostenibilidad y la valorización de residuos. Las prácticas circulares permiten transformar los sistemas productivos lineales en modelos eficientes y sostenibles, minimizando el desperdicio y optimizando el uso de recursos. Además, la implementación de modelos de negocio innovadores contribuye a integrar la circularidad en las cadenas de valor agroalimentarias, generando nuevas oportunidades económicas y ambientales. La valorización de subproductos agroindustriales, la producción de bioenergía y la recuperación de nutrientes son áreas prioritarias de investigación que conectan la economía circular con el desarrollo sostenible.

Este análisis evidencia diversas oportunidades de investigación, como el desarrollo de nuevas tecnologías para la valorización de residuos

agroindustriales, el diseño de modelos económicos adaptados a la circularidad y la aplicación de soluciones digitales a pequeña escala para agricultores. Además, se identifica la necesidad de examinar las barreras sociales y políticas que dificultan la implementación de prácticas circulares, así como explorar el impacto a largo plazo de estas estrategias en la resiliencia del sector agropecuario.

Estos hallazgos subrayan la necesidad de un enfoque interdisciplinario y tecnológico para abordar los desafíos globales del sector agroalimentario, promoviendo sistemas resilientes y alineados con los principios de sostenibilidad.

5. REFERENCIAS

- Barros, M. V., Salvador, R., de Francisco, A. C. y Piekarski, C. M. (2020). Mapping of research lines on circular economy practices in agriculture: From waste to energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 131, 109958. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109958>
- Brewster, C., Roussaki, I., Kalatzis, N., Doolin, K. y Ellis, K. (2017). IoT in agriculture: Designing a Europe-wide large-scale pilot. *IEEE communications magazine*, 55 (9), 26-33. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600528>
- Corrado, S. y Sala, S. (2018). Food waste accounting along global and European food supply chains: State of the art and outlook. *Waste management*, 79, 120-131. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.032>
- Donner, M., Gohier, R. y de Vries, H. (2020). A new circular business model typology for creating value from agro-waste. *Science of the Total Environment*, 716, 137065. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137065>
- Kumar, S., Raut, R. D., Nayal, K., Kraus, S., Yadav, V. S. y Narkhede, B. E. (2021). To identify industry 4.0 and circular economy adoption barriers in the agriculture supply chain by using ISM-ANP. *Journal of Cleaner Production*, 293, 126023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126023>
- Van Eck, N. J. y Waltman, L., 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84 (2), 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>

¿UNA IMAGEN VALE MÁS QUE MIL PALABRAS? COMPARACIÓN ENTRE LA IA GENERATIVA DE TEXTOS Y LA IA GENERATIVA DE IMÁGENES

YOLANDA CABRERA GARCÍA-OCHOA

Universitat de València

ROSANNA MESTRE-PÉREZ

Universitat de València

VANESSA ROGER-MONZÓ

Universitat de València

1. INTRODUCCIÓN

En el panorama actual de la comunicación, la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) se presenta como un elemento disruptivo con el potencial de redefinir numerosos aspectos de la formación académica y el trabajo profesional. Específicamente en el campo de la Comunicación Audiovisual, la IAG de textos y la IAG de imágenes abren nuevas posibilidades para la creación de contenido, la personalización del aprendizaje y la eficiencia en la producción de contenidos.

Aunque el uso de ambas formas de IAG se ha generalizado en los dos últimos años, los avances en el modelo de lenguaje ChatGPT de la compañía OpenAI, la percepción sobre la versatilidad y la calidad de los resultados que esta herramienta proporciona, y el fácil acceso desde finales de 2022 ha favorecido que se haya convertido en la plataforma de internet que más rápido ha crecido en toda la historia.

Por su parte, las IAG de imágenes se generalizaron también durante 2022. Uno de sus máximos exponentes, Dall-E, es también de la compañía OpenAI y, si bien apareció en 2021, fue en abril de 2022 cuando empezó a tomar relevancia. Desde entonces, han surgido numerosas plataformas orientadas a crear imágenes detalladas y realistas mediante

algoritmos de IA. Su mejora gradual en la obtención de resultados supone una revolución en la conceptualización de ideas visuales y audiovisuales.

Es razonable pensar que el uso creciente de la IAG tendrá un impacto en el futuro laboral más inmediato de los estudiantes que actualmente se están formando en la comunicación audiovisual. Es por ello que la finalidad de esta investigación se centra en recoger la percepción de los estudiantes del Grado en Comunicación Audiovisual de la IAG de textos y la IAG de imágenes en su proceso de aprendizaje y en la producción de contenidos en un contexto profesional. Explorar sus apreciaciones permitirá establecer un marco inicial para construir el análisis científico de un fenómeno emergente de previsible impacto sobre las enseñanzas universitarias y la transformación de la práctica profesional a medio-largo plazo.

1.1. MARCO TEÓRICO

Como señalan Chan y Colloton (2024: 9) en relación a la Inteligencia Artificial Generativa, “[t]he term “generative” refers to the capability of AI to produce novel outputs rather than simply reproducing, categorising, processing, and analysing inputs. It can generate anything from text, images, audio, and videos, to natural-language text and even computer coding”. La IA generativa de texto y la IA generativa de imágenes ofrecen grandes posibilidades creativas para la comunicación y están teniendo ya un impacto directo en los procesos y en las dinámicas de trabajo (Davenport & Mittal, 2022).

El interés por el IA no solo está presente en el ámbito empresarial o académico, sino que forma parte de la agenda de la opinión pública, como reflejan diversos estudios (Roe y Perkins, 2023; Samuel, Diedricks y Derrick, 2021). En lo relativo al uso de la IA en la enseñanza universitaria, la prensa española reciente destaca tanto los beneficios como los “posibles riesgos y desafíos derivados de la integridad académica”, especialmente respecto a ChatGPT (Roger-Monzó, Cabrera García-Ochoa y Mestre-Pérez, 2023, p. 446).

La IAG puede comportar la mejora de los recursos, el abaratamiento de los costes y la reducción de los tiempos (Peña Fernández *et al.* 2023).

De la misma manera, es innegable que la democratización en el acceso a estos contenidos creativos creados artificialmente también dota a la audiencia de un mayor poder para influir en las decisiones que afectan al resultado final. Pero a nadie se le escapa que tales contenidos presentan desafíos importantes que deben abordarse para garantizar un uso responsable y ético (Gallent-Torres, Zapata-González y Ortego-Hernando, 2023). El libre acceso a la tecnología, en la medida que pone al alcance de cualquiera (sin requerir formación previa) la posibilidad de crear ilustraciones, imágenes y música, suscita un doble dilema. Por una parte, los profesionales del sector de la comunicación pueden ver devaluado y desplazado su trabajo; y, por otra, aunque el material generado no suponga un problema de autoría (cosa que también puede darse), la confianza en la veracidad de los contenidos audiovisuales se ve afectada al poder utilizar imágenes falsas pero muy realistas que pueden propiciar la desinformación y la manipulación de los públicos (Franganillo, 2023; Guerrero-Soler y Ballester, 2023; Gutiérrez y Castillejo, 2023). De igual manera, el hecho de trabajar con datos sin filtrar, reproduce e incluso acentúa sesgos sociales que incluyen desigualdades, culturales, sociales y de género en estos nuevos contenidos, pues se basan en un material creado por los humanos que los incluye, y que la IA no es capaz de evitar o corregir (Hao, 2021).

La bibliografía académica que aborda la utilidad de la IA en educación insiste en la necesidad de incorporar estas nuevas herramientas dentro de los planes de estudio. “Through comprehensive guidelines, consistent ethics training, and a culture that celebrates originality, institutions can foster an environment where students leverage AI responsibly, maintaining the sanctity of academic pursuits” (Chan, 2024: 11). Esto implica un gran reto, pues para poder aprovechar las ventajas que la IA pone a nuestro alcance, adaptando nuestros procesos de aprendizaje y enseñanza a esta nueva realidad, no solo hay que formar al alumnado, sino a toda la comunidad educativa. Es un trabajo arduo que conlleva el empoderamiento de docentes y estudiantes y, consecuentemente, una nueva forma de enseñanza y evaluación de resultados, promoviendo la equidad de aprendizajes a lo largo de la vida (Incio *et al.*, 2022).

Coello y Pérez apuntaban hace más de una década que buena parte del *software* educativo existente está orientado a hacer más cómodo el acceso a la información y más rápida su búsqueda, facilitar el proceso de cálculo o contribuir al desarrollo de habilidades y actividades evaluables de forma interactiva: “Todas estas tareas se pueden categorizar como procesadoras de información, pero no están orientadas a la búsqueda del conocimiento” (2013, p. 5). Esta distinción entre procesar información y adquirir conocimiento se hace aún más pertinente cuando se manejan herramientas de IAG, ya que desde el punto de vista educativo no pueden ser equiparables los sistemas que permiten procesar información a aquellos que promueven el uso productivo de la información y contribuyen a generar conocimiento en el estudiante. En este sentido, los usos de la IAG que aquí nos interesan son aquellos que constituyen una guía para el estudiante en una determinada asignatura (y para el futuro profesional en un determinado ámbito de la comunicación audiovisual), pues lo orientan en la toma de decisiones óptimas y constituyen una ayuda tanto a la hora de justificar sus respuestas como de explicar por qué (se) hace ciertas preguntas. Es decir, nos centramos en aquellos usos que favorecen la adquisición conocimiento entre los estudiantes.

La investigación que aquí se expone se centra en los estudiantes, por lo que se alinea con el enfoque predominante en la actualidad -alrededor del setenta por ciento, según la revisión de H. Crompton y D. Burke (2023)- en la investigación sobre IA y educación superior. Estamos convencidas de que la IAG es un recurso que ha llegado para quedarse y se va a convertir en una herramienta de trabajo habitual para los creadores de contenido audiovisual, esté dirigido al entretenimiento o a la información. Conviene, por tanto, superar la barrera tecnológica y fijar nuevos objetivos de investigación, centrándonos en qué nos permite hacer la IAG y en cómo lo hacemos, y cediendo protagonismo a los futuros usuarios de esta tecnología, que son a la vez sujetos individuales y colectivos profesionales (Brousard et al., 2019; Riedl, 2019; Deuze; Beckett, 2022).

2. OBJETIVOS

Este estudio se asienta en una experiencia piloto que explora cómo los alumnos participantes en el grado de Comunicación Audiovisual perciben la IAG en relación a su formación y a su futuro profesional mediante una comparación de sus expectativas entre la IAG de textos y la IAG de imágenes. Dicha experiencia ha tenido lugar entre los alumnos de los cursos 3º y 4º, concretamente en las asignaturas de Guion Cinematográfico y Comunicación Publicitaria, respectivamente.

En este sentido, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo perciben los estudiantes de Comunicación Audiovisual la aplicación de la IAG de textos y la IAG de imágenes en el proceso de aprendizaje y en la producción de contenidos en un contexto profesional? Es decir, se busca detectar si existe o no confianza en estas dos modalidades de IAG a partir de la experiencia que han tenido los estudiantes de las asignaturas de referencia usando estas herramientas de IAG.

3. METODOLOGÍA

Para responder a la pregunta de investigación, se diseñaron diversas actividades en las que los estudiantes de 3º y 4º curso del Grado en Comunicación Audiovisual de la Universitat de València debían desarrollar propuestas de contenido que destacaran los aspectos clave de una campaña de publicidad específica, demostrando su capacidad para integrar la IAG de textos y de imágenes en situaciones próximas a la realidad profesional.

En la asignatura de Guion Cinematográfico, los alumnos desarrollaron una campaña promocional para publicitar los cortometrajes elaborados por ellos mismos. La campaña incluía el diseño del cartel promocional y los diversos elementos que conformaban el *press book*, así como el diseño del *flyer*-invitación para el estreno del cortometraje o cualquier material publicitario que ayudara a aumentar su visionado.

En la asignatura de Comunicación Publicitaria, los alumnos elaboraron una campaña publicitaria 360º de una marca real previamente elegida.

Los elementos que integraban la campaña incluían cuatro piezas gráficas, una cuña de radio, un *spot* y una estrategia en redes sociales.

En ambas materias, los alumnos emplearon ChatGPT como herramienta de IAG de texto para elaborar los titulares o los *body copy* de los carteles, y los guiones de la cuña de radio y del *spot*. Asimismo, las herramientas de IAG de imágenes, tales como Dall-E o Lexica.art debían emplearse para generar carteles, contenidos visuales para redes sociales o las imágenes necesarias para completar el *spot*.

Previamente, los alumnos realizaron un taller de diferentes IAG de texto y de imágenes con el fin de conocer su funcionamiento y las premisas básicas para elaborar *prompts* (instrucciones) adecuados con los resultados que se buscaban.

Tras realizar ambas campañas, se distribuyeron dos cuestionarios a un total de 34 alumnos sobre la percepción de la IAG (18 para IAG de textos y 16 para IAG de imágenes).

Los cuestionarios incluyen preguntas sobre la disposición a trabajar con IAG, la percepción de su utilidad para aumentar la eficiencia y la productividad, mejorar el aprendizaje y la personalización educativa, y su potencial para generar contenido original y creativo.

Se utilizó el *software* estadístico JASP v.0.17.3 para comprender las relaciones entre las variables e identificar patrones significativos en las percepciones del alumnado participante.

En las Tabla 1 y 2 se reproducen los 8 ítems que conforman el cuestionario suministrado para IAG de textos y de imágenes, respectivamente.

TABLA 1. *Cuestionario IAG de texto*

| Pregunta | Enunciado |
|-----------------|--|
| P1 | Desde una perspectiva profesional, me gustaría trabajar en colaboración con una IAG de textos en los próximos 5 años |
| P2 | Desde una perspectiva profesional, tendré que trabajar en colaboración con una IAG de textos en los próximos 5 años |
| P3 | La IAG de textos aumentará la eficiencia y la productividad en mi sector actual durante los próximos 5 años |
| P4 | La IAG de textos mejorará el proceso de aprendizaje en la educación superior en los próximos 5 años |
| P5 | La IAG de textos mejorará la personalización del aprendizaje para cada alumno en los próximos 5 años |
| P6 | La IAG de textos será una herramienta valiosa para la retroalimentación y evaluación del rendimiento del alumnado en los próximos 5 años |
| P7 | La información facilitada parecía ORIGINAL |
| P8 | La información facilitada era CREATIVA |

Fuente: elaboración propia

TABLA 2. *Cuestionario IAG de imágenes*

| Pregunta | Enunciado |
|-----------------|--|
| P1 | Desde una perspectiva profesional, me gustaría trabajar en colaboración con una IAG de imágenes en los próximos 5 años |
| P2 | Desde una perspectiva profesional, tendré que trabajar en colaboración con una IAG de imágenes en los próximos 5 años |
| P3 | La IAG de imágenes aumentará la eficiencia y la productividad en mi sector actual durante los próximos 5 años |
| P4 | La IAG de imágenes mejorará el proceso de aprendizaje en la educación superior en los próximos 5 años |
| P5 | La IAG de imágenes mejorará la personalización del aprendizaje para cada alumno en los próximos 5 años |
| P6 | La IAG de imágenes será una herramienta valiosa para la retroalimentación y evaluación del rendimiento del alumnado en los próximos 5 años |
| P7 | La información facilitada parecía ORIGINAL |
| P8 | La información facilitada era CREATIVA |

Fuente: elaboración propia

4. RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

En la Tabla 3 se observan los parámetros estadísticos descriptivos que proporcionan una visión detallada de las expectativas y actitudes de los participantes con respecto a la IAG de textos y de imágenes. Se presentan las medias y desviaciones típicas para cada ítem en ambas categorías de IAG, junto con los valores mínimo y máximo observados. Los resultados permiten comprender la tendencia central de las respuestas, la variabilidad y el rango de opiniones entre participantes.

TABLA 3. *Estadísticos descriptivos*

| Preguntas | Tipo de IAG | Media | Desviación Típica | Mínimo | Máximo |
|-----------|-------------|-------|-------------------|--------|--------|
| P1 | Imagen | 5.389 | 2.789 | 1.000 | 10.000 |
| P1 | Texto | 6.000 | 2.898 | 1.000 | 10.000 |
| P2 | Imagen | 6.500 | 2.618 | 1.000 | 10.000 |
| P2 | Texto | 7.750 | 2.324 | 3.000 | 10.000 |
| P3 | Imagen | 6.722 | 2.347 | 1.000 | 10.000 |
| P3 | Texto | 6.813 | 2.073 | 2.000 | 10.000 |
| P4 | Imagen | 6.111 | 2.805 | 1.000 | 10.000 |
| P4 | Texto | 5.938 | 3.130 | 1.000 | 10.000 |
| P5 | Imagen | 5.944 | 2.413 | 1.000 | 10.000 |
| P5 | Texto | 6.313 | 1.702 | 3.000 | 9.000 |
| P6 | Imagen | 5.889 | 2.298 | 1.000 | 10.000 |
| P6 | Texto | 6.750 | 1.949 | 2.000 | 10.000 |
| P7 | Imagen | 5.333 | 3.881 | 0.000 | 10.000 |
| P7 | Texto | 6.063 | 2.351 | 0.000 | 10.000 |
| P8 | Imagen | 6.667 | 3.531 | 0.000 | 10.000 |
| P8 | Texto | 5.563 | 2.756 | 0.000 | 10.000 |

Fuente: elaboración propia

Los datos muestran una tendencia hacia una percepción ligeramente más positiva de la IAG de textos sobre la IAG de imágenes, con medias más altas en varias de las afirmaciones relacionadas con el texto. Este resultado podría reflejar una mayor confianza en las aplicaciones de texto debido a su mayor presencia y discusión en medios académicos y profesionales hasta la fecha. La IAG de texto, representada por la

herramienta ChatGPT, ha ganado atención por su capacidad para asistir en tareas de escritura, generación de contenido y como herramienta educativa, lo cual podría explicar esta preferencia.

La desviación típica, que muestra la variabilidad en las respuestas de los estudiantes, es comparable entre ambos tipos de IAG. Esto sugiere que, independientemente del tipo de tecnología, existe una amplia gama de opiniones y expectativas. Dicha variabilidad puede derivarse de experiencias diversas en la exposición a estas tecnologías y una comprensión desigual de sus aplicaciones y limitaciones potenciales

Por otra parte, el amplio rango de respuestas para ambas IAG indica que, si bien existe un grupo significativo de estudiantes muy optimista sobre el potencial y la utilidad de estas tecnologías, también se aprecia un porcentaje relevante de estudiantes que se muestra cauteloso o incluso escéptico. Este resultado podría deberse a la actual brecha existente entre realidad y optimización de resultados, derivada de dos factores:

- (1) las “alucinaciones de la IA” (Zhang *et al.*, 2023), es decir, contenidos erróneos o que no se alinean con el mundo establecido;
- (2) el comportamiento de la IAG como “loros estocásticos” (Bender *et al.*, 2021) que amplifican sesgos propiciados por datos de entrenamiento con tendencias hegemónicas y que, en muchas ocasiones, restan credibilidad y confianza a los resultados que proporcionan.

Otro de los factores podría ser el conocimiento deficiente, por parte de los estudiantes participantes, en lo relativo a la elaboración de *prompts* idóneos con las diferentes herramientas de IAG para lograr los resultados pretendidos.

4.2. ANÁLISIS DE CORRELACIONES

La comparación entre el uso de la IAG de textos y de imágenes en estudiantes de Comunicación Audiovisual revela patrones interesantes en términos de percepción, preferencia y expectativas de eficiencia y productividad. Los resultados se basan en las correlaciones significativas a nivel

estadístico ($p < 0.001$) entre diferentes afirmaciones relacionadas con el uso profesional, educativo y creativo de estas tecnologías (Tabla 4).

TABLA 4. Análisis de correlación de Pearson en IAG de textos

| Variable | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 |
|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|---------|-----------|----|
| P1 | — | | | | | | | |
| P2 | 0.673 ** | — | | | | | | |
| P3 | 0.843 *** | 0.751 *** | — | | | | | |
| P4 | 0.706 ** | 0.511 * | 0.666 ** | — | | | | |
| P5 | 0.608 * | 0.628 ** | 0.641 ** | 0.780 *** | — | | | |
| P6 | 0.661 ** | 0.765 *** | 0.714 ** | 0.751 *** | 0.889 *** | — | | |
| P7 | 0.616 * | 0.418 | 0.591 * | 0.707 ** | 0.528 * | 0.498 * | — | |
| P8 | 0.659 ** | 0.502 * | 0.720 ** | 0.715 ** | 0.514 * | 0.549 * | 0.899 *** | — |

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Fuente: elaboración propia

A continuación, se presenta un análisis detallado de los hallazgos más relevantes. Las correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0.001$) en el cuestionario sobre IAG de textos indican una fuerte asociación entre las percepciones de los estudiantes sobre la eficacia de esta tecnología en su sector y su deseo de trabajar con ella en el futuro.

La correlación entre la creencia de que la IAG de textos aumentará la eficiencia y la productividad en el sector actual de los estudiantes en los próximos 5 años (P3) y el deseo de trabajar con IAG de textos (P1) es muy fuerte (0.843), sugiriendo que las expectativas de mejoras en eficiencia están directamente relacionadas con el interés en su uso futuro.

Se observa una correlación significativa entre la percepción de que la IAG de textos mejorará el proceso de aprendizaje (P4) y la personalización del aprendizaje para cada alumno (P5), con un coeficiente de 0.780. Este dato sugiere la confianza en la personalización y mejora de la educación por parte de los encuestados con respecto al potencial de la IAG de textos.

Asimismo, la correlación entre la utilidad de la IAG de textos para la retroalimentación y evaluación del rendimiento del alumnado (P6) y la mejora de la personalización del aprendizaje (P5) es positiva y muy

elevada (0.889), destacando la importancia de la personalización en la percepción del valor de la IAG de textos en contextos de formación.

La originalidad (P7) y creatividad (P8) de la información generada por IAG de textos también recibieron val oraciones positivas por parte del alumnado participante en el estudio, como se infiere en la fuerte correlación entre estas dos variables (0.899). Este resultado refleja la percepción de que la IAG de textos puede producir contenido innovador y creativo.

TABLA 5. Análisis de correlación de Pearson en IAG de imágenes

| Variable | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 |
|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|---------|-----------|----|
| P1 | — | | | | | | | |
| P2 | 0.689 ** | — | | | | | | |
| P3 | 0.602 ** | 0.761 *** | — | | | | | |
| P4 | 0.490 * | 0.489 * | 0.630 ** | — | | | | |
| P5 | 0.161 | 0.359 | 0.454 | 0.757 *** | — | | | |
| P6 | 0.328 | 0.606 ** | 0.594 ** | 0.604 ** | 0.805 *** | — | | |
| P7 | 0.661 ** | 0.255 | 0.295 | 0.434 | 0.228 | 0.064 | — | |
| P8 | 0.480 * | 0.401 | 0.592 ** | 0.592 ** | 0.647 ** | 0.481 * | 0.713 *** | — |

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Fuente: elaboración propia

En comparación con los datos anteriores, los resultados del cuestionario sobre la IAG de imágenes presentan un escenario diferente. Aunque existen correlaciones significativas a un nivel de $p < 0.001$ que indican una percepción positiva sobre algunos aspectos, son generalmente más bajas que las observadas para la IAG de textos. Por ejemplo, la correlación entre la expectativa de aumentar la eficiencia y productividad (P3) y la necesidad futura de colaboración (P2) es de 0.761, similar a la IAG de textos, pero con una base de apoyo menos amplia en otros aspectos.

La correlación entre la mejora del aprendizaje (P4) y la personalización del aprendizaje (P5) es significativamente más baja (0.757), lo que podría sugerir que, aunque los estudiantes reconocen el potencial de la IAG de imágenes para contribuir a la educación, están menos convencidos de su capacidad para personalizar el aprendizaje en comparación con la IAG de textos.

Sin embargo, la correlación entre la creencia de que la IAG de imágenes mejorará la personalización del aprendizaje (P5) y su utilidad para la retroalimentación y evaluación del rendimiento (P6) también es significativa (0.805), apuntando una expectativa similar a la de la IAG de textos sobre su capacidad para personalizar y mejorar la educación.

La percepción de la originalidad (P7) de la información generada por la IAG de imágenes tiene una correlación moderada con la expectativa de colaboración futura (P2), pero no tan intensa como en el caso de la IAG de textos. Se muestra una evaluación más crítica por la capacidad de la IAG de imágenes para generar contenido original y creativo en comparación con la IAG de textos. En parte, este resultado podría quedar explicado por las llamadas “alucinaciones” (Zhang *et al.*, 2023) que la IAG presenta en su aplicación a imágenes. No en vano, resulta más fácilmente identificable en imágenes que en textos este tipo de sesgos subyacentes.

Por otra parte, la IAG de imágenes muestra una fuerte correlación entre la percepción de originalidad (P7) y creatividad (P8) de la información facilitada (0.713). Así pues, este dato refleja que la IAG de imágenes se valora por su capacidad para generar contenido único y creativo.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La comparación entre la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) de textos e imágenes, tal como se refleja en los estadísticos descriptivos y correlaciones significativas obtenidos de las percepciones de estudiantes de Comunicación Audiovisual, nos ofrece una visión exploratoria sobre cómo estos futuros profesionales valoran el potencial y los desafíos asociados a cada tipo de tecnología.

Los resultados de esta comparación revelan las expectativas actuales e implica consideraciones importantes para el desarrollo futuro de la IAG y su integración en la educación y en las prácticas profesionales. En este sentido, la integración de la IAG en la educación y el ámbito laboral debe centrarse en maximizar el potencial de estas herramientas, pero también en fomentar una comprensión profunda de sus implicaciones sociales y culturales.

Los resultados obtenidos sugieren diferencias significativas en la percepción de la IAG de textos e imágenes. Entre el alumnado participante de Comunicación Audiovisual existe una aceptación positiva y una sólida percepción sobre el potencial de la IAG de textos para contribuir de forma relevante al campo profesional y educativo.

Por otra parte, aunque las percepciones sobre la IAG de imágenes también son en general positivas, presentan una variabilidad mayor y correlaciones más bajas en algunos aspectos, como la mejora del aprendizaje y la personalización educativa. Se observan, por tanto, ciertas reservas sobre su aplicabilidad y eficiencia.

Estas diferencias de percepción entre ambos tipos de IAG pueden atribuirse a varios factores, como la mayor prevalencia de herramientas basadas en texto en entornos educativos y profesionales, así como a diferencias en la percepción de la facilidad de uso y la mayor aplicabilidad directa de la IAG de textos en comparación con la IAG de imágenes. También emergen explicaciones complementarias fundamentadas en las opciones efectivas de distinguir el error en imágenes, frente a textos.

La evidencia hallada explica que la IAG de textos se percibe como una herramienta versátil y directamente aplicable a las necesidades actuales y futuras de los alumnos. Por su parte, la IAG de imágenes es valorada por su potencial creativo, pero presenta un mayor nivel de escepticismo respecto a su utilidad práctica y su integración en los procesos de aprendizaje y profesionalización. En otras palabras, la IAG de textos se presenta como una herramienta valiosa y potencialmente transformadora para la educación y la práctica profesional, mientras que la IAG de imágenes todavía requiere demostrar su valor práctico en el ámbito de la Comunicación Audiovisual para alcanzar un nivel similar de aceptación entre el alumnado.

Así pues, la teoría de los “loros estocásticos” y las “alucinaciones de la IAG” podrían quedar ocultos en la densidad del texto, enmascarando la información proporcionada mediante una apariencia de erudición, mientras que la creación de adefesios gráficos resulta visualmente distinguible al común de los usuarios.

Este estudio presenta una aportación exploratoria novedosa para construir el análisis científico de un fenómeno emergente de previsible impacto sobre las enseñanzas universitarias y la transformación de la práctica profesional a medio-largo plazo. A medida que estas tecnologías evolucionen, también lo harán las percepciones de los estudiantes y de los profesionales en cada uno de los sectores implicados, marcando un camino hacia la integración reflexiva y crítica de la IAG en la comunicación y la educación audiovisuales.


Una limitación de este estudio subyace en el foco que representa su cuestión de investigación, limitada a la percepción primaria de la IAG, tanto en formato texto como en formato imagen. Futuros estudios deben profundizar en los motivos de mayor desconfianza en la IAG de imágenes y en el conjunto de elementos que impactan sobre la confianza. Adicionalmente, próximas investigaciones deben explorar las percepciones del alumnado en disciplinas heterogéneas y con muestras de mayor tamaño que permitan comprender diferencias de percepción en función del tipo de estudios, su tipología –grado, máster o doctorado– y otros atributos sociodemográficos relevantes.

7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Esta investigación ha sido apoyada por la Universitat de València en el marco del proyecto de innovación docente PíEE 2736018, Inteligencia Artificial en la Comunicación - IAcom.

8. REFERENCIAS

Bender, E. M., Gebu, T., McMillan-Major, A. y Shmitchell, S. (2021, March). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big?

 . En *Proceedings of the 2021 ACM conference on fairness, accountability, and transparency* (pp. 610-623).

Broussard, M., Diakopoulos, N., Guzman, A. L., Abebe, R., Dupagne, M. y Chuan, C. H. (2019). Artificial intelligence and journalism. *Journalism & mass communication quarterly*, 96(3), 673-695.

<http://doi.org/10.1177/1077699019859901>

- Chan, C. K. Y. (2024). Introduction to Artificial Intelligence in Higher Education. En C. K.Y. Chan y T. Colloton (eds.) *Generative AI in Higher Education: The ChatGPT Effect* London: Routledge. 1-23.
<http://dx.doi.org/10.4324/9781003459026-1>
- Chan, C. K. Y. (2024). Redesigning Assessment in the AI Era. En C. K.Y. Chan y T. Colloton (eds.) *Generative AI in Higher Education: The ChatGPT Effect* London: Routledge. 87-126.
<http://dx.doi.org/10.4324/9781003459026-4>
- Coello, L. y Pérez, L. (2013). Contribuciones de la Inteligencia Artificial a la Educación Superior. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9).
- Crompton, H. y Burke, D. (2023). Artificial intelligence in higher education: the state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* vol. 20, art. 22. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8>
- Davenport, T. H. y Mittal, N. (2022). How generative AI is changing creative work. *Harvard Business Review*, 14. <https://links.uv.es/o2gXx36>
- Deuze, M. y Beckett, C. (2022). Imagination, algorithms and news: Developing AI literacy for journalism. *Digital journalism*, 10(10), 1913-1918.
<https://doi.org/10.1080/21670811.2022.2119152>
- Franganillo, J. (2023). La inteligencia artificial generativa y su impacto en la creación de contenidos mediáticos. *methaodos.revista de ciencias sociales*, 11(2), 1-17. <http://dx.doi.org/10.17502/mrcs.v11i2.710>
- Gallent-Torres, C., Zapata-González, A. y Ortego-Hernando, J. L. (2023). El impacto de la inteligencia artificial generativa en educación superior: una mirada desde la ética y la integridad académica. *RELIEVE. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 29(2), 1-21.
<http://doi.org/10.30827/relieve.v29i2.29134>
- Guerrero-Soler, F. y Ballester, C. (2023). El impacto de la Inteligencia Artificial Generativa en la disciplina de la comunicación. *Hipertext.net*, (26), 1-3.
- Gutiérrez-Manjón, S. y Castillejo de Hoces, B. (2023). El futuro de la alfabetización visual: Evaluación de la detección de imágenes generadas por inteligencia artificial. *Hipertext.net*, (26), 37-46.
<https://doi.org/10.31009/hipertext.net.2023.i26.06>
- Hao, K. (2021). Internet está tan sesgado que, para la IA, las mujeres solo llevan bikini. *MIT Technology Review*. <https://is.gd/kSOd56>

- Incio Flores, F. A., Capuñay Sanchez, D. L., Estela Urbina, R. O., Valles Coral, M. Ángel, Vergara Medrano, S. E. y Elera Gonzales, D. G. (2021). Inteligencia artificial en educación: una revisión de la literatura en revistas científicas internacionales. *Apuntes Universitarios*, 12(1), 353–372. <https://doi.org/10.17162/au.v12i1.974>
- Peña-Fernández, S., Meso-Ayerdi, K., Larrondo-Ureta, A. y Díaz-Noci, J. (2023). Without journalists, there is no journalism: the social dimension of generative artificial intelligence in the media. *Profesional de la información*, 32(2), e320227. <https://doi.org/10.3145/epi.2023.mar.27>
- Riedl, Mark O. (2019). Human-centered artificial intelligence and machine learning. *Human behavior and emerging technologies*, (1)1, pp. 33-36. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1901.11184>
- Roe, J. y Perkins, M. (2023). ‘What they’re not telling you about ChatGPT’: exploring the discourse of AI in UK news media headlines. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10, 753 (2023). <https://doi.org/10.1057/s41599-023-02282-w>.
- Roger Monzó, V., Cabrera García-Ochoa, Y. y Mestre Pérez, R. (2023). Perspectivas emergentes de los medios españoles sobre la IA en la educación superior. En A. Martos Martínez et al. (comps.) *Innovación docente e investigación en educación: nuevas tendencias para el cambio en la enseñanza superior*. Madrid: Dykinson, 427-447.
- Samuel, G., Diedericks, H., y Derrick, G. (2021). Population health AI researchers’ perceptions of the public portrayal of AI: A pilot study. *Public Understanding of Science*, 30(2), 196-211.
- Zhang, Y., Li, Y., Cui, L., Cai, D., Liu, L., Fu, T.,... y Shi, S. (2023). Siren's song in the AI ocean: a survey on hallucination in large language models. *arXiv preprint arXiv:2309.01219*.

TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LAS FINANZAS EMPRESARIALES

DEBORA GONZALEZ CELDRAN
Escola Superior de Relacions Públics (U.B)

1. INTRODUCCIÓN

La era digital ha transformado radicalmente los modelos de negocio de todos los sectores de la economía, redefiniendo la manera en cómo operan, innovan o compiten las empresas. Así mismo, la transformación digital genera una mejora en la eficiencia y en el valor percibido por los clientes, de la misma manera que también surgen nuevos modelos de negocio, ampliando la red de los existentes, cubriendo nuevas necesidades que surgen.

El mercado se vuelve cada vez más complejo puesto que emergen nuevos canales para llegar a clientes y empresarios, asimismo, se ha de mencionar la rapidez en la que los canales evolucionan. La sociedad cada vez es más digital es por eso por lo que hay una necesidad en crear una diferenciación en los productos ya sea de manera que se crean nuevos o bien se personifican, haciendo que el producto o servicio sea único para el consumidor. Es por ello por lo que para que las empresas puedan ser competitivas es necesario que estas modifiquen sus métodos de trabajo, que les permitirá adaptar costes, mejorar sus productos y acortar los tiempos de entrega, por esa razón existe la necesidad de explorar nuevos canales de venta de manera que puedan fortalecer la presencia en el mercado.

Debido a esta nueva etapa, encontrarse en la era digital hace que en la actualidad las empresas se sitúen en un entorno de incertidumbre, donde la sociedad se halla frente a diversos retos que emergen del constante cambio en el entorno, siendo así que resulta indiscutible la necesidad de

abordar los factores clave que definen estos periodos críticos experimentados colectivamente. Para manejar con efectividad la incertidumbre que, aunque pueda parecer disruptiva y negativa dentro de las organizaciones y la sociedad en general, se convierte en una oportunidad para adaptarse y evolucionar. (Villalobos-Antúnez, J.V., 2022). Este entorno es conocido como VUCA, siendo el acrónimo de las siguientes palabras inglesas; Volatility, Uncertainty, Complexity y Ambiguity.

La primera de las palabras es volatibilidad, el cambio rápido, continuo y constante en el que avanzan los elementos que rodean la industria. En segundo lugar, la incertidumbre, siendo que no hay previsibilidad. En tercer lugar, la complejidad, la presencia de numerosos factores que combinados generan y desafían provocando confusión en la estructura organizativa. Y por último la ambigüedad, factor caracterizado por la falta de claridad y precisión en la información disponible, lo que lleva a una distorsión de la realidad.

Como se ha mencionado, el entorno es cambiante, y con las nuevas tecnologías es importante que las organizaciones hagan frente al nuevo entorno digital y VUCA, por ello, estas necesitan herramientas que les permitan adaptarse a los cambios, que puedan encontrar un hueco entre las necesidades y las ofertas del mercado.

En el actual contexto empresarial de rápido desarrollo tecnológico, las pequeñas y medianas empresas (PYMES en adelante) enfrentan el desafío de integrar la revolución digital en sus estrategias financieras. Adaptarse a este nuevo paradigma digital no sólo es obligatorio, es una necesidad universal que requiere reinventar los modelos de negocio para incorporar tecnologías avanzadas. Las PYMES que retrasan o ignoran este proceso de transformación digital corren el riesgo de verse obligadas a adaptarse posteriormente, lo que puede resultar en altos costes, esfuerzos significativos y la escalada de incertidumbre y riesgo asociados con la introducción de nuevas tecnologías. Esta situación amenazará directamente la viabilidad y el futuro de la empresa en un mercado cada vez más competitivo y digital.

2. OBJETIVOS

- La investigación tiene como objetivo mostrar cómo la transformación digital del área de finanzas puede conducir a aumentar la importancia estratégica de esta área dentro de la empresa, y aportar más valor al negocio.
- Igualmente, y ligado a lo anterior, describiremos cuáles son los retos a los que se enfrenta la dirección financiera de la empresa a la hora de emprender la transformación digital financiera. Para ello, profundizaremos en las tecnologías digitales que más impacto tendrán en las finanzas en los próximos años.

3. METODOLOGÍA

En este apartado se presentan los aspectos metodológicos de la investigación. El presente estudio se enmarca en un tipo de investigación de carácter descriptivo- comparativa y longitudinal, que tiene por objetivo identificar la transición desde la digitalización en las finanzas de las empresas hacia un nuevo escenario de transformación digital.

La base teórica de la investigación está basada en la obtención y análisis de datos provenientes de libros, artículos y textos de autores relevantes, revistas especializadas y otros tipos de documentos e informes.

4. DIGITALIZACIÓN VERSUS TRANSFORMACIÓN DIGITAL

En muchas ocasiones, en el mundo empresarial se usan los términos Digitalización y Transformación Digital como sinónimos, pero ciertamente no lo son.

La digitalización podría definirse como un proceso de cambio en el uso de herramientas y soportes de información tradicionales (manuales y/o analógicas) hacia herramientas puramente digitales, pero haciendo el mismo uso y sin cambiar el objetivo. Un ejemplo de digitalización sencillo sería pasar de enviar las facturas a los clientes en un sobre de papel por correo ordinario, para hacerlo mediante el envío de un archivo pdf por correo electrónico. Sólo cambian las herramientas de envío (correo

ordinario por correo electrónico) y el soporte de la información (papel por fichero digital pdf), pero el objetivo se mantiene (enviar las facturas a los clientes).

La digitalización no suele suponer ningún cambio importante en la estrategia ni en los objetivos de la compañía, puesto que se trata de seguir haciendo lo mismo, pero mediante herramientas digitales. Por ejemplo, si una tienda de ropa decide montar una tienda online para vender su ropa a través de internet, ha digitalizado su proceso de venta, pero no lo ha transformado.

La transformación digital es un proceso que consiste en llevar a cabo un cambio profundo de los procesos, competencias, modelos de negocio y aportación de valor a los clientes, tratando de obtener el máximo provecho de las oportunidades que brindan las tecnologías digitales. Obviamente, para plantearse una transformación digital dentro de una empresa, esta debe obligatoriamente haber pasado antes por un proceso de digitalización.

Este proceso de transformación digital implica generalmente el replanteamiento de los productos, los procesos, los productos y las estrategias en el seno de la organización, mediante el aprovechamiento de las tecnologías digitales.

En particular, la transformación digital busca proporcionar a las empresas las herramientas tecnológicas digitales que sean necesarias, para poder realizar una toma de decisiones lo más automática y objetiva posible, utilizando para ello los datos (información digitalizada) internos y generados por la propia compañía, y si es necesario, la eventual utilización de datos externos para el enriquecimiento de la información interna.

Aunque es posible realizar una transformación parcial, la transformación digital dentro de una organización debería implicar la realización de un análisis y una posterior reinención de todas las áreas o departamentos de esta.

Precisamente, este cambio en el enfoque del funcionamiento de cada área de la compañía afectará necesaria y directamente a las personas que forman parte de la misma. La tecnología será una especie de motor

del cambio que supone la transformación digital, pero al mismo tiempo, la compañía se ha de plantear políticas específicas para estimular el cambio y la adaptación de sus trabajadores a una nueva metodología de trabajo, que generalmente será más ágil y menos jerarquizada. En muchos casos, se deben plantear nuevas estructuras organizativas y de toma de decisiones.

La transformación digital sin duda ayudará a la empresa a detectar las demandas emergentes de los clientes y mantenerlas en el futuro. En definitiva, permitirá a la compañía seguir el ritmo del mercado, intentar predecir tendencias futuras y competir mejor en un entorno económico de cambio constante a medida que las tecnologías van evolucionando. De esta manera, la transformación digital se plantea como algo necesario para cualquier compañía que pretenda sobrevivir en el futuro.

4.1. TECNOLOGIAS CLAVE PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL CORPORATIVA

Sabemos que para acometer una transformación digital en el seno de una empresa es necesario establecer una estrategia, y precisamente para desarrollar dicha estrategia, se han de conocer cuáles son las tecnologías digitales actuales, para así poder dilucidar cuáles de ellas son las más adecuadas o las que poseen las características concretas, para ayudar a conseguir los objetivos marcados.

Las soluciones de Cloud Computing o computación en la nube, suponen una verdadera revolución para las empresas, ya que permiten acceder a las aplicaciones y a la información de la empresa desde cualquier lugar (las oficinas, un avión, desde casa) y usando prácticamente cualquier dispositivo.

Su escalabilidad, proporciona a las organizaciones la posibilidad de aumentar fácilmente su capacidad de almacenamiento de la información y su capacidad de proceso.

La robotización de tareas en las empresas se refiere al uso de robots y automatización para realizar actividades que antes eran realizadas por seres humanos. Esta tendencia ha sido impulsada por avances

tecnológicos como la inteligencia artificial, la robótica y el aprendizaje automático, que permiten a las empresas automatizar procesos repetitivos y monótonos, aumentando la eficiencia, reduciendo costos y mejorando la calidad del trabajo.

Algunas aplicaciones comunes de la robotización de tareas en las empresas incluyen la automatización de la producción:

- En la industria manufacturera, los robots son utilizados para ensamblar productos, mover materiales, realizar pruebas de calidad y otras tareas repetitivas en las líneas de producción. Esto permite a las empresas aumentar la velocidad de producción, reducir errores y mejorar la precisión.
- La logística y cadena de suministro: Los robots son utilizados en almacenes y centros de distribución para mover mercancías, realizar inventarios, gestionar pedidos y realizar tareas de embalaje y envío. La robotización de estas tareas ayuda a reducir los tiempos de entrega, optimizar la gestión de inventarios y mejorar la eficiencia operativa.

Si bien la robotización de tareas en las empresas ofrece numerosos beneficios en términos de eficiencia y productividad, también plantea desafíos relacionados con la reestructuración laboral, la formación de los empleados y la seguridad en el trabajo. Es importante que las empresas implementen políticas y estrategias adecuadas para garantizar una transición exitosa hacia un entorno laboral donde humanos y robots trabajen juntos de manera armoniosa.

La realidad virtual (RV) está cada vez más presente en las empresas como una herramienta innovadora para mejorar la eficiencia, la productividad y la experiencia del cliente. A continuación, se describen algunas formas en las que las empresas están utilizando la realidad virtual en sus operaciones:⁵

- Formación y capacitación del personal: Las empresas están utilizando la RV para ofrecer formación y capacitación a sus empleados de una manera interactiva y envolvente. Esta forma

de capacitación permite a los empleados practicar situaciones reales de trabajo en un entorno virtual, lo que mejora su capacidad de aprendizaje y retención.

- Diseño de productos y prototipos: En la industria manufacturera, la RV se utiliza para diseñar y visualizar productos en 3D, lo que permite a los diseñadores y desarrolladores crear prototipos virtuales antes de fabricar un producto físico. Esto ayuda a reducir los costos y el tiempo de desarrollo, así como a mejorar la calidad del producto final.
- Marketing y publicidad: Las empresas están utilizando la RV para crear experiencias inmersivas y envolventes para sus clientes, lo que les permite experimentar productos y servicios de una manera totalmente nueva. Esto ayuda a aumentar la notoriedad de la marca y a diferenciarla de la competencia.
- Atención al cliente: Algunas empresas utilizan la RV para mejorar la atención al cliente ofreciendo servicios de asistencia y soporte técnico de forma remota, a través de la realidad virtual. Esto permite a los clientes recibir ayuda en tiempo real y solucionar problemas de manera más eficiente.

En resumen, la realidad virtual se está convirtiendo en una poderosa herramienta para las empresas que buscan innovar en sus operaciones y ofrecer experiencias únicas a sus empleados y clientes. A medida que esta tecnología continúa evolucionando, es probable que veamos más aplicaciones interesantes de la RV en diferentes sectores empresariales.

La Big data es un término que se aplica para describir un gran volumen de datos, ya sean estructurados o no estructurados, cuyo valor potencial está fundamentado en que se utilizan en proyectos de aprendizaje automático y de análisis complejos. Las tres características que definen este tipo de datos son:

- Volumen (del orden de petabytes), variedad y velocidad (deben procesarse rápidamente porque son datos altamente cambiables).

Data science en cambio consiste en un estudio detallado del flujo de información a partir de cantidades ingentes de datos de la organización. El objetivo es extraer información de valor a partir de datos no estructurados, utilizando para ello técnicas analíticas (modelos matemáticos, estadísticos, ...), de programación y de negocios. El data science busca:

- reducir costes, penetrar en nuevos mercados, hacer campañas de marketing más efectivas, desarrollar productos o servicios que satisfagan las necesidades del cliente.

La principal diferencia entre ambos términos es que el análisis de Big data se encarga de obtener información de utilidad partiendo de conjuntos de datos enormes. La tecnología de Data science emplea algoritmos de aprendizaje automático y modelos estadísticos con el objetivo de entrenar al software de un ordenador y conseguir predicciones precisas.

4.2. TECNOLOGIAS CLAVE PARA LA TRANSFORMACION EN LA FUNCION FINANCIERA

La transformación digital en el área financiera de una empresa implica la implementación de tecnologías y herramientas digitales para mejorar la gestión, análisis y reporting de la información financiera. Algunas de las principales iniciativas incluidas en esta transformación son:

- Automatización de procesos financieros: En las empresas de servicios, los robots son utilizados para realizar tareas administrativas como la gestión de datos, la generación de informes, la atención al cliente y la programación de citas. Esto libera a los empleados de tareas tediosas y repetitivas, permitiéndoles enfocarse en tareas más estratégicas y de mayor valor añadido.
- Digitalización de la documentación: La digitalización de la información contable se refiere al proceso de convertir los registros contables en formatos digitales para facilitar su almacenamiento, manejo y análisis. Este proceso permite a las empresas automatizar tareas contables, reducir errores, mejorar la eficiencia y la precisión de la información financiera.

Algunas de las formas en las que la digitalización de la información contable puede beneficiar a las empresas incluyen:

- Almacenamiento seguro: Los registros contables digitales se pueden almacenar de forma segura en la nube o en servidores, lo que facilita su acceso y evita la pérdida de información debido a factores como incendios, inundaciones o extravíos.
- Automatización de procesos: La digitalización de la información permite automatizar tareas contables como la generación de informes financieros, la conciliación bancaria, la creación de facturas y la gestión de inventarios, lo que ayuda a ahorrar tiempo y reducir errores.
- Análisis de datos: Los datos contables digitales se pueden analizar de manera más eficiente para identificar tendencias, patrones y oportunidades de mejora en la gestión financiera de la empresa. Esto permite tomar decisiones más informadas y estratégicas.
- Integración con otras herramientas: Las herramientas de software contable y fiscal se pueden integrar con otros sistemas empresariales, como los de gestión de recursos humanos, producción y ventas, para tener una visión más completa de la salud financiera de la empresa.
- Implementación de herramientas de análisis e inteligencia empresarial: Las herramientas de análisis financiero e inteligencia empresarial permiten a los responsables financieros analizar grandes volúmenes de datos de forma rápida y eficiente, identificar tendencias, realizar pronósticos y tomar decisiones informadas.

En resumen, la transformación digital en el área financiera de una empresa implica la adopción de tecnologías y herramientas digitales que permitan mejorar la eficiencia, la precisión y la toma de decisiones en el ámbito financiero. Esto no solo beneficia al departamento financiero, sino que también impacta positivamente en el resto de la empresa al facilitar la planificación y el control de los recursos financieros.

5. OBSTACULOS EN LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LAS FINANZAS

La transformación digital en las finanzas empresariales puede enfrentar varios obstáculos que dificultan su implementación efectiva. Algunos de los principales obstáculos incluyen:

- Resistencia al cambio: Uno de los mayores obstáculos en la transformación digital en las finanzas empresariales es la resistencia al cambio por parte del personal. Muchos empleados pueden sentirse inseguros o temerosos de adoptar nuevas tecnologías y procesos, lo que dificulta la implementación y adopción de soluciones digitales.
- Falta de habilidades y capacitación: Para implementar con éxito la transformación digital en las finanzas, es fundamental contar con empleados capacitados en el uso de tecnologías digitales. La falta de habilidades y capacitación adecuada puede obstaculizar la adopción de nuevas herramientas y procesos digitales.
- Costos de implementación: La implementación de soluciones digitales en las finanzas empresariales puede conllevar costos significativos, como la adquisición de software especializado, la formación del personal y la actualización de infraestructuras tecnológicas. Estos costos pueden ser un obstáculo para muchas empresas, especialmente para aquellas con recursos limitados.
- Seguridad y privacidad de los datos: La seguridad y la privacidad de los datos financieros son aspectos críticos en la transformación digital en las finanzas empresariales. Las preocupaciones sobre la vulnerabilidad de los datos a ciberataques y brechas de seguridad pueden frenar la adopción de tecnologías digitales en el ámbito financiero.
- Integración de sistemas: La integración de sistemas existentes con nuevas soluciones digitales puede ser un desafío en la transformación digital en las finanzas empresariales. La falta de interoperabilidad entre diferentes sistemas puede complicar la implementación y afectar la eficiencia de los procesos financieros.

Para superar estos obstáculos, las empresas deben fomentar una cultura de cambio y adaptación, invertir en la capacitación y desarrollo de habilidades digitales de su personal, asegurar la protección de datos y la ciberseguridad, y planificar cuidadosamente la integración de nuevas tecnologías con sistemas existentes. La transformación digital en las finanzas empresariales puede ofrecer una serie de beneficios significativos, pero es importante abordar los obstáculos de manera proactiva para garantizar una implementación exitosa.

Tradicionalmente la persona responsable de finanzas de una empresa o CFO (Chief Financial Officer) ha estado relegada en la mayoría de las organizaciones a tareas de tipo operativo, regulatorias y de controles.

Sucesivamente y con el paso de los años, tuvo la obligación de centrarse en la eficiencia del nivel transaccional, en el aseguramiento del cumplir con los plazos, la confección de reportes, etc.

Con el paso de los años, le hicieron centrarse en la eficiencia en el nivel transaccional, en el cumplimiento de los plazos, en la emisión de reportes, etc.

Ahora, gracias a las ventajas de la transformación digital que está sucediendo en la era de la empresa, el CFO tiene una verdadera oportunidad de convertirse para la empresa en un asesor real y socio de negocios en las otras áreas de la organización. En definitiva, puede erigirse cada vez más ante la compañía como un/a director/a de valor (CVO, Chief Value Officer), dirigiendo fundamentalmente sus esfuerzos a la creación de valor para la empresa. Para conseguirlo, debe ser capaz de gestionar un cambio profundo en el modelo actual de la función financiera.

La dirección financiera desempeña un papel crucial en la digitalización empresarial, ya que es responsable de supervisar todas las operaciones financieras de la empresa y asegurarse de que se optimicen y se alineen con los objetivos estratégicos de la organización. Algunas de las formas en las que la dirección financiera puede contribuir a la digitalización empresarial incluyen:

- Identificar oportunidades de mejora en los procesos financieros a través de la implementación de tecnologías digitales, como software de gestión financiera, análisis de datos y automatización de tareas repetitivas.
- Colaborar con otros líderes empresariales para desarrollar una estrategia digital integral que permita a la empresa aprovechar las oportunidades y enfrentar los desafíos que surgen en el entorno empresarial digital.
- Evaluar el retorno de la inversión de las iniciativas de digitalización y asegurarse de que se cumplan los objetivos financieros establecidos.
- Garantizar que se apliquen controles internos efectivos en el entorno digital para mitigar los riesgos financieros y de ciberseguridad asociados con la transformación digital.
- Participar en la capacitación y el desarrollo del personal financiero para que adquieran las habilidades necesarias para trabajar de manera efectiva en un entorno empresarial digital.

En resumen, la dirección financiera desempeña un papel fundamental en la digitalización empresarial al liderar la transformación de los procesos financieros de la empresa para aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece la tecnología digital y garantizar el éxito a largo plazo de la organización.

Otra parte importante del papel que juega el/la CFO en la transformación digital de las empresas tiene que ver con sus aptitudes. Estas aptitudes y habilidades características de la función financiera, tales como la capacidad de anticipación y previsión, de evaluación de las inversiones, gestión del riesgo y administración de datos, hace que los/las CFO estén especialmente cualificados para encontrar nuevos y significativos desafíos en torno a ciberseguridad, agregación de datos y evaluación de las inversiones en tecnología.

6. PRINCIPALES TECNOLOGIAS PARA LAS FINANZAS

Los grandes hallazgos tecnológicos que tienen como finalidad mejorar la actividad económica han provocado grandes cambios en las empresas, interviniendo principalmente en la cadena de valor, de manera que se veía alterado tanto el sistema productivo como la relación con clientes. La digitalización afecta a todos los ámbitos de la empresa, desde el financiero, como el productivo hasta los recursos humanos. Algunas de las tecnologías que la empresa puede adaptar, de manera general son:

- Software de gestión financiera: como sistemas de contabilidad, control de costos, gestión de presupuestos, etc.
- Herramientas de análisis financiero: como software de business intelligence, dashboards financieros, herramientas de visualización de datos, etc.
- Sistemas de gestión de tesorería: para la administración eficiente de la liquidez y la gestión de riesgos financieros.
- Plataformas de comercio electrónico para facilitar las transacciones comerciales y el procesamiento de pagos online.
- Soluciones de gestión de riesgos como software de gestión de riesgos financieros, seguros, derivados financieros, etc.
- Software de planificación financiera para la elaboración de presupuestos, previsiones financieras, análisis de sensibilidad, etc.
- Plataformas de crowdfunding: para la obtención de financiamiento mediante la colaboración de inversores individuales.
- Plataformas de gestión de inversiones: para la gestión de carteras de inversión, análisis de rendimientos, etc.
- Soluciones de gestión de recursos humanos: para la gestión de nóminas, beneficios, incentivos, etc.
- Herramientas de gestión de proyectos: para la planificación y control de proyectos financieros.

4. RESULTADOS

La tecnología ayuda a las organizaciones a aumentar la eficiencia, reducir errores y liberar a los empleados para que puedan enfocarse en tareas más estratégicas y de mayor valor. También es una solución flexible y escalable que puede adaptarse fácilmente a diferentes procesos y sistemas.

Las mejoras que proporciona la implantación de este tipo de tecnología son múltiples y muy diversas. Se pueden destacar las siguientes:

1. Reducción de errores: se elimina casi por completo la existencia de errores. Únicamente cabe fuente de error en alguna solicitud de chequeo o conciliación que requiera la RPA al usuario
2. Mayor velocidad y eficiencia: los robots pueden trabajar 24 horas al día los 7 días de la semana, realizando todo tipo de tareas tediosas, y además no se cansan.
3. Escalabilidad y flexibilidad: el software de las plataformas RPA es fácilmente actualizable para poder incorporar nuevas funciones y/o tareas al proceso automatizado. Esto les hace especialmente flexibles y adaptables para dar respuestas personalizadas ante necesidades específicas
4. Mejora calidad del servicio: la optimización y estandarización de los procesos que proporcionan los robots, junto con las dos ventajas anteriores (reducción errores y reducción tiempos entrega), permite a la empresa ofrecer un servicio o producto de mayor calidad.
5. Mayor rentabilidad: el significativo ahorro de costes que supone la aplicación de robots implica una innegable mejora de la rentabilidad del negocio.
6. Aumento del ROI: las inversiones en una plataforma RPA no suelen ser especialmente costosas, y los beneficios económicos de su implantación son elevados.
7. Abre paso a la internalización (insourcing): esto proporciona a la compañía un mayor control sobre la entrega de los servicios, lo que puede suponer una mejora de estos y una ventaja competitiva respecto a otras empresas.

8. Mejoras para los empleados: la liberación de tareas repetitivas y automáticas ayuda a la recuperación del talento humano, permitiéndoles desarrollar nuevas competencias que se repercutirán directamente sobre el negocio.

5. DISCUSIÓN

La transformación digital en las finanzas es un proceso que implica la aplicación de tecnologías digitales para mejorar la eficiencia, agilidad y experiencia en la empresa. Este proceso incluye la implementación de soluciones como la inteligencia artificial, la automatización de procesos, la analítica de datos, la computación en la nube y la biometría entre otras.

No se puede discutir la idea de que la transformación digital en las finanzas es un proceso fundamental para que las empresas puedan mantenerse competitivas y satisfacer las demandas de los consumidores en la era digital. Aquellas empresas que no adopten estas tecnologías corren el riesgo de quedarse rezagadas frente a la competencia y perder oportunidades de crecimiento y expansión en el mercado.

6. CONCLUSIONES

La cuarta revolución industrial está vinculada a la aparición de las siguientes tecnologías: Internet de las cosas (IoT), Big Data, Inteligencia Artificial (IA), Computación en la nube y perimetral, Gemelos digitales, Robótica avanzada, Ciberseguridad, Automatización e Impresión 3D.

La incorporación de las nuevas tecnologías actuales a las finanzas de las empresas debe hacerse mediante una estrategia de transformación digital y no a través de una simple digitalización. De esta manera se obtendrán innumerables mejoras en las organizaciones y en sus modelos de negocio.

El papel de la dirección financiera es fundamental en esta transformación. Debe ser capaz de identificar cuáles son los obstáculos que existen en su organización para acometer la transformación digital de sus funciones y establecer una estrategia (coordinada con el resto de la empresa) para una correcta elección de tecnologías y soluciones digitales.

La transformación digital de las funciones financieras, a través de la automatización de los procesos transaccionales repetitivos, permitirá a la dirección financiera y a su equipo tener más tiempo para dedicarse a tareas de creación de valor para la empresa.

La tecnología más idónea para la automatización de tareas es la que proporcionan las plataformas RPA. Además de reducir sustancialmente el tiempo de ejecución, aumentan mucho la eficiencia porque reducen prácticamente a cero la posibilidad de errores.

Por último, aunque todavía en la actualidad cuentan con un grado de desarrollo e implantación mucho menor que otras tecnologías, las herramientas que incorporan inteligencia Artificial están demostrando que, gracias a su capacidad de aprendizaje, pueden ser muy útiles sobre todo en el terreno de las predicciones.

7. REFERENCIAS

- Aza, C., & Escribano, Á. (2019). Efectos de la digitalización y la productividad en la economía española: Una comparación Internacional.
- Bernal Hernández, L. (2021). La transición digital en España.
- Chandra, K., Plaschke, F., & Seth, I. (2018). Memo to the CFO: Get in front of digital finance—or get left back. McKinsey & Company.
- Chen, L., & Chen, Y. (2017). Digitalization in the financial industry: Creating value through finance 4.0. *Journal of Financial Innovation*, 3(1), 105-124.
- Deloitte (2024) El mundo de las finanzas en el 2025.
<https://www2.deloitte.com/es/es/pages/about-deloitte/articles/crunch-time-predicciones-finanzas.html> (consultado: Febrero, 2024)
- Escobar Viegas, M. F. (2020). Rediseño del modelo de negocios de una consultora RPA para la incorporación de servicios de automatización inteligente.
- Ferguson, N. (2018). The implications and impact of digitalization on financial services. *Journal of Financial Transformation*, 47, 7-15.
- Hurtado, J. S. (2021 8). ¿Cuáles son los modelos de negocios digitales más utilizados? IEBS Digital Schoo.
<https://www.iebschool.com/blog/inteligencia-artificial-generativa-tecnologia/> (consultado: enero 2024)

- Martínez Polo, Armando (2023) Seis predicciones sobre la IA para 2024
<https://ideas.pwc.es/archivos/20231219/seis-predicciones-sobre-la-ia-para-2024/> (consultado: Marzo 2024)
- Pérez, C. M., Candía, J. G., Espinosa, R. M., & Briones, M. A. (2021). Gestión de personas y las barreras para innovar en la transformación digital. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 26(94), 510-532.
- Torres Rivera, A. D., & Díaz-Torres, L. A. (2020). Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en los Modelos de Negocios Digitales. *Recherches en Sciences de Gestion*, (6), 67-88.
- Vallejo-Trujillo, S. Finanzas empresariales y reactivación económica post COVID-19. *Compiladores: Santiago Restrepo Restrepo María Margarita Alonso Stella Vallejo-Trujillo.*
- Villalobos-Antúnez, J. V. (2022). Los contextos de la incertidumbre: ¿entornos VUCA o entornos BANI? Hacia una episteme de las ciencias sociales. *Opción, Revista de Ciencias Humanas y Sociales. Fec-Luz Año 38, Especial N° 29*, 11.

ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ECOSISTEMA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL MERCADO LABORAL CREATIVO DE MÉXICO: ESTUDIO DESCRIPTIVO

PATRICIA CARMINA INZUNZA-MEJÍA
Universidad Autónoma de Sinaloa

DULCE LIVIER CASTRO-CUADRAS
CBTIS No. 45

ORACIO VALENZUELA-VALENZUELA
Universidad Autónoma de Sinaloa

1. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) ha generado gran controversia en la vida económica y social de las personas y las organizaciones, ocupando el centro de atención de discusiones y reflexiones actuales; ya que es un hito en el desarrollo de procesos que antes requerían de la intervención humana y actualmente son ejecutados por la IA, gracias a las técnicas de aprendizaje automático (*machine learning*).

Se parte de la idea de reconocer que las tecnologías innovadoras digitales emergentes (TIDE) inciden en la economía digital o economía del internet; dado que por sus características en las técnicas de aprendizaje automático que aplican, cambian las actividades del trabajo al incorporar aplicaciones de inteligencia artificial que en la actualidad existen y revolucionan el mundo del trabajo, incidiendo en los procesos de producción, de servicios y atención al cliente para la satisfacción de necesidades.

1.1. DIVISIÓN DE LA ECONOMÍA DESDE LA PERSPECTIVA TIDE

Desde una perspectiva de tecnologías innovadora digitales emergentes, se observa la división de la economía en varios sectores. De acuerdo

con Aguirre (2024) las TIDE dividen a la economía en sectores: 1. Empresas que ofrecen bienes y servicios digitales, 2. Empresas de bienes y servicios digitales mixtos, 3. Empresas que incorporan las TIDE, y 4. Empresas de bienes y servicios de TIDE intensivas.

En este sentido, las empresas se fortalecen por la incorporación de las TIDE, potenciando las capacidades y habilidades de sus trabajadores, así como del contexto donde operan estas empresas y realizan negocios. No obstante, la CEPAL (2021) destaca que aunque las TIDE pueden utilizarse en todas las etapas de la operación laboral de los diferentes sectores, su potencial no es común en todas las actividades económicas; dado que su utilización depende de cada sector y de la competencia laboral que se desarrolla, lo que determinaría su intensidad, adopción y articulación con otras actividades.

Por esta última razón, es importante señalar que las TIDE se representan en aplicaciones de aprendizaje automatizado, destacando en este sentido el manejo de redes neuronales artificiales a las que Chollet (2018) hacía referencia al aplicar técnicas de aprendizaje automatizado de las máquinas a partir una gran cantidad de datos e instrucciones específicas con los que se alimenta un sistema automatizado para lograr un resultado.

El aprendizaje automatizado es desarrollado por medio de la inteligencia artificial como una herramienta que posibilita que las máquinas aprendan experiencias repetitivas, adaptarse a contextos y adoptar conductas similares a las del humano, a través de la capacidad de procesamiento ilimitada y el crecimiento de macrodatos para alimentar los sistemas.

En este sentido, Benhamou (2022, p. 6), registra que la IA no solo “es una oportunidad económica (en la productividad, optimización de procesos productivos, creación de nuevos mercados y difusión de innovación); sino también es una oportunidad social” que permite la co-creación de nuevas tareas de trabajo, eliminación de tareas repetitivas y rutinarias.

En este sentido y de manera empírica, la Organización Internacional del Trabajo a través del blog “Factor Trabajo” publicado por Hernández (22 de septiembre de 2022) sugiere la existencia de diversas aplicaciones de inteligencia artificial que actualmente se basan en distintas tecnologías de aprendizaje de las máquinas dentro de la economía digital:

a) El aprendizaje automático a gran escala (*large-scale machine learning*), b) El aprendizaje profundo (*Deep Learning*), c) El procesamiento natural del lenguaje (*natural language processing*), d) Sistemas colaborativos (*collaborative systems*), e) Visión de computadora (*computer vision*), f) Teoría algorítmica de juegos (*algorithmic game theory*), g) Elección social computacional (*computational social choice*), y h) La automatización de procesos robóticos (*soft robotics*).

Estas aplicaciones de IA en el trabajo, son las que actualmente caracterizan gran parte de la economía; de ahí que, recupera sentido el estudio que plantea identificar las características del ecosistema en el que se desarrolla la inteligencia artificial para reconocer los aspectos generales que crean transformación en el trabajo y el empleo creativo en México, además de dar respuesta a las preguntas de investigación ¿La IA es un modelo que genera valor al mercado laboral creativo? ¿la IA potencia el trabajo y el empleo creativo en México?

1.2. CAMBIO DE LA ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El cambio tecnológico ha modificado las estructuras sociales y económicas que tradicionalmente conocíamos, lo que representa el proceso de cambio más rápido que ha vivido la humanidad.

En la última década, no solo se ha visto el crecimiento exponencial de internet y el comercio electrónico, sino también la aplicación expansiva de la tecnología innovadora digital emergente que es liderada por la inteligencia artificial, las redes sociales, los teléfonos inteligentes y las tabletas; y en consecuencia la aparición de millones de aplicaciones y servicios digitales, que han cambiado no solo la forma en que se relacionan y comunican los seres humanos; si no también, la forma en que compran, venden, estudian y trabajan.

El cambio tecnológico, ha generado una serie de cambios escalados en el mercado laboral, lo que visibiliza el pasado imaginario que suponía “que un día no muy lejano, un documento como este, fuese redactado por una máquina o un robot”. Ese día no muy lejano ha llegado, y hoy podemos ver que documentos como este, pueden ser elaborados por una

inteligencia artificial que obedece ordenes a través de *prompts* o indicaciones con una estructura específica.

Atendiendo lo señalado por Exposito (2017), era claro que no se hacía referencia a hechos de ciencia ficción, dado que prestigiosos medios de comunicación como los diarios *The Washington Post* o *The New York Times* y la agencia *Associated Press* en la primera década del siglo XXI, ya utilizaban robots para elaborar informaciones relacionadas con datos estadísticos creados a partir de procesos matemáticos.

1.2.1. Gestión de los recursos humanos con inteligencia artificial

Las nuevas herramientas digitales que aporta la tecnología hacen que el cambio sea continuo y constante; por lo que, los perfiles profesionales deben ir adaptándose a las exigencias de un mercado laboral creativo en evolución. Tabares (2016), coincide con la idea del “pro-común digital”, dado que es otra perspectiva del paradigma laboral capitalista que ha permitido el desarrollo de diversas estrategias inteligentes que promueven iniciativas sociales de interés común en la web y el uso de la IA, como son cada vez más comunidades y redes de profesionales organizados en el mundo.

Para Katz (2015), los estudios sobre ecosistemas digitales dinámicos tanto en las empresas, como en el mercado laboral, muestran que para que la inversión en tecnología digital sea efectiva, debe estar acompañada por la formación en competencia a los trabajadores y empleadores, además de mayores inversiones paralelas destinadas a integrar las TIDE en los modelos y procesos de negocios.

De ahí que, Cave y Flores Roux (2017:57) hace notar que el cambio tecnológico que evoluciona la economía digital, ha tenido un impacto sobre la producción y el trabajo al crear nuevas categorías de bienes y servicios. También se ha incrementado de forma dramática la comunicación entre las personas que va desde una simple llamada de voz hasta una video-llamada, mensajes de texto e incluso ahora el desarrollo de grandes redes sociales y profesionales.

Asimismo, la gestión del recurso humano se enfoca desde el hecho de entregar datos personales y hacer pagos a través de internet, lo que

implica asumir con valor la responsabilidad. Cave y Flores Roux (2017:59), revelan que es importante que el sector público regule estas actividades para dar seguridad digital y cibernética, lo que permitirá que un país y su gobierno, estén a la vanguardia en temas de seguridad cibernética ya que tanto los trabajadores como los consumidores deben sentirse protegidos en su identidad física como emocional.

En el marco de estas reflexiones, para el desarrollo de los ecosistemas del mercado laboral creativo y el empleo, es conveniente capacitar a los trabajadores en el uso de las TIDE, dado que ofrecen oportunidades; de ahí que, de acuerdo con López y Salandrigas (2016), se crearía un escenario en el que las tecnologías de la información se utilizaran con fines laborales; es decir, como un medio y no como una finalidad en sí misma y con el objetivo de potenciar el desarrollo laboral de las regiones de un país, lo que en palabras de Islas Torres y Delgadillo Franco (2016, p.116), “podrían pueden fortalecer los aspectos laborales y potenciar la socialización en grupos históricamente excluidos a partir del conocimiento, aprendizaje y empoderamiento de estas tecnologías digitales.

Para contar con trabajadores instruidos, se requiere que los estudiantes incluyan las TIC en sus prácticas educativas para que, a través de ellas, incrementen exponencialmente sus capacidades de creación y producción de contenidos e información. En este sentido, Islas y Delgadillo (2016:118) dice que el conectivismo surge como un marco alternativo a las teorías del aprendizaje y que revelan nuevas oportunidades a los empleados y a los empleadores. Por su parte, Tello (2007) menciona que es deseable alcanzar una sociedad del conocimiento donde la inclusión de los individuos en el mercado laboral por la generación de conocimiento sea total, que las sociedades del conocimiento sean fuentes de desarrollo para los trabajadores.

Resulta evidente que estas aseveraciones conllevan a analizar el papel de la brecha digital y la brecha cognitiva en el mercado laboral como causales de la exclusión laboral de las empresas e individuos en el uso de las tecnologías de la información y comunicación en México, abriéndose con esta reflexión una posible línea de investigación. Tello (2007), lo refiere al argumentar que la brecha digital es probablemente uno de

los primeros conceptos con que se inicia la reflexión alrededor del tema del impacto económico y social de las TIC.

También Ali & Kallach (2024) y Cave y Flores (2017) destacan que las TIC están cambiando cómo las personas, los hogares, las empresas y los gobiernos se comunican, producen, consumen, trabajan, transfieren información, interactúan entre sí y llevan a cabo transacciones. Con las aplicaciones y beneficios colaterales de las TIC en la economía digital y el mercado laboral, esta explosión y revolución digital continúa en la innovación de manera ilimitada para el empleo.

Nawaz, *et al.* (2024), Ali & Kallach (2024), Stone, Lukaszewski & Johnson (2024) destacan que la precisión de la automatización de la experiencia de gestión de recurso humano a través de la IA en tiempo real, permite ahorro de tiempo y reducción de costos, además de agilizar y mejorar el proceso de gestión de recursos humanos, elevando la eficiencia general del trabajo efectuado y la rentabilidad de una empresa.

1.2.2.1. Supuesto Hipotético

Considerando que la automatización de tareas, todavía depende de las habilidades del ser humano, se parte del supuesto que los avances tecnológicos han situado al hombre en un escenario azaroso, dado que actividades que solo podían ejecutar los humanos, ahora ya pueden ser realizadas por las máquinas, por lo que se observa que la IA tiene potencial para facilitar la automatización de tareas complejas, lo que supone, competirá aún más con las capacidades creativas y cognitivas humanas para el desarrollo de actividades laborales.

2. OBJETIVOS

- Para la OCDE (2016:4-5), “la economía digital exhibe el modo en que los países y las economías asociadas aprovechan las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones e Internet para cumplir los objetivos de sus políticas públicas”; a través de datos comparativos, aporta información a los responsables de la formulación de políticas acerca de las prácticas reguladoras y las opciones de política a fin de maximizar el

potencial de la economía digital como motor de la innovación y del crecimiento inclusivo.

- A partir de este encuadre, la CEPAL (2013:9), considera que “la economía digital está organizada por la infraestructura de telecomunicaciones, las industrias TIC (software, hardware y servicios TIC) y la red de actividades económicas y sociales facilitadas por Internet, la computación en la nube y las redes móviles, las sociales y de sensores remotos”. Como se describe, la economía digital es un facilitador con un ecosistema que se soporta tanto en plataformas tecnológicas como en plataformas institucionales.

2.1. EJEMPLO DE LISTADO DE FRASES O PÁRRAFOS

- En este contexto, reconociendo que la economía digital es una fuerza crucial para impulsar el cambio estructural, avanzar en la reducción de la desigualdad y fortalecer la inclusión social que tanto necesita México, se pretende identificar las oportunidades que incentiven la innovación y el crecimiento inclusivo en el mercado laboral creativo, aun y cuando también propone algunos retos.
- Por esta razón, el objetivo del presente estudio, es analizar los alcances y limitaciones del ecosistema en el que se desarrolla la inteligencia artificial para reconocer los aspectos generales que crean transformación en el trabajo y el empleo creativo en México.

2.2. CONVERGENCIA DEL MODELO DIGITAL

En las últimas tres décadas, la convergencia tecnológica ha mostrado un crecimiento exponencial y sostenido de internet que se ha visto acompañado del desarrollo de tecnologías innovadoras emergentes con un enfoque digital que ha cambiado procesos y actividades en la organización, disruptiendo en la vida, cotidianeidad, actividades laborales y productivas de las personas bajo un modelo digital convergente, en el que clientes, proveedores, empresarios y trabajadores son usuarios activos de las tecnologías digitales emergentes como son la inteligencia

artificial, las plataformas tecnológicas, la realidad virtual, entre otras, que configuran un ecosistema específico.

En este sentido, considerando que un ecosistema se compone de un ambiente propio en el que participan organismos vivos y no vivos que interactúan entre sí, es un hecho observable que el desarrollo y despliegue de la economía digital, se origina en un ecosistema caracterizado por la creciente y acelerada convergencia de diversas tecnologías digitales emergentes, que se concreta en redes de comunicación (redes y servicios, redes fijas-móviles), equipos de hardware (móviles multimedia 3G y 4G), servicios de procesamiento (inteligencia artificial, computación en la nube) y tecnologías web (Web 4.0), lo que propone un modelo de convergencia digital donde el consumidor final en calidad de usuario es un participante activo en el desarrollo de los productos y medios de comunicación a partir de la información que produce voluntaria o involuntariamente, ya sea en redes digitales o mediante el uso de la IA.

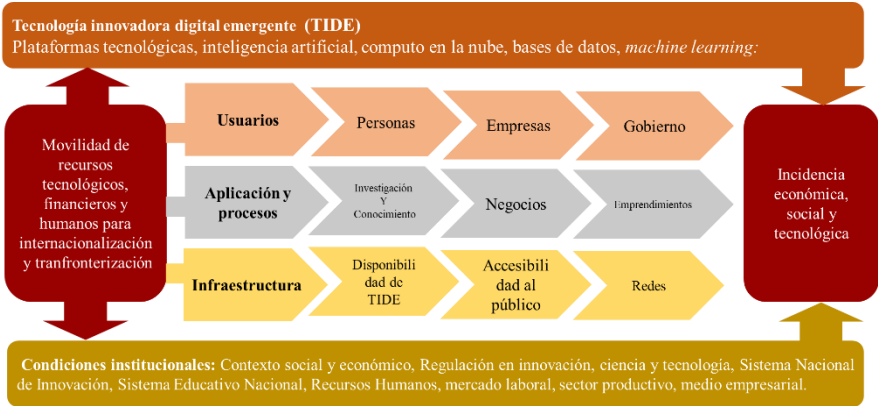
Desde hace años, Sabbagh *et. al.* (2012) plantearon que el ecosistema de la economía digital tiene tres componentes principales que según su grado de desarrollo y de complementación, determinan su nivel de madurez en cada país. Estos componentes son la 1. Los usuarios finales, 2. La industria de aplicaciones TIC y 3. Infraestructura de redes de banda ancha.

Asimismo, Katz (2015, p. 5) y Krull (2016) definen al ecosistema digital define como el medio que “involucra tres dimensiones: nuevos modos de producción de información y contenidos, diferentes comportamientos sociales relativos al uso y consumo de bienes, y un impacto económico y social más importante que el de tecnologías”, lo que coincide al referir que se compone de un conjunto de elementos de infraestructura tecnológica disponible para su acceso que se asocia a la provisión, generación y retroalimentación de contenidos y servicios digitales mediante la internacionalización y transfronterización de las personas, las empresas y el gobierno.

Por esta razón, de acuerdo con la figura 1, se considera que el ecosistema digital promueve un nuevo contexto industrial, diversifica aplicaciones y procesos con impacto económico y social resultante de la adopción masiva de tecnologías innovadora digital emergente (TIDE) entre los que

destacan las plataformas digitales, la inteligencia artificial, el comercio electrónico, los dispositivos de acceso y las aplicaciones digitales.

FIGURA 1.



Fuente: Elaboración propia, adaptado del estudio de Katz (2015) y Krull (2016)

Como se puede observar, la dinámica del ecosistema digital implica un nuevo modelo que permite la movilidad de recursos tecnológicos, financieros y humanos, así como la internacionalización de usuarios de la tecnología, aplicaciones y procesos, e infraestructura tecnológica, mediante TIDE y condiciones institucionales que cada país genera en función de su contexto social y económica, en apego a su regulación en innovación, ciencia y tecnología, lo que en Jasińska, Lewicz & Rostalski (2023) permitiría garantizar un sistema educativo fortalecido a nivel nacional para la formación y habilitación de competencias digitales de las personas que en algún momento se desarrollaran en el mercado laboral, el sector productivo o en el medio empresarial.

En este marco surgen tres dimensiones relevantes para comprender los impactos en la economía y la sociedad: por una parte, surgen nuevos modos de producción de información y contenidos que generan nuevos comportamientos sociales relativos a la disposición y acceso a las TIDE, lo que en consecuencia demanda el desarrollo de competencias digitales para el uso y consumo de bienes; impactando en la economía y la sociedad.

3. METODOLOGÍA

Para desarrollar el análisis del contexto descrito anteriormente, se acudió al uso de la metodología cualitativa, razón por la que se da mayor énfasis a este enfoque, dado que esta alternativa permite desarrollar definición de conceptos y análisis teóricas de manera inductiva, partiendo de información empírica para verificar el supuesto que se plantea y así dar respuesta las preguntas de investigación.

Es importante destacar que en esta investigación, al utilizar una metodología mixta, con mayor énfasis en el enfoque cualitativo, es de tipo exploratoria y descriptiva mediante el método de análisis sistemático se documentó el impacto alcanzando de la IA y el cambio tecnológico en el mercado laboral; así como el método de estudio de caso simple propuesto por May (2004), el cual permitió tener un conocimiento a mayor profundidad de la perspectiva creativa.

Además de comprender el desarrollo de las estrategias de conectividad y uso de la IA, se hizo la construcción teórica, partiendo de la relación de la economía digital con la economía tradicional, en el que se destaca que la conectividad es el valor que hace la diferencia entre la economía tradicional y la economía digital, López y Saladrigas (2016).

Esto explica que la conexión a internet, es el valor que permite el uso de la IA, es decir es la consecuencia de la interlocución a través del internet entre la economía, la organización y los usuarios, corroborando los argumentos de Tabares (2016), al constatar que las organizaciones, las personas y el gobierno han presenciado la creación y desarrollo de las TIDE promovidas por grandes corporaciones que han colonizado el entorno digital.

Bajo esta estrategia metodológica, se pudo analizar el escenario económico digital y los usuarios como trabajadores, desde una perspectiva más amplia, lo que implicó primero reconocer que sin conectividad simplemente no existe la economía digital, confirmando nuevamente que la economía en la actualidad, no solo es más dinámica; sino que además, gracias al cambio tecnológico que se vive con la IA, propicia un mayor trabajo creativo que reestructura permanentemente la vida laboral.

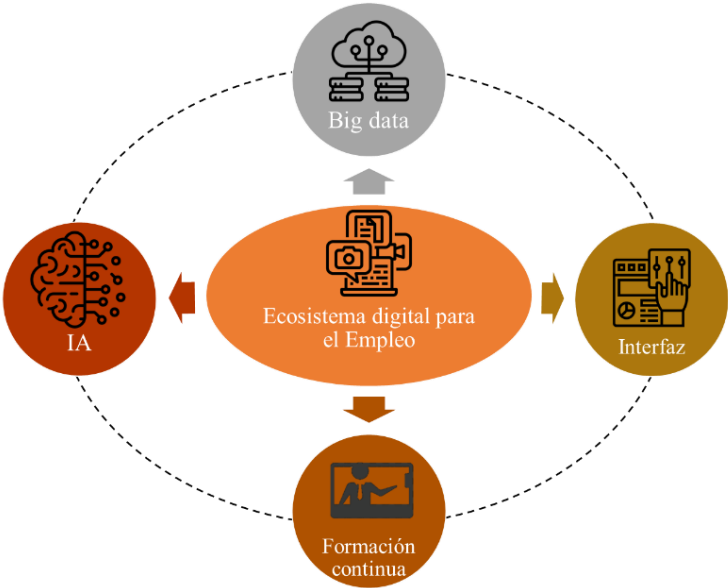
Así también, las técnicas de recolección de información utilizadas fueron la observación no participante con diario de campo y la entrevista semi-estructurada que se aplicó a un total de 72 trabajadores de un Call Center.

4. RESULTADOS

Existen diversos ecosistemas digitales para el trabajo creativo que orientan y ayudan a las personas a mejorar su empleabilidad a través del acceso a información sobre las ocupaciones y habilidades más demandadas y la oferta de formación disponible.

En la figura 2, se representa el modelo básico de ecosistema digital para para acceder a esos empleos, de forma que se podrían tomar mejores decisiones que faciliten encontrar un empleo o mejorar el actual desde una interfase promovida por el *Big Data* en donde se integran todas las ofertas de empleo del país e identifican los puestos más demandados por el mercado laboral; así como las habilidades técnicas, transversales y digitales esenciales que se requieren de un perfil determinado.

FIGURA 2.



Fuente: elaboración propia

Se observa que mediante la inteligencia artificial, se genera una herramienta bots como orientador que mantiene conversaciones continuas con el usuario, y mediante el chatbot se ofrece el contenido más apropiado a lo que sugiere el interés del usuario.

Asimismo, desde un orientador convencional, se genera instrucción y guía para proponer los mejores contenido con una conversación fluida mediante el procesamiento de lenguaje natural, y finalmente, se genera la propuesta e integración creativa de formación *on line* para el trabajo, desde donde se ayuda a preparar a los individuos para las profesiones más demandadas, por lo que se sugieren los mejores cursos de formación continua mediante plataformas Coursera, edx, Udacity, Fundación telefónica TELMEX, Programa de formación digital: Conecta-Empleo, entre otras.

En este sentido, de acuerdo con la literatura consultada, en la figura 3 se identifican diversas oportunidades de trabajos que se realizan mediante el uso de la IA en el mercado laboral creativo, entre las que destacan 4 categorías: 1) trabajo en el mundo del internet de las cosas para no profesionistas, 2) trabajo freelance de la economía gig, 3) trabajo en redes sociales y la web, y 4) trabajo en la economía naranja.

FIGURA 3.



Fuente: elaboración propia

Respecto al trabajo del internet de las cosas, este obedece a las oportunidades de trabajo que generaran trabajos relacionados con el desarrollo, mejora, mantenimiento y programación necesaria para aplicar sistemas artificiales con tecnologías emergentes, principalmente IA, por ejemplo, encendido automático de luces, encendido de fuente, apertura de puertas, manejo automatizado de elevadores, entre otros.

También como oportunidades de empleo en el mercado laboral creativo se encuentran los trabajos freelance en la economía gig (Uber, Airbnb, Didi, Zolvers, Rappi) que utilizan plataformas digitales mediante la inteligencia artificial, facilitando condiciones para incorporar a personas creativas a la *gig economy*. Esto permite la apertura de trabajos de *e-lancing* creativo, donde se puede trabajar independientemente para distintos clientes a la vez.

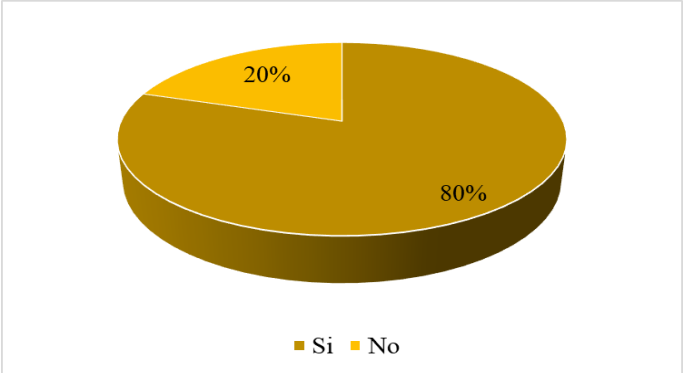
Otra área de oportunidad es representada por los trabajos en redes sociales y la web en general. A partir de la exposición que permiten las redes sociales se ha generado una nueva ocupación: la de los *influencers* que aprovechan las vistas que recibe el contenido que crean y suben a diversas plataformas para obtener ingresos.

Así también, se presentan oportunidades de trabajo creativo mediante el uso de las redes sociales, e impulso de los trabajos de la economía naranja que se refiere a los trabajos en industrias que se generen en el arte, diseño, música, moda, artesanía y demás formas de entretenimiento. En la actualidad, una persona puede ser consumidor y productor de contenido al mismo tiempo.

Posteriormente se hizo el análisis empírico de hechos y argumentos que revelan las novedades tecnológicas que inciden en el trabajo al realizar el estudio de campo, consultando a 72 trabajadores de un Call Center mediante técnicas de investigación de observación participante, diario de campo y entrevistas semiestructuradas.

El análisis de los resultados que se registra en el gráfico 1, revela que 8 de cada 10 trabajadores (80%) consideran que la inteligencia artificial llegó para adaptarse a los procesos de la vida humana, entre estos los procesos laborales y el empleo.

GRÁFICO 1. Adaptación de la IA a las actividades diarias

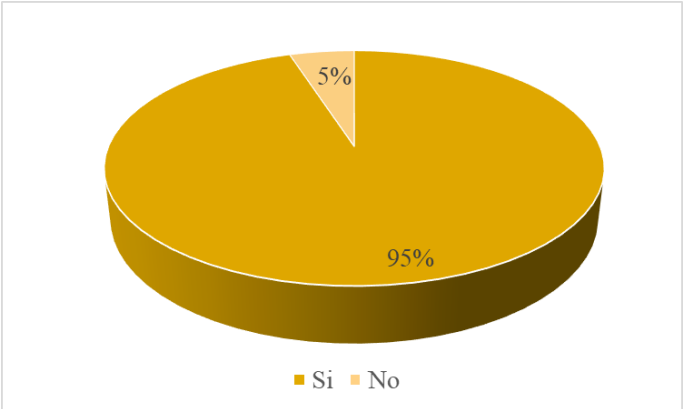


Fuente: elaboración propia

Los resultados revelan que la inteligencia artificial llegó para adaptarse a los procesos de la vida humana. La literatura científica demuestra que no tiene límites dadas sus características de ubicuidad y rapidez que conceden la resolución de actividades y problemas, lo que según Qianwen (2024) y (Chollet, 2018) implica el uso de redes neuronales artificiales.

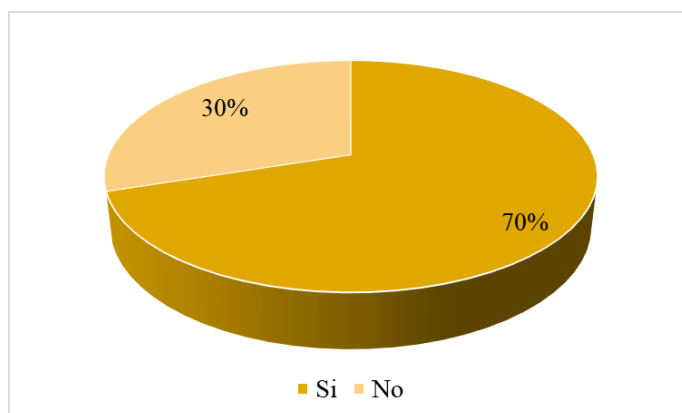
Al respecto, en el gráfico 2 se muestra que el 95% de los trabajadores coincide con lo referido en la literatura científica, acerca de que la IA no tiene límites dadas sus características de ubicuidad y rapidez que conceden la resolución de actividades y problemas.

GRÁFICO 2. Límites de la IA desde la percepción de los trabajadores



Desde esta percepción, se explica que la IA, conduce a los trabajadores a adoptar nuevos esquemas de cambio en la economía y el mercado laboral, lo que desde la perspectiva de los trabajadores, se reconoce que desde hace poco menos de treinta años hasta la fecha, la economía digital no ha parado de crecer en base a la expansión de las posibilidades y oportunidades de trabajo creativo que ofrece la combinación tecnológica, lo que se percibe en el 70% de los trabajadores al considerar que que el uso de la IA en actividades creativas implica el uso de redes neuronales artificiales.

GRÁFICO 3. Usos la IA desde la percepción de los trabajadores



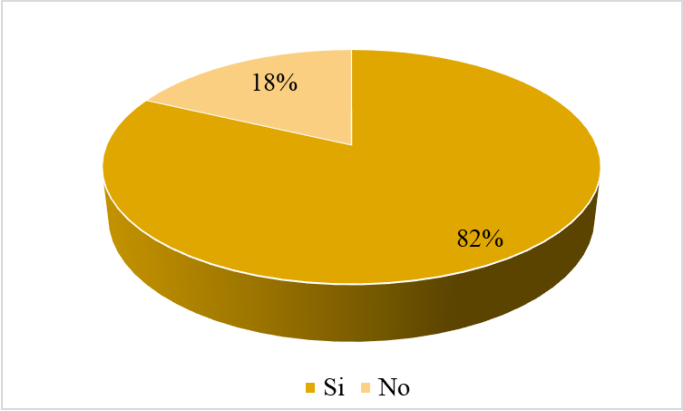
Fuente: elaboración propia

Por otra parte, también enfatizan que la IA tiene límites, pero esos límites tendrán que ser instituidos desde las organizaciones, la regulación y la ética para máquinas, ya que también se observan algunos factores del “trabajo inmaterial”, que determinan los límites del mercado laboral tradicional, pero marcan el área de oportunidad de la IA, conduciéndonos a replantear el término de trabajo.

Esto lo corrobora la percepción del 82% de estos trabajadores que observan esos límites en la IA (Ver gráfico 4) y tienen claridad que por ahora, las limitaciones de la IA se relacionan principalmente con el acceso a los macrodatos, su consistencia y veracidad; así como con la gran calidad de estos para lo que necesariamente se requieren enormes capacidades computacionales que permitan diseñar y ejecutar los algoritmos

de aprendizaje profundo y sensitivo que solo los seres humanos pueden desarrollar.

GRÁFICO 4. Límites de la IA desde la percepción de los trabajadores



Fuente: elaboración propia

Esto explica que la IA mantendrá incapacidad para comprender, explicar, razonar, generar sensaciones de pericia y criterio que permitan ejecutar mecanismos complejos que no se basan en leyes deterministas acciones. Sin embargo, los efectos del cambio tecnológico promovido por la IA en el mercado laboral, se basan en un valor esencia de conectividad a internet, marcando la diferencia entre mercado laboral tradicional y mercado laboral digital o virtual, lo que ha uberizado la economía; seguido del valor institucional que promueve la conexión a internet con propósitos de interlocución entre la economía, el mercado laboral, la organización y los usuarios de las plataformas tecnológicas.

5. DISCUSIÓN

En la literatura científica analizada se pueden observar varios ecosistemas de IA en el trabajo que se identifican como nodos, entre los que destaca la gestión de los recursos humanos que de acuerdo con Ali & Kallach (2024), Nawaz, *et al.* (2024), Stone, Lukaszewski & Johnson (2024) la IA es aplicable desde los procesos de contratación, para evaluar las entrevistas con menos sesgos o prejuicios que los humanos, y para evaluar señas verbales y no verbales, además permite evaluar información sobre

el rendimiento, salarios y costos de la fuerza de trabajo en relación con la estrategia de negocio, así como también el rendimiento de los trabajadores y su relación con la planificación personal, la comisión de operaciones, la gestión del talento y el fomento de la creatividad.

Otro ecosistema observado es el Matching de los servicios públicos de empleo, a los que Ali & Kallach (2024) y Wang, *et al.* (2024) atribuyen amplias oportunidades de aplicación de la IA, dado que mejora los servicios de contratación, además que perfila y sugiere mejores rutas de empleabilidad, y alinea las coincidencias entre buscadores de empleo y las vacantes disponibles.

También la cobotización es uno de los nodos conformado por cobots y chatbots, sugiere un ecosistema de IA en el trabajo creativo que promueve el coworking entre personas y máquinas, generando convergencia entre sistemas de inteligencia artificial, robots y trabajadores, eficientando el trabajo.

Asimismo, es importante observar que tanto la tecnología wearable o portátil y la economía *gig* como nodos independientes pero complementarios, son ecosistemas asistidos por la IA mediante el uso de GPS y sensores que posibilitan aplicar la realidad virtual y aumentada para atender a los clientes de una empresa o descentralizar tareas de los trabajadores.

De acuerdo con Qianwen (2024) y Kooor, *et al.* (2024), las tecnologías wearables son dispositivos portátiles que las personas pueden llevar sobre su cuerpo, con funcionalidades tecnológicas y de conectividad, así como sensores, su aplicación en entornos de trabajo se da a través de GPS y sensores, por ejemplo, el uso de gafas con pantallas y funciones de realidad virtual y aumentada. Estas gafas ayudan a impartir capacitaciones y asistir a los trabajadores en tareas dinámicas. De la misma forma, pueden utilizarse para monitorear el trabajo, con los riesgos que esto trae.

En tanto que Albornoz & Chávez (2024) subrayan que la economía *gig* permite el desarrollo del trabajo a través del internet, usualmente en una plataforma digital y la descentralización de las tareas. Esta modalidad de trabajo permite a trabajadores independientes realizar tareas o proyectos creativos para clientes en todo el mundo, y expandir las posibilidades de conectar la oferta de servicios creativos con la demanda a nivel global.

6. CONCLUSIONES

Con esta investigación se cuestiona el mito de que la IA pone en riesgo el mercado laboral al extinguir por completo los trabajos realizados por humanos; sino que, refiere lo que es capaz de hacer la IA en el mercado laboral y las actividades en las que no se puede sustituir la inteligencia artificial por un ser humano.

Este hallazgo es aún más revelador, pues el lograr identificar las limitaciones de la IA, también se analizan las áreas de oportunidad que eficientizan el desarrollo del trabajo decente en términos de los establecido por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), tomando a la IA como un desafío mayor tanto para los trabajadores como para los empleadores, así como para los gobiernos que deberán generar políticas públicas y legislaciones laborales que pugnen cada vez más por integrar a la IA en el alcance de objetivos laborales.

Se concluye que la inteligencia artificial tiene amplias posibilidades de optimizar los procesos laborales de producción y de negocios en entornos creativos, además de las potencialidades para mejorar la productividad, la seguridad e incrementar la velocidad de los flujos de trabajo creativo.

Con el estudio se reafirma que la IA, en esta segunda década del siglo XXI, es una “nueva” forma de crear valor a la economía digital, dado que ha permitido a los individuos beneficiarse de productos más baratos, de mayor variedad, con menor asimetría de información y más accesibilidad, además de adquirir un rol activo (aunque no necesariamente consciente) en la construcción de valor.

Esa reducción en los precios y el crecimiento de funcionalidad de los bienes ofertados implicó un beneficio excepcional para los consumidores, pero también a las empresas, dado que ahora es posible diseñar productos específicos para el público objetivo de la organización y tener canales de comunicación directa con los clientes.

En este sentido, también desde la perspectiva del trabajo y la formación profesional, se deben analizar algunos de estos supuestos; ya que desde la pandemia Covid-19 quedo demostrado que la conectividad es el factor articulador del cambio tecnológico y digital en las actividades económicas.

Por otra parte, también a partir de la pandemia, los sistemas de formación profesional para el trabajo, han desarrollado subsistemas de gestión del aprendizaje y herramientas de aulas online sincrónicas y asincrónicas que mantienen la oferta de educación continua.

Estos sub sistemas tienen el potencial de generar grandes cantidades de datos, que podrían aprovecharse como retroalimentación del proceso laboral, permitiendo a los trabajadores entrar en la cadena de valor de la actividad económica a la que aporten su trabajo, competencias y desempeño; no obstante, se considera que los datos y procesos que se generan en materia de trabajo y mercado laboral aún no están siendo (en la mayoría de los casos) acumulados y analizados, por lo que se estima es un desafío importante para la investigación y la educación de nivel profesional para generar un valor agregado al proceso de la formación.

Finalmente, el uso de la inteligencia artificial en el entorno laboral creativo en la actualidad se da principalmente en los ecosistemas de la economía *gig* mediante aplicaciones como Airbnb, uber, didi, rappi, entre otras que permiten la contratación de servicios mediante el uso frecuente de plataformas digitales que permiten el desarrollo de actividades artísticas y la cobotización: *cobots* y *chatbots*; razón por la que se considera que la IA potencializa el trabajo y el empleo creativo en México.

8. REFERENCIAS

- Albornoz, M.B. & Chávez, H. (2024). The challenges of gig economy and Fairwork in Ecuador, *Digital Geography and Society*, 6 (June), pp. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.diggeo.2023.100073>
- Ali, O. & Kallach, L. (2024). Artificial Intelligence Enabled Human Resources Recruitment Functionalities: A Scoping Review, *Procedia Computer Science*, 232 (1), pp. 3268-3277. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.142>
- Benhamou, S. (2022). La transformación del trabajo y el empleo en la era de la inteligencia artificial: análisis, ejemplos e interrogantes, *Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/85)*, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Cave, M. y Flores Roux, E. (2017). Posibles Beneficios de la Economía Digital para México, pág. 3-65, URL: http://ceeg.mx/new/wp-content/uploads/2017/01/Posibles-Beneficios-de-la-Economi%CC%81a-Digital-para-Me%CC%81xico_2017.01.27.pdf

- CEPAL (2013). Economía digital para el cambio estructural y la igualdad, Santiago de Chile, Naciones Unidas.
- Chollet, F. (2018). Deep Learning with Python, Manning Publications Co.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2021). Tecnologías digitales para un nuevo futuro. (LC/TS.2021/43) Santiago.
- Expósito, J. (27 de enero de 2017). Una transformación digital también en el mercado de trabajo, Diario Expansión, URL: <http://www.expansion.com/especiales/30aniversario/tecnologiainnovacion/2017/01/27/5889f940268e3e3d6a8b4590.html>
- Hernández, J.P. (22 de Septiembre de 2022). Inteligencia artificial: qué aporta y qué cambia en el mundo del trabajo. Factor Trabajo. URL: <https://blogs.iadb.org/trabajo/es/inteligencia-artificial-que-aporta-y-que-cambia-en-el-mundo-del-trabajo/>
- Islas Torres, C. y Delgadillo Franco, O. (2016). La inclusión de TIC por estudiantes universitarios: una mirada desde el conectivismo, Revista Apertura, 8 (2), pp. 116-129. URL: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68848010008>
- Jasińska, K.; Lewicz, M. & Rostalski, M. (2023). Digitization of the enterprise - prospects for process automation with using RPA and GPT integration, Procedia Computer Science, 225 (1), pp. 3243-3254. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.318>
- Katz Raúl (2015). El ecosistema y la economía digital en América Latina, España, Ed. Ariel y Fundación Telefónica. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/768>
- Kovoor, M.; Durairaj, M.; Karyakarte, M.S.; Hussain M. Z.; Ashraf, M. & Phaneendra Maguluri, L. (2024). Sensor-enhanced wearables and automated analytics for injury prevention in sports, Measurement: Sensors, 32 (April), pp. 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101054>
- López L. M. E. y Saladrigas M. (2016). Las TIC. Un nuevo escenario para el desarrollo local de las comunidades, Revista Opción, 32 (10), pp. 71-94. URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31048901005>
- Nawaz, N.; Arunachalam, H.; Kumari Pathi, B. & Gajenderan, V. (2024). The adoption of artificial intelligence in human resources management practices, International Journal of Information Management Data Insights, 4 (1), pp. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijime.2023.100208>
- OCDE (2016). Perspectivas de la OCDE sobre la economía digital 2015, México, Ed. Microsoft México, S de R.L. de C.V.

- Qianwen, L. (2024). Application of motion capture technology based on wearable motion sensor devices in dance body motion recognition, *Measurement: Sensors*, 32 (April), pp. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101055>
- Sabbagh, K.; Friedrich, R.; El-Darwiche, B.; Singh, M.; Ganediwalla S. y Katz R. (2012). Maximizing the impact of digitization, *The Global Information Technology Report 2012: Living in a Hyperconnected World*, Soumitra Dutta y Benat Bilbao-Osorio (eds.), INSEAD (The Business School of the World), World Economic Forum.
- Stone, D.L.; Lukaszewski, K. M. & Johnson, R. D. (2024). Will artificial intelligence radically change human resource management processes?, *Organizational Dynamics*, 53 (1), pp. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2024.101034>
- Tabares, R., (2016). ¿La Economía Digital Promueve la Desigualdad?, URL: <http://sociologos.com/2016/06/26/la-economia-digital-promueve-la-desigualdad/>
- Tello, Edgar (2007). Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) y la brecha digital: su impacto en la sociedad de México, *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, 4 (2), pp. 1-8. URL: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=78011231006>
- Wang, L.; Zhao, H.; Cao, Z. & Dong, Z. (2024). Artificial intelligence and intergenerational occupational mobility, *Journal of Asian Economics*, 90 (February), pp. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asieco.2023.101675>

UN SISTEMA DE GESTIÓN SOSTENIBLE BASADO EN LA CONFIANZA: EL PAPEL DE LA IA EN LA MEDICIÓN Y GESTIÓN DE LAS EMPRESAS Y ORGANIZACIONES

JUAN ANTONIO PERTEGUER MUÑOZ

Centro para la Conservación de la Biodiversidad y el Desarrollo Sostenible (CBDS), E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain

JOSÉ LUIS MARTÍNEZ BLANCO

Centro para la Conservación de la Biodiversidad y el Desarrollo Sostenible (CBDS), E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de creciente complejidad e incertidumbre, la sostenibilidad se ha convertido en algo estratégico para las organizaciones de todo tipo. Los enfoques tradicionales de gestión, basados en objetivos predefinidos o indicadores de logro, no llegan a capturar la dinámica compleja de la sostenibilidad, que abarca dimensiones económicas, sociales y ambientales (Martínez-Falero et al., 2018). Entendemos que pasar de la gestión por objetivos a la gestión basada en la confianza puede ser un factor clave para una gestión sostenible, ya que permite alinear los intereses y comportamientos de los diversos grupos de interés hacia objetivos compartidos (Bachmann & Zaheer, 2006).

La confianza, entendida como la disposición a ser vulnerable a las acciones de otro basada en la expectativa de que el otro realizará una acción importante para quien confía (Mayer et al., 1995), ha sido reconocida como un lubricante esencial para la cooperación y la acción colectiva (Putnam, 1993). En el ámbito de las organizaciones, la confianza se ha asociado con una serie de beneficios, como la reducción de costos de

transacción, el fomento de la innovación y el aprendizaje, y la mejora del desempeño (Dirks & Ferrin, 2001). Jim Harter (Director Científico de Gallup) defiende que la confianza del trabajador en la empresa se traduce en productividad (State of the global workplace 2017). Sin embargo, a pesar de su importancia, la gestión de la confianza sigue siendo un desafío para muchas organizaciones, debido a su naturaleza intangible y dinámica.

En este contexto, las tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) ofrecen oportunidades prometedoras para medir y gestionar la confianza de manera más efectiva y escalable. La IA, entendida como sistemas que exhiben comportamientos inteligentes al analizar su entorno y tomar acciones con cierto grado de autonomía para alcanzar objetivos específicos (European Commission, 2018), tiene el potencial de procesar grandes volúmenes de datos, identificar patrones complejos y adaptarse a entornos cambiantes. Estas capacidades pueden aplicarse para monitorear y fomentar la confianza en las interacciones entre los miembros de una organización, así como con sus grupos de interés externos.

Sin embargo, la aplicación de la IA en la gestión de la confianza también plantea desafíos significativos. La opacidad de muchos algoritmos de IA, combinada con sesgos potenciales en los datos de entrenamiento, puede socavar la transparencia y la equidad, erosionando así la confianza (Rahwan, 2018). Por lo tanto, es crucial desarrollar enfoques de IA confiables y centrados en el ser humano, alineados con valores éticos y objetivos de sostenibilidad.

En este artículo, proponemos un marco conceptual para un sistema de gestión sostenible basado en la confianza, que aprovecha las capacidades de la IA para medir y fomentar la confianza en las organizaciones. Argumentamos que tal sistema puede abordar las limitaciones de los enfoques tradicionales y promover una gestión más sostenible. Al mismo tiempo, enfatizamos la importancia de principios éticos para garantizar que la IA se utilice de manera responsable y a favor de las personas. Nuestro objetivo es contribuir a la investigación sobre la relación entre IA, confianza y sostenibilidad, y ofrecer orientación práctica para las organizaciones que buscan explorar este territorio emergente.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este artículo es proponer un marco conceptual para un sistema de gestión sostenible basado en la confianza, que aproveche las capacidades de la Inteligencia Artificial (IA) para medir y fomentar la confianza en las organizaciones. Este objetivo se desglosa en los siguientes objetivos específicos:

2.1. Examinar las limitaciones de los enfoques tradicionales de gestión basados en objetivos o indicadores de desempeño desde una perspectiva de sostenibilidad, y argumentar la necesidad de un enfoque basado en la confianza.

2.2. Conceptualizar la confianza en el contexto organizacional y su relación con la sostenibilidad, destacando los beneficios y retos asociados con la gestión de la confianza.

2.3. Explorar el potencial de los algoritmos y herramientas de IA para medir y gestionar la confianza de manera efectiva y escalable, considerando técnicas específicas como el análisis de la empatía, la representación homogénea de la opinión de cada agente, análisis de redes sociales, el procesamiento del lenguaje natural y el aprendizaje automático.

2.4. Identificar los desafíos éticos y prácticos asociados con la aplicación de la IA en la gestión de la confianza, como la transparencia, la equidad y la responsabilidad, y proponer principios y sistemas de gobierno para abordar estos desafíos.

2.5. Integrar los elementos anteriores en un marco conceptual coherente para un sistema de gestión sostenible basado en la confianza, que aproveche las capacidades de la IA de manera responsable y al servicio de las personas.

2.6. Proponer la aplicabilidad del marco propuesto a través de ejemplos hipotéticos o estudios de casos reales, destacando los beneficios potenciales y las consideraciones prácticas para la implantación en las organizaciones.

2.7. Ofrecer recomendaciones para futuras investigaciones y prácticas en la intersección de IA, confianza y sostenibilidad, con el fin de

avanzar en este campo emergente y apoyar a las organizaciones en el cambio de paradigma desde modelos basados en objetivos hacia modelos de gestión más sostenibles y centrados en la confianza.

3. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos propuestos, adoptamos una metodología interdisciplinaria que combina la revisión de literatura, el análisis conceptual y la síntesis integradora. Los pasos clave de nuestra metodología son los siguientes:

3.1. Revisión de literatura: Realizamos una revisión de la literatura académica en los campos de la gestión sostenible, la confianza organizacional y la IA aplicada a la gestión. Utilizamos bases de datos académicas, buscadores web (e.g., Google Académico) y herramientas de IA para identificar artículos relevantes, utilizando combinaciones de palabras clave como "sustainable management", "organizational trust", "artificial intelligence", "ethics of AI", etc. Seleccionamos los artículos en base a su relevancia, calidad y actualidad, priorizando publicaciones revisadas por pares en revistas de alto impacto.

3.2. Análisis conceptual: Analizamos y sintetizamos los conceptos clave de la literatura revisada, con el fin de construir un marco teórico coherente para nuestro sistema propuesto. Esto implica:

- a. Definir los conceptos de sostenibilidad, confianza e IA en el contexto de las organizaciones.
- b. Identificar las dimensiones relevantes de la confianza (e.g., empatía, competencia, benevolencia, integridad) y los factores que la influyen (e.g., transparencia, equidad, responsabilidad).
- c. Examinar las capacidades y limitaciones de las tecnologías de IA para medir y gestionar la confianza, considerando técnicas específicas como el análisis de redes sociales (Martínez-Falero et al., 2018), el procesamiento del lenguaje natural (Gambetta & Székely, 2014) y el aprendizaje automático (Haller & Fehr, 2014).
- d. Identificar los principios éticos y los sistemas de gobierno necesarios para una aplicación responsable de la IA, inspirados en marcos existentes como los Principios de Asilomar para la

IA (Future of Life Institute, 2017), las Directrices Éticas para una IA Confiable (High-Level Expert Group on AI, 2019), la RomeCall (Rome Call|What Is the Matter With AI Ethics?,2020).

3.3. Síntesis integradora: Integramos los elementos anteriores en un marco conceptual para un sistema de gestión sostenible basado en la confianza, que aprovecha las capacidades de la IA de manera responsable. Este marco aborda los siguientes componentes:

- a. Objetivos y supuestos fundamentales del sistema.
- b. Arquitectura y flujo de información (e.g., fuentes de datos, módulos de procesamiento, interfaces de usuario).
- c. Mecanismos para medir y fomentar la confianza (e.g., algoritmos de IA, incentivos, intervenciones).
- d. Principios éticos y sistemas de gobierno (e.g., auditoría, explicabilidad, participación de todas las partes interesadas).
- e. Indicadores de desempeño y criterios de evaluación del sistema.

3.4. Ilustración y validación: Ilustramos la aplicabilidad del marco propuesto a través de ejemplos hipotéticos o estudios de casos reales, obtenidos de la literatura o de nuestra propia experiencia. Buscamos casos que representen diferentes sectores, tamaños de organización y niveles de madurez en la adopción de IA y prácticas de sostenibilidad. Analizamos estos casos utilizando nuestro marco como lente analítica, con el fin de destacar los beneficios, desafíos y consideraciones prácticas para la implantación.

3.5. Recomendaciones y direcciones futuras: Basados en nuestro análisis, ofrecemos recomendaciones para la investigación y la práctica futura en la intersección de IA, confianza y sostenibilidad. Identificamos preguntas abiertas, áreas prometedoras para la innovación y posibles vías para la colaboración entre el mundo académico, las organizaciones y la gestión de las mismas.

En resumen, nuestra metodología combina una sólida base teórica con un enfoque pragmático y orientado a la solución. Buscamos no solo avanzar en la comprensión conceptual de la gestión basada en la

confianza y la IA, sino también ofrecer orientación práctica para las organizaciones. A través de la revisión, el análisis, la síntesis y la ilustración, esperamos contribuir a la construcción de organizaciones más sostenibles, confiables y centradas en el ser humano en la era de la IA.

4. RESULTADOS

Basándonos en nuestro análisis, anticipamos varios resultados clave de la adopción de un sistema de gestión sostenible basado en la confianza, respaldado por la IA:

4.1. Mejora de la medición y gestión de la confianza: Esperamos que las organizaciones que adopten este enfoque sean capaces de medir y gestionar la confianza de manera más efectiva y escalable. Esto incluye la capacidad de rastrear las dinámicas de confianza en tiempo real, identificar riesgos y oportunidades relacionados, y diseñar intervenciones específicas para fomentar la confianza donde más se necesita. Con el tiempo, esto debería traducirse en niveles más altos de confianza general dentro de las organizaciones y entre ellas y sus partes interesadas externas.

4.2. Mayor agilidad y capacidad de adaptación: Al empoderar a los empleados y aprovechar la inteligencia colectiva, las organizaciones basadas en la confianza deberían ser más ágiles y adaptables frente a la incertidumbre y la disrupción. Esperamos ver tiempos de respuesta más rápidos a los cambios del entorno, mayor innovación impulsada por los empleados y una toma de decisiones más descentralizada. Esto debería conferir una ventaja competitiva en entornos volátiles e inciertos.

4.3. Relaciones más sólidas con los grupos de interés: Un enfoque basado en la confianza debería conducir a relaciones más sólidas y mutuamente beneficiosas con los clientes, proveedores, inversores y comunidades. Anticipamos una mayor lealtad y defensa del cliente, cadenas de suministro más resilientes y colaborativas y un mejor acceso al capital. Esto debería contribuir a un desempeño sostenible superior a largo plazo.

4.4. Toma de decisiones más inclusiva y ética: Al aprovechar la IA de una manera ética y centrada en el ser humano, las organizaciones

pueden tomar decisiones más inclusivas y éticas que tienen en cuenta las perspectivas de diversos grupos de interés. Esto debería contribuir a sociedades más justas y cohesivas.

4.5. Progreso acelerado hacia los objetivos de sostenibilidad: En última instancia, esperamos que las organizaciones que adopten un enfoque de gestión basada en la confianza logren un progreso más rápido y significativo hacia los objetivos de sostenibilidad. Esto incluye avances en áreas como la descarbonización, la economía circular, la conservación de la biodiversidad y la inclusión. Al alinear los incentivos y habilitar la acción colectiva, la gestión basada en la confianza puede ayudar a cerrar la brecha de implantación en los desafíos de sostenibilidad más apremiantes.

Sin embargo, es importante señalar que estos resultados no están garantizados y requerirán un esfuerzo concertado y sostenido por parte de las organizaciones para realizarlos. También requerirán una cuidadosa atención a los riesgos y desafíos asociados, como los sesgos algorítmicos, la privacidad de los datos y la dinámica de poder desigual. A través de la experimentación responsable, el aprendizaje iterativo y la colaboración multisectorial, esperamos que emerja una comprensión más matizada de las promesas y limitaciones de la gestión basada en la confianza en diferentes contextos.

5. DISCUSIÓN

El marco conceptual propuesto para un sistema de gestión sostenible basado en la confianza, que aprovecha las capacidades de la IA, tiene implicaciones significativas para la teoría y la práctica de la gestión. En esta sección, discutimos algunas de las principales consideraciones, beneficios y desafíos asociados con este enfoque.

5.1. DE LA GESTIÓN BASADA EN EL CONTROL A LA GESTIÓN BASADA EN LA CONFIANZA

Tradicionalmente, los enfoques de gestión se han basado en el control y la medición del desempeño contra objetivos predefinidos. Si bien estos enfoques pueden ser efectivos en entornos estables y tareas rutinarias, tienen limitaciones significativas en el contexto de la

sostenibilidad, que se caracteriza por la complejidad, la incertidumbre y la interdependencia (Smith & Lewis, 2011). La gestión basada en la confianza ofrece una alternativa prometedora, al reconocer la capacidad de todas las partes involucradas para auto-organizarse y adaptarse a condiciones cambiantes (Kuenkel, 2019). Al fomentar la confianza, las organizaciones pueden liberar el potencial creativo y colaborativo de sus miembros, y construir relaciones más resilientes con los grupos de interés externos.

Sin embargo, la transición hacia una gestión basada en la confianza no está exenta de desafíos y dificultades. Requiere un cambio fundamental en la mentalidad y la cultura organizacional, desde un enfoque en el control, la supervisión y el cumplimiento, hacia uno centrado en el empoderamiento y el aprendizaje (Senge et al., 2010). También requiere nuevas habilidades y competencias por parte de los líderes, como la llamada inteligencia emocional, la facilitación y el pensamiento sistémico (Waddock, 2020). Además, la confianza es un recurso frágil que puede tardar años en construirse y solo momentos en destruirse, lo que subraya la importancia de la misma para las organizaciones.

Este cambio de paradigma también tiene profundas implicaciones para las estructuras y procesos organizativos. Las jerarquías rígidas y los silos funcionales, que son comunes en las organizaciones tradicionales, pueden obstaculizar el flujo de información y la colaboración necesarios para la gestión basada en la confianza (Laloux, 2014). En su lugar, se necesitan estructuras más fluidas y descentralizadas que permitan la autonomía y la autoorganización a nivel local, al tiempo que mantienen la alineación y la coherencia a nivel global (Robertson, 2015). Esto puede requerir una reingeniería significativa de los sistemas y procesos existentes, desde la toma de decisiones y la asignación de recursos hasta la evaluación del desempeño y las recompensas.

Además, la gestión basada en la confianza implica un cambio en la forma en que las organizaciones se relacionan con sus grupos de interés externos. En lugar de tratar a los clientes, proveedores y comunidades como actores separados con intereses en conflicto, las organizaciones deben verlos como socios en la creación de valor compartido (Porter & Kramer, 2011). Esto requiere una mayor transparencia, diálogo y co-

creación, así como un compromiso genuino para entender y abordar las necesidades y preocupaciones de los grupos de interés (Freeman et al., 2010). También puede requerir nuevas formas de colaboración y asociación, como alianzas intersectoriales, iniciativas de múltiples partes interesadas y redes de innovación abierta (Senge et al., 2015).

La transición hacia la gestión basada en la confianza también plantea preguntas sobre el papel y las responsabilidades de las organizaciones en la sociedad. A medida que las empresas asumen un papel más activo en abordar los desafíos sociales y ambientales, algunas personas argumentan que están usurpando las funciones tradicionales del gobierno y la sociedad civil (Matten & Crane, 2005). Otros sostienen que las empresas tienen una responsabilidad ética de usar sus recursos e influencia para el bien común, dado su enorme impacto en la sociedad y el medio ambiente (Scherer & Palazzo, 2011), y tienen el desafío urgente de proteger nuestra casa común en la búsqueda de un desarrollo sostenible e integral (Papa Francisco, 2015). Navegar por estas tensiones requerirá un diálogo continuo y una reflexión crítica sobre los límites apropiados y las formas de colaboración entre los sectores.

5.2. EL PAPEL DE LA IA EN LA MEDICIÓN Y GESTIÓN DE LA CONFIANZA

La IA ofrece capacidades sin precedentes para medir y gestionar la confianza a escala. A través del análisis de grandes volúmenes de datos generados por las interacciones digitales, las organizaciones pueden obtener información sobre los patrones de confianza dentro y entre los grupos de interés. Por ejemplo, el análisis de redes sociales puede revelar la estructura y la fortaleza de las relaciones de confianza (Martínez-Falero et al., 2018), mientras que el procesamiento del lenguaje natural puede identificar señales de confianza o desconfianza en las comunicaciones (Gambetta & Székely, 2014). Estas percepciones pueden utilizarse para diseñar intervenciones personalizadas que fomenten la confianza, como recomendaciones de conexión, asignaciones de tareas o incentivos.

Además, la IA puede apoyar la toma de decisiones en tiempo real al proporcionar información sobre los riesgos y oportunidades relacionados con la confianza. Por ejemplo, los algoritmos de aprendizaje automático podrían predecir la probabilidad de incumplimiento en una

transacción basada en el historial de confianza de las partes involucradas (Haller & Fehr, 2014). Esto podría ayudar a las organizaciones a priorizar sus esfuerzos de debida diligencia y mitigación de riesgos.

Sin embargo, el uso de la IA en la gestión de la confianza también plantea desafíos significativos. Uno de los principales riesgos es la posibilidad de que los algoritmos perpetúen o amplifiquen sesgos existentes, ya sea debido a datos de entrenamiento no representativos o a supuestos codificados en los modelos (Mehrabi et al., 2021). Esto podría conducir a decisiones injustas que erosionen la confianza, especialmente entre grupos históricamente desfavorecidos. Por ejemplo, si un algoritmo de contratación está entrenado en datos históricos que reflejan prácticas discriminatorias, puede replicar y reforzar esas mismas prácticas al recomendar candidatos para contratar (Raghavan et al., 2020). Mitigar estos riesgos requerirá una vigilancia constante para identificar y corregir sesgos indeseados, así como esfuerzos proactivos para garantizar la diversidad y calidad en los datos y equipos involucrados en el desarrollo de IA.

Otro desafío es la opacidad de muchos sistemas de IA, que pueden funcionar como "cajas negras" cuyas recomendaciones son difíciles de interpretar o explicar (Rudin, 2019). Esto puede dificultar la rendición de cuentas y socavar la confianza en la tecnología, particularmente en contextos de alto riesgo donde las decisiones pueden tener consecuencias significativas para los individuos o la sociedad. Avanzar hacia una IA más explicable y transparente será crucial para fomentar la confianza en estos sistemas (Arrieta et al., 2020).

La IA también plantea preocupaciones sobre la privacidad y seguridad de los datos, que son fundamentales para la confianza. A medida que las organizaciones recopilan y analizan volúmenes cada vez mayores de datos personales para alimentar los sistemas de IA, se vuelve imprescindible garantizar que estos datos se manejen de manera responsable y ética (Floridi & Taddeo, 2016). Esto requiere políticas y salvaguardas robustas para prevenir el acceso, uso o divulgación no autorizados, así como transparencia y control para las personas sobre cómo se utilizan sus datos.

Para abordar estos desafíos, es crucial desarrollar sistemas de IA transparentes, explicables y auditables, alineados con principios éticos claros

(High-Level Expert Group on AI, 2019). Esto requiere la colaboración entre expertos y partes interesadas de diversos orígenes para diseñar juntos soluciones que sean no solo eficaces sino también éticas y socialmente adecuadas. Las organizaciones tendrán que invertir en desarrollar capacidades y procesos para un uso ético de la IA, e integrar estas consideraciones en todo el ciclo de vida de desarrollo y despliegue de IA.

La creciente prominencia de la IA en la toma de decisiones en las organizaciones plantea preguntas sobre el papel apropiado de la IA y las decisiones humanas. Mientras que algunos defienden que la IA podría ayudar a reducir los errores y sesgos humanos, otros advierten contra la sobre-dependencia en los sistemas algorítmicos a expensas de la supervisión y la responsabilidad humana (Möhlmann & Zalmanson, 2017). Encontrar el equilibrio adecuado probablemente requerirá un enfoque matizado que reconozca tanto los puntos fuertes como las limitaciones de la inteligencia humana y artificial, y busque combinarlas de manera complementaria (Jarrahi, 2018). Esto puede implicar el diseño de sistemas de IA que ayuden a mejorar el juicio humano, en lugar de reemplazarlo. El desarrollo de la IA al servicio de la humanidad y del planeta debe reflejarse en normativas y principios que protejan a las personas - sobre todo a los débiles y desfavorecidos- y a los entornos naturales (Rome Call|What Is the Matter With AI Ethics?,2020).

5.3. IMPLICACIONES PARA LA SOSTENIBILIDAD Y LA RESILIENCIA ORGANIZACIONAL

En última instancia, el objetivo de un sistema de gestión basado en la confianza es promover la sostenibilidad y la resiliencia de las organizaciones. Al fomentar relaciones de confianza con los empleados, clientes, proveedores y comunidades, las organizaciones pueden acceder a nuevas fuentes de innovación, reducir los costos de transacción y construir reservas de buena voluntad que las ayuden a capear tiempos difíciles (Pirson, 2022). La confianza es particularmente importante en el contexto de las transiciones de sostenibilidad, que requieren la colaboración entre múltiples actores para abordar problemas complejos como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la desigualdad (Kuenkel, 2019).

Sin embargo, gestionar para la sostenibilidad también significa afrontar retos y superar tensiones, como las que existen entre los objetivos a corto y largo plazo, o entre los intereses de diferentes grupos de partes interesadas (Hahn et al., 2015). Un sistema de gestión basado en la confianza, respaldado por la IA, puede ayudar a las organizaciones a identificar y abordar estas tensiones de manera más proactiva y colaborativa. Por ejemplo, los análisis de escenarios basados en IA podrían simular los impactos a largo plazo de diferentes decisiones estratégicas, teniendo en cuenta las perspectivas de diversos grupos de interés. Esto podría proporcionar herramientas para una gestión más sostenible y facilitar el diálogo y la construcción de consenso en torno a soluciones que optimicen el valor compartido.

Al mismo tiempo, es importante reconocer que la confianza por sí sola no es una panacea para los desafíos de sostenibilidad. También se necesitan cambios estructurales en los sistemas económicos, políticos y sociales para alinear los incentivos con los objetivos de sostenibilidad y abordar las causas profundas de la desigualdad y la degradación ambiental (Loorbach et al., 2017). La gestión basada en la confianza debe verse como una pieza de un rompecabezas más amplio de transformación social, que requiere la acción coordinada de gobiernos, empresas, sociedad civil y ciudadanos.

Además, construir organizaciones verdaderamente sostenibles y resilientes requerirá un cambio fundamental en la forma en que concebimos el propósito y el éxito de la empresa. El paradigma dominante de la maximización del valor para los accionistas, que ha impulsado gran parte de la toma de decisiones corporativas en las últimas décadas, es cada vez más cuestionado por su enfoque miope en las ganancias a corto plazo a expensas de la salud a largo plazo de la empresa, la sociedad y el planeta (Stout, 2012). En su lugar, se necesita una visión más holística del valor que reconozca las interdependencias entre el desempeño financiero, el bienestar social y la integridad ambiental (Raworth, 2017). Los líderes empresariales tendrán que evolucionar de una mentalidad extractiva a una regenerativa, buscando no solo minimizar el daño sino también generar impactos positivos netos para todos los grupos de interés (Fullerton, 2015).

Este cambio de mentalidad tiene profundas implicaciones para la estrategia, el buen gobierno y la toma de decisiones organizacionales. Requerirá nuevas métricas y modelos para medir y gestionar el valor que vayan más allá de las ganancias financieras a corto plazo, abarcando consideraciones como el impacto ambiental, el bienestar de los trabajadores, la sostenibilidad de las propias organizaciones, y el bien común. También requerirá nuevos enfoques de gobierno que rindan cuentas a una gama más amplia de partes interesadas y prioricen la creación de valor a largo plazo sobre la especulación a corto plazo (Lipton, 2016). La IA puede desempeñar un papel importante en estos esfuerzos, ayudando a integrar y analizar datos de múltiples fuentes para ayudar en la toma de decisiones y habilitar formas más participativas y distribuidas de gestión (Brundage et al., 2018).

Sin embargo, esto no será un proceso sencillo o lineal. Las organizaciones tendrán que superar inevitablemente tensiones y retrocesos a medida que deseen avanzar en un nuevo sistema de gestión frente a las normas y estructuras arraigadas, lo que exigirá un aprendizaje y adaptación continuos (Van Poeck et al., 2020). La confianza, tanto interna como externa, será un recurso crucial para generar la voluntad y la capacidad necesarias para perseverar frente a estos desafíos. Al mismo tiempo, mantener la confianza requerirá un compromiso genuino con la transparencia, la responsabilidad y la receptividad a lo largo del proceso de cambio (Brand et al., 2019).

En última instancia, construir organizaciones verdaderamente sostenibles y resilientes basadas en la confianza requerirá un cambio transformador no solo a nivel organizacional sino también a nivel sistémico. Requerirá repensar las instituciones y paradigmas fundamentales que impulsan la actividad económica, desde nuestra obsesión por el crecimiento y el consumismo hasta nuestro tratamiento del mundo natural como un recurso para ser explotado en lugar de un sistema vivo para ser nutrido (Capra & Luisi, 2014). Requerirá una evolución en la conciencia y los valores humanos hacia una mayor empatía, solidaridad y sentido de interdependencia con toda la red de la vida (Wahl, 2016). Y requerirá formas radicalmente nuevas de colaboración y asociación

entre empresas, gobiernos, sociedad civil y comunidades para entre todos construir un futuro mejor (Muff, 2014).

Sin embargo, es crucial reconocer que la IA en sí misma no es una solución mágica. Como cualquier tecnología, está moldeada por las intenciones, valores y elecciones de diseño de sus creadores y usuarios humanos (Jasanoff, 2016). Sin una atención cuidadosa a las consideraciones éticas y los impactos sociales, la IA corre el riesgo de amplificar las desigualdades existentes, erosionar la privacidad y la autonomía, y socavar la confianza en las instituciones (Eubanks, 2018). Para que la IA cumpla su potencial como una fuerza para el bien, debe desarrollarse y desplegarse de una manera inclusiva, responsable y centrada en valores que priorice el bienestar humano y ecológico (IEEE, 2019).

Esto requerirá un esfuerzo concertado y continuo para integrar las consideraciones éticas en todo el ciclo de vida de la IA, desde la investigación y el diseño hasta la implantación y el gobierno. Requerirá la participación activa de una amplia gama de voces y perspectivas, incluidas las de los grupos marginados y las comunidades afectadas. Y requerirá un compromiso constante con la transparencia, la rendición de cuentas y la reflexión crítica sobre los impactos y las limitaciones de estos poderosos sistemas (Raji et al., 2020).

Al mismo tiempo, también debemos reconocer los límites de la IA y la tecnología más ampliamente para abordar los profundos desafíos sistémicos y existenciales que enfrentamos. Mientras que la IA puede ser una herramienta poderosa para la gestión basada en la confianza y la sostenibilidad, en última instancia, crear un futuro floreciente requerirá una transformación mucho más fundamental en la conciencia y la cultura humana (Waddock, 2020). Requerirá un cambio de una cosmovisión fragmentada y mecanicista a una que reconozca la profunda interconexión e interdependencia de toda la vida. Y requerirá cultivar cualidades como la compasión, la humildad, la sabiduría y la conciencia que son esenciales para navegar la complejidad con gracia y resiliencia (Scharmer, 2018).

Construir y mantener la confianza en la era de la IA requerirá un compromiso profundo y continuo de escucha, diálogo y acción conjunta.

Requerirá instituciones y procesos que sean tan adaptables y resilientes como las tecnologías que buscamos gobernar.

Si podemos lograr esto, entonces quizás la visión de organizaciones verdaderamente sostenibles y basadas en la confianza no sea una utopía inalcanzable, sino un futuro muy real y realizable hacia el cual podemos avanzar juntos.

5.4. APLICABILIDAD DEL MARCO: EJEMPLOS Y CONSIDERACIONES PRÁCTICAS

Para ilustrar la aplicabilidad del marco propuesto para un sistema de gestión sostenible basado en la confianza y potenciado por la IA, a continuación exploramos algunos ejemplos hipotéticos y estudios de casos reales. Estos ejemplos destacan los beneficios potenciales de este enfoque, así como las consideraciones prácticas clave para su implementación en diversos contextos organizacionales.

5.4.1. Ejemplo hipotético: Empresa manufacturera global

Consideremos una empresa manufacturera global que busca mejorar la sostenibilidad y la resiliencia de sus operaciones y cadena de suministro. Implementando un sistema de gestión basado en la confianza, la empresa podría aprovechar la IA para analizar datos de múltiples fuentes (e.g., sensores de IoT, sistemas ERP, redes sociales) y obtener información sobre las dinámicas de confianza dentro de su fuerza laboral, entre sus proveedores y con las comunidades locales donde opera.

Por ejemplo, el análisis del sentimiento en las comunicaciones internas podría revelar áreas de baja moral o desconfianza entre los empleados y gerentes, permitiendo intervenciones específicas para abordar las preocupaciones y fomentar una cultura de apertura y colaboración. El monitoreo en tiempo real de los datos de desempeño y las interacciones de los proveedores podría ayudar a identificar riesgos potenciales de incumplimiento o conducta poco ética, permitiendo una debida diligencia y una mitigación más proactivas. Y el compromiso proactivo con las comunidades locales, potenciado por herramientas de participación digital y análisis de sentimientos, podría ayudar a construir confianza.

Al integrar estas perspectivas en sus procesos de toma de decisiones y combinarlas con datos sobre factores ambientales y sociales, la empresa podría optimizar sus operaciones para la sostenibilidad y desarrollar estrategias más sólidas a largo plazo. Sin embargo, esto requeriría una inversión significativa en infraestructura y capacidades de datos, así como en el desarrollo de políticas y salvaguardas éticas para el uso responsable de la IA. También requeriría un cambio cultural hacia una mayor transparencia, inclusión y colaboración a todos los niveles de la organización.

5.4.2. Ejemplo de aplicación: Gestión de una escuela

Para ilustrar aún más la aplicabilidad del marco propuesto, consideremos cómo se podría implementar un sistema de gestión basado en la confianza y potenciado por la IA en el contexto de una escuela.

Imaginemos una escuela secundaria urbana que busca fomentar una cultura de confianza, colaboración y aprendizaje continuo entre sus familias, estudiantes, docentes y personal. Para apoyar este objetivo, la escuela decide implantar una plataforma digital integrada que aprovecha la IA para personalizar el aprendizaje, facilitar la comunicación y monitorear el bienestar y el compromiso de la comunidad escolar.

A través de la plataforma, los estudiantes pueden acceder a recursos de aprendizaje adaptados a sus necesidades e intereses individuales, recibir comentarios en tiempo real sobre su progreso y colaborar en proyectos con sus compañeros. Los algoritmos de IA analizan los datos de desempeño y participación de los estudiantes para identificar áreas de fortaleza y mejora, y recomendar intervenciones y apoyos específicos. Los profesores pueden utilizar estos conocimientos para personalizar su educación y mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje para sus alumnos.

La plataforma también sirve como un centro para la comunicación y el compromiso de la comunidad educativa, con características como foros de discusión, encuestas y herramientas de retroalimentación que permiten a los estudiantes, docentes y familias compartir sus perspectivas y contribuir a las decisiones escolares. El análisis de la empatía, del sentimiento y las técnicas de procesamiento del lenguaje natural se utilizan

para interpretar estas comunicaciones y alertar al equipo directivo sobre posibles problemas o áreas de preocupación. Esto le permite responder de manera más rápida y proactiva a las necesidades de su escuela y fomentar un sentido de escucha y receptividad que mejore la confianza.

Fundamentalmente, el éxito de esta iniciativa depende de la confianza: confianza entre estudiantes y docentes, entre la escuela y las familias, y en la fiabilidad y la seguridad de la plataforma tecnológica en sí basada en IA. Para fomentar esta confianza, la escuela debe buscar activamente la participación de la comunidad educativa, y estar dispuesta a adaptar su enfoque dinámicamente en respuesta a las preocupaciones o ideas planteadas.

Si bien este ejemplo es hipotético, ilustra cómo los principios de gestión basada en la confianza y las tecnologías de IA se pueden aplicar en un entorno educativo para apoyar el aprendizaje personalizado, el compromiso de la comunidad educativa y el bienestar de los estudiantes. Ofrece una visión de cómo las escuelas pueden aprovechar la tecnología de una manera centrada en el ser humano y basada en valores para crear entornos más receptivos, inclusivos y potenciadores para todos los estudiantes.

Naturalmente, implementar un sistema de este tipo conlleva muchos desafíos y consideraciones éticas, sin embargo, el potencial transformador también es significativo. Al aprovechar el poder de la IA de una manera que fomente la confianza y el propósito compartido, las escuelas tienen la oportunidad de no solo mejorar los resultados académicos, sino también de cultivar las habilidades y competencias que los estudiantes necesitarán para triunfar en un futuro impulsado por la tecnología. Pueden servir como modelos de lo que es posible cuando las comunidades se unen en torno a una visión audaz y se comprometen a aprender y crecer juntas.

5.4.3. Consideraciones prácticas para la implementación

Estos ejemplos ilustran algunas de las promesas y posibilidades de un enfoque de gestión basado en la confianza potenciado por la IA. Sin

embargo, traducir esta visión en realidad práctica a escala requerirá navegar por una serie de desafíos y consideraciones.

Si bien estos desafíos son significativos, los posibles beneficios de un enfoque de gestión basado en la confianza mediante la IA también son profundos. Al aprovechar el poder de la tecnología de una manera centrada en el ser humano y orientada por valores éticos, a través de la experimentación valiente, la reflexión honesta y el compromiso con el crecimiento y la transformación continuos hacia el bien común, pueden allanar el camino hacia un futuro más sostenible y próspero para todos.

6. CONCLUSIONES

En este artículo, hemos propuesto un marco conceptual para un sistema de gestión sostenible basado en la confianza, que aprovecha las capacidades de la IA para medir y fomentar la confianza en las organizaciones. Consideramos que tal sistema ofrece una alternativa prometedora a los enfoques tradicionales basados en objetivos y el control, que a menudo luchan por hacer frente a la complejidad y la incertidumbre inherentes a los desafíos de sostenibilidad.

Al adoptar un enfoque basado en la confianza, las organizaciones pueden liberar el potencial creativo y colaborativo de sus empleados, construir relaciones más resilientes con los grupos de interés externos y tomar decisiones más inclusivas y eficientes. La IA, si se implementa de manera responsable y ética, puede apoyar este enfoque al proporcionar información sobre las dinámicas de confianza y permitir intervenciones específicas para fomentar la confianza.

Sin embargo, también hemos destacado los significativos desafíos y riesgos asociados con este enfoque, desde sesgos algorítmicos y preocupaciones de privacidad hasta cambios culturales e implicaciones de poder. Abordar estos desafíos requerirá un esfuerzo concertado y multidisciplinario, arraigado en principios éticos claros y sistemas de gobierno robustos.

Mirando hacia el futuro, vemos un gran potencial para futuras investigaciones y prácticas en la interacción de la IA, la confianza y la sostenibilidad. Las áreas prioritarias incluyen el desarrollo de mejores métricas y metodologías para medir la confianza, diseñando algoritmos transparentes y

explicables, explorando las implicaciones de diferentes enfoques en diversos contextos culturales y organizacionales, y co-creando soluciones.

En última instancia, creemos que avanzar hacia modelos más sostenibles y centrados en la confianza de organización y gobierno es imprescindible para abordar los apremiantes desafíos de nuestro tiempo. Esto requerirá un cambio fundamental en la mentalidad, pasando de la maximización del valor para los accionistas a corto plazo a la optimización del valor compartido a largo plazo. También requerirá un nuevo tipo de liderazgo, caracterizado por la empatía, la humildad y un compromiso con el aprendizaje y la adaptación continuos.

El camino por delante no será fácil, pero los costos de la inacción son demasiado altos. Al aprovechar el poder de la IA de manera ética y centrada en el ser humano, y al cultivar la confianza como un recurso central, creemos que las organizaciones pueden allanar el camino hacia un futuro más resiliente, equitativo y próspero para todos. Esperamos que las ideas presentadas en este artículo contribuyan a este urgente y vital esfuerzo.

7. REFERENCIAS

- Bachmann, R., & Zaheer, A. (Eds.). (2006). *Handbook of trust research*. Edward Elgar Publishing.
- Dirks, K. T., & Ferrin, D. L. (2001). The role of trust in organizational settings. *Organization science*, 12(4), 450-467.
- European Commission. (2018). *Artificial intelligence for Europe*. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2018) 237 final.
- Future of Life Institute. (2017). *Asilomar AI principles*. <https://futureoflife.org/ai-principles/>
- Gambetta, D., & Székely, A. (2014). Signs and (counter) signals of trustworthiness. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 106, 281-297.
- Hahn, T., Preuss, L., Pinkse, J., & Figge, F. (2015). Cognitive frames in corporate sustainability: Managerial sensemaking with paradoxical and business case frames. *Academy of Management Review*, 40(1), 18-42.
- Haller, A., & Fehr, E. (2014). The Foundations of Cooperation: Can Computers Help to Understand Cooperative Behavior? *Moral Behavior*, 65-69.

- High-Level Expert Group on AI. (2019). Ethics guidelines for trustworthy AI. European Commission. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>
- Kuenkel, P. (2019). Stewarding sustainability transformations: An emerging theory and practice of SDG implementation. Springer Nature.
- Ley de IA. (n.d.). Configurar El Futuro Digital De Europa. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/regulatory-framework-ai>
- Loorbach, D., Frantzeskaki, N., & Avelino, F. (2017). Sustainability transitions research: transforming science and practice for societal change. *Annual Review of Environment and Resources*, 42, 599-626.
- Martínez-Falero, E., González-García, C., García-Abril, A., & Ayuga-Téllez, E. (2018). Participatory forest management based on confidence. *Forest*, 9(10), 620.
- Mayer, R. C., Davis, J. H., & Schoorman, F. D. (1995). An integrative model of organizational trust. *Academy of management review*, 20(3), 709-734.
- Mehrabi, N., Morstatter, F., Saxena, N., Lerman, K., & Galstyan, A. (2021). A survey on bias and fairness in machine learning. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(6), 1-35.
- Pirson, M. (2022). *Humanistic management: Sustainable management anchored in human dignity*. Cambridge University Press.
- Putnam, R. D. (1993). *Making democracy work: Civic traditions in modern Italy*. Princeton University Press.
- Rahwan, I. (2018). Society-in-the-loop: programming the algorithmic social contract. *Ethics and Information Technology*, 20(1), 5-14.
- Rome Call | What is the Matter with AI Ethics? (2020). <https://www.romecall.org>
- 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.
- Senge, P. M., Smith, B., Kruschwitz, N., Laur, J., & Schley, S. (2010). *The necessary revolution: How individuals and organizations are working together to create a sustainable world*. Crown Business.
- Smith, W. K., & Lewis, M. W. (2011). Toward a theory of paradox: A dynamic equilibrium model of organizing. *Academy of management Review*, 36(2), 381-403.
- Waddock, S. (2020). Reframing and transforming economics around life. *Sustainability*, 12(18), 7553.

CHESTE LUZ VERDE:
TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO
Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA A TRAVÉS
DE ALIANZAS PÚBLICO-PRIVADAS

ANTONIO ALONSO-GONZÁLEZ
Universidad El Bosque

1. INTRODUCCIÓN

La transición energética hacia fuentes renovables se ha acelerado en España, redefiniendo el panorama del mercado eléctrico, impactando en la política energética, los precios de la electricidad y la competitividad industrial, y destacando la importancia de las renovables en el marco de la sostenibilidad y la seguridad energética en el país. Así mismo, la ciudadanía española, las empresas y los entes gubernamentales han tenido que afrontar una serie de eventos y desafíos en los últimos años que modificaron y a veces empeoraron los costes de la factura energética de cada grupo, como por ejemplo la pandemia del COVID19, la guerra de Ucrania, o la escalada del conflicto de Gaza en Oriente Medio, entre otros, evidenciándose como efecto derivado de estos acontecimientos presiones inflacionarias en el coste de la energía.

En base a estas circunstancias, contexto y escenario, el presente trabajo pretende realizar una revisión de la literatura de los últimos años sobre las características y particularidades más importantes del mercado eléctrico español, profundizando en lo referente a las fuentes de energías renovables, y específicamente en la generación de energía eléctrica a través de instalaciones de paneles fotovoltaicos, así como las posibilidades que ofrecen las llamadas Alianzas Público-Privadas (APPs) para el diseño, desarrollo e implementación de proyectos de gran envergadura relacionados con este tipo de instalaciones.

En base a las particularidades identificadas en esta revisión bibliográfica, se procederá a analizar un caso de estudio particular localizado en el municipio de Cheste, situado en la provincia de Valencia, España, lugar donde se lleva desarrollando desde el año 2021 el diseño y puesta en marcha del proyecto “Cheste Luz Verde”, enfocado a la implementación a través de Alianzas Público-Privadas de un proceso de transmisión del conocimiento y sostenibilidad energética que permita desarrollar suministro energético gratuito para los organismos municipales, así como reducir la factura eléctrica del sector comercial, industrial y de su ciudadanía, impactando dicha iniciativa directamente sobre el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS 7 “Energía Asequible y No Contaminante”, ODS 11 “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, ODS 12 “Producción y Consumo Responsable”, ODS 13 “Acción por el clima” y ODS 17 “Alianzas para alcanzar los objetivos.

2. OBJETIVOS

La investigación recogida en el presente artículo tendrá como objetivos dos ejes fundamentales que se enuncian a continuación:

- Realizar una revisión bibliográfica a profundidad sobre el mercado eléctrico español, la utilización de las fuentes de energía renovables y más concretamente la de origen fotovoltaico, y las posibilidades que ofrecen las APPs en el desarrollo de este tipo de proyectos.
- Revisar y analizar cómo caso de estudio la iniciativa “Cheste Luz Verde” iniciada en 2021 y cuyo desarrollo tomó forma en 2023 en la localidad de Cheste, provincia de Valencia, España, la cual engloba los elementos analizados en la revisión bibliográfica inicial.

3. METODOLOGÍA

La realización de la presente investigación se realizó en dos partes claramente diferenciadas: Revisión de la Literatura y Revisión y Análisis del Caso de Estudio Cheste Luz Verde.

En cuanto a la Revisión de la Literatura, se realizó una búsqueda de fuentes de información secundaria a través de la plataforma de Google Scholar durante el mes de marzo y abril de 2024, pudiendo identificar 24 fuentes de interés como base constitutiva de esta revisión en función de los siguientes criterios:

1. La parametrización de las búsquedas se realizó para ofrecer resultados de fuentes disponibles a partir de una fecha de publicación de 2020 o posterior, a excepción de las búsquedas realizadas en referencia a las Alianza Público-Privadas, donde se tuvo que ampliar el rango de años de búsqueda a 2017 en adelante por las escasas fuentes encontradas en relación con la temática de estudio.
2. Se exigieron en las búsquedas que las palabras clave utilizadas aparecieran todas en el título de la fuente, no incluyendo citas ni patentes, para concretar y precisar mejor los resultados obtenidos.
3. Se priorizaron las fuentes de información abiertas, disponibles o descargables que provinieran de revistas o publicaciones científicas, y de organismos oficiales o de reconocido prestigio.
4. Se filtraron los resultados para ofrecer artículos con enfoque generalista y polivalente, descartando los casos de análisis, revisión o aplicación específica, o casos de estudio con un espectro o alcance muy concreto o limitado.
5. Las palabras clave utilizadas con los elementos parametrizados según los puntos anteriores fueron: “Mercado Eléctrico Español” (obteniendo 23 resultados a analizar), “Energías Renovables España” (obteniendo 14 resultados a analizar), “Fotovoltaica España” (obteniendo 32 resultados a analizar), “Público Privada España” (obteniendo 42 resultados a analizar, ampliando en este caso el rango de años de búsqueda a partir de 2017 hasta la actualidad), de los cuales eliminando las fuentes no disponibles o que no tenían relación directa con la presente investigación, pudieron aprovecharse 24 fuentes totales de interés listadas en el apartado “8. Referencias” del presente documento.

Una vez se tuvieron estas 24 fuentes de interés derivadas de este proceso de búsqueda a través de Google Scholar, las cuales se presentan en el apartado 4. *Resultados* del presente documento, se procedió a desarrollar la siguiente fase consistente en la revisión y análisis de la iniciativa “Cheste Luz Verde” que se incluyó en el apartado 5. *Discusión*, en la cual se aplicó la metodología desarrollada por Denyer, Tranfield, y Van Aken (2008) en su trabajo "*Developing Design Propositions through Research Synthesis*", en el que los autores proporcionan una metodología detallada para el desarrollo de proposiciones de diseño a través de la síntesis de investigaciones existentes. Esta metodología, basada en la lógica CIMO (Contexto, Intervención, Mecanismo, y Resultado), ofrece un marco para crear conocimiento prescriptivo que vincula intervenciones con resultados en contextos específicos, lo cual es de gran relevancia para proyectos de innovación y sostenibilidad energética como el registrado en la iniciativa "Cheste Luz Verde". Concretamente, en cuanto a cada uno de los elementos de la metodología CIMO aplicada, se realizó el siguiente proceso:

- Contexto (Context - C): Donde se describen los elementos del microentorno (clientes, proveedores, distribuidores, competidores, grupos de presión, y los condicionantes del propio municipio) y macroentorno (naturales, económicos, tecnológicos, políticos, culturales o demográficos) que podrían influir en el diseño, construcción y ejecución de la intervención, proyecto, o iniciativa en cuestión. En el caso de estudio presente, se referiría a los condicionantes propios del municipio, el contexto energético del mercado español, los condicionantes coyunturales internos y externos que están afectando el coste energético en la localidad, y otros que se desarrollarán y analizarán en la revisión bibliográfica del caso.
- Intervención (Interventions - I): Son los procesos a través de los cuales se va a motivar el desarrollo de la iniciativa, referidos al liderazgo, sistemas de planificación, mecanismos de aprobación, elementos de control, u otros condicionantes similares. Para el Caso Cheste Luz Verde, la iniciativa se desarrolló desde el Ayuntamiento de la Localidad, donde se

presentó la oportunidad para debate, discusión, aprobación y puesta en marcha, y donde se establecieron los correspondientes mecanismos de seguimiento y control en cuanto a la evolución del proyecto y el desarrollo de las respectivas etapas asociadas al mismo.

- Mecanismo (Mechanisms - M): Es el canal o conducto a través del cual se va a desarrollar la iniciativa, proyecto o intervención, en este caso, la constitución de un Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares que pueda detallar los condicionantes del proyecto en relación con sus requerimientos, diseño, realización, ejecución y resultados esperados, buscando además que el mecanismo se desarrolle a través del establecimiento de Alianzas Público-Privadas – APPs.
- Resultado (Outcome - O): Refiriéndose al resultado de la intervención, proyecto o iniciativa en diferentes aspectos, en este caso se esperaría poder alcanzar una disminución en la factura eléctrica de los ciudadanos, empresas y entidades públicas de Cheste, pudiendo esto incrementar la competitividad del tejido industrial y de servicios en la localidad, así como una disminución en la huella de carbono del municipio, entre otros elementos, e incidiendo también de manera directa o indirecta en la consecución de la agenda de los ODS 7 “Energía Asequible y No Contaminante”, ODS 11 “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, ODS 12 “Producción y Consumo Responsable”, ODS 13 “Acción por el clima” y ODS 17 “Alianzas para alcanzar los objetivos.

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN Y CONTEXTO DEL MERCADO ELÉCTRICO ESPAÑOL

El mercado eléctrico español, enmarcado dentro de las dinámicas del Mercado Ibérico de la Electricidad (MIBEL), se caracteriza por su complejidad y constante evolución, influenciada tanto por factores internos como externos. La transición hacia un modelo energético más

sostenible, impulsada por políticas gubernamentales y la creciente integración de energías renovables, ha modificado significativamente el panorama energético del país. Uno de los elementos clave en la configuración del mercado eléctrico español es la capacidad de las interconexiones con otros mercados (Chaves Ávila, Del Río González & Gómez, 2021). La estructura del mercado eléctrico español, integrada en el mercado ibérico junto con Portugal, se enfrenta a la volatilidad de los precios, en gran medida debido a su dependencia de los combustibles fósiles y las importaciones de energía (de Matos & Murillo, 2022). Sin embargo, Macedo (2022) destaca la importancia de estas interconexiones y por tanto su papel significativo en la reducción de la volatilidad y el nivel de precios de la electricidad.

La demanda de energía eléctrica juega el papel crucial en la determinación de los precios en el mercado. Se han realizado esfuerzos para intentar modelizar este mercado, como el efectuado por Rendón *et al.* (2021) que plantean un modelo que permite una comprensión más profunda de la distribución de probabilidad de la demanda diaria promedio, y es en este sentido Macedo (2022) afirma que la expansión de las energías renovables dentro del MIBEL auguran un incremento en el volumen de electricidad comercializada, lo que subraya la necesidad de aumentar la capacidad de estas interconexiones para mitigar potenciales congestiones y los efectos adversos en los precios a lo largo del día.

La implementación de tarifas dinámicas de tiempo de uso (TOU) representa otro aspecto relevante propio en el análisis del mercado eléctrico español. López de la Nieta Polonio (2022) examinan en su trabajo los precios en el mercado diario eléctrico, ofreciendo una visión detallada de los factores que influyen en estos precios. Subiela-Hernández *et al.* (2023) resaltan la necesidad de emplear un lenguaje claro en las facturas de electricidad reguladas, argumentando que el derecho a comprender plenamente estos documentos es fundamental para una toma de decisiones informada por parte de los consumidores, pues como indican Enrich, Sáez & Tarancón (2024), el impacto de estas tarifas en el consumo de electricidad influyen en los patrones de consumo y contribuyen a una gestión más eficiente de la demanda, incentivando a los consumidores a ajustar su consumo a periodos de menor demanda, fomentando así una mayor estabilidad en el mercado. López de la Nieta Polonio

(2022) también analiza las evoluciones de estos precios del mercado diario eléctrico, ofreciendo una visión detallada de los factores que influyen en ellos. En la misma línea, Ruiz Navarrete (2020) aborda la estimación y predicción de los precios de la electricidad, destacando la importancia de utilizar modelos estadísticos avanzados para entender mejor las fluctuaciones de precios en un mercado altamente volátil. Este análisis es crucial para desarrollar estrategias que mitiguen el impacto de dichas fluctuaciones en consumidores y empresas.

Todas estas investigaciones colectivamente subrayan la importancia de la transparencia, la previsibilidad y la comprensión en el ámbito energético español, elementos esenciales para la eficiencia del mercado y la satisfacción del consumidor en el contexto del país, así como la coincidencia en que uno de los principales desafíos en este proceso es la reducción de la pobreza energética, un problema que se ha abordado mediante la tarifa eléctrica social, cuya efectividad sigue siendo objeto de análisis y debate (Bagnoli & Bertoméu-Sánchez, 2022). Este mecanismo busca aliviar el impacto de los costos energéticos en los hogares más vulnerables, en un contexto donde los precios de la electricidad han experimentado fluctuaciones significativas (STATISTA, 2023).

Se puede decir por todo lo expuesto que el mercado eléctrico español se encuentra en un proceso de evolución hacia una mayor sostenibilidad y eficiencia, impulsado por la integración de energías renovables, el desarrollo de infraestructuras de interconexión y la implementación de políticas tarifarias innovadoras. Este contexto presenta desafíos y oportunidades únicas para los actores del mercado, los reguladores y los consumidores, en el camino hacia un futuro energético más sostenible y resiliente.

4.2. LAS FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES EN EL MERCADO ELÉCTRICO ESPAÑOL

Como se mencionó en el anterior apartado, el panorama energético de España está experimentando una transformación significativa hacia la sostenibilidad, marcada por un crecimiento robusto en el desarrollo y la integración de fuentes de energía renovables. Esta evolución no solo responde a los imperativos climáticos globales sino también a las dinámicas propias del mercado eléctrico español, cuyas particularidades revelan

desafíos y oportunidades únicas en el contexto de la transición energética. La integración de energías renovables ha transformado profundamente el mercado eléctrico, no solo en España sino a nivel global. Langarita *et al.* (2021) detallan que las medidas fiscales centradas en la promoción de la electricidad renovable en España han facilitado un crecimiento significativo de fuentes de energía limpias. Esta transición hacia un modelo energético más verde ha sido fundamental para alcanzar los objetivos de sostenibilidad y reducción de emisiones de carbono del país.

El creciente aporte de las energías renovables está empezando a cambiar el panorama del mercado eléctrico español, ofreciendo una vía para la estabilización de los precios a largo plazo y una reducción de la dependencia energética del exterior (de Matos & Murillo, 2022). La inversión en energías renovables y la eficiencia energética se presenta como una estrategia clave para la recuperación económica postpandemia, con el potencial de fortalecer la solvencia de empresas estratégicas y promover un modelo energético más sostenible (Torres & Fernández, 2022). La reducción en la demanda durante los periodos de confinamiento durante la pandemia reveló el potencial de las energías renovables para satisfacer una mayor proporción del consumo energético, destacando su rol en la reducción de las emisiones de carbono (Santiago *et al.*, 2021). Este enfoque no solo tiene implicaciones positivas para el medio ambiente sino también para la economía española, ofreciendo oportunidades para el desarrollo de nuevas industrias y tecnologías.

Todo lo mencionado indica que el mercado eléctrico español se encuentra en un punto de inflexión, donde las fuentes de energía renovables no solo son imperativas para cumplir con los objetivos climáticos sino también para asegurar un suministro energético estable y sostenible a largo plazo. La transición hacia un modelo energético más verde y menos dependiente de fuentes externas es fundamental para la sostenibilidad económica y ambiental de España.

4.3. EL PAPEL DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y SU IMPACTO COMO ENERGÍA RENOVABLE EN EL SECTOR ELÉCTRICO ESPAÑOL

El avance de las tecnologías fotovoltaicas y su integración en el sector eléctrico español han supuesto un cambio significativo hacia la

sostenibilidad y la independencia energética. En este contexto, Trigo-González *et al.*, (2023) destacan la importancia de adaptar las políticas y marcos regulatorios para aprovechar al máximo este recurso, así como la combinación de la producción fotovoltaica con otras estrategias que aumenten su eficiencia y rentabilidad, como la operación de baterías en sistemas de autoconsumo fotovoltaico, explorada por Durán Gómez *et al.*, (2023). Se destaca que la producción de energías renovables a través de instalaciones fotovoltaicas está siendo una estrategia cada vez más atractiva para los consumidores y las empresas, por sus implicaciones financieras y medioambientales.

En cuanto a la producción de electricidad en España a través de instalaciones fotovoltaicas, Espejo-Marín & Aparicio-Guerrero (2020). (2020) analizan su evolución a lo largo del siglo XXI, resaltando los desafíos y oportunidades que enfrenta España para integrar eficazmente esta forma de generación renovable en su mix energético. Además, el estudio de Gómez-Expósito, Arcos-Vargas & Gutiérrez-García (2020) sobre la contribución potencial de este tipo de energía renovable enfatiza la necesidad de una infraestructura y políticas de apoyo que faciliten la expansión de la energía fotovoltaica en entornos urbanos. Finalmente, Hallste-Pérez, Rodríguez-Chueca & Pérez-Rodríguez (2023) ofrecen un análisis sobre la generación actual y futura de electricidad en España, destacando la transición que ello implica hacia un sistema eléctrico más sostenible y menos dependiente de combustibles fósiles, donde la energía fotovoltaica desempeña un papel crucial.

Este conjunto de investigaciones proporciona una base de contextualización para entender el impacto y el potencial de la energía fotovoltaica en España, destacando la importancia de una planificación y políticas adecuadas que consideren tanto las innovaciones tecnológicas como las financieras para fomentar la adopción de energías renovables y avanzar hacia una economía baja en carbono. La sinergia entre el desarrollo tecnológico, la regulación, y el apoyo financiero es fundamental para superar los desafíos existentes y aprovechar las oportunidades que ofrece la energía fotovoltaica para el sector eléctrico español.

4.4. ALIANZAS PÚBLICO-PRIVADAS PARA EL DESARROLLO DE ENERGÍAS RENOVABLES

Las Alianzas Público-Privadas (APPs) en el desarrollo de energías renovables en España constituyen una piedra angular para alcanzar los objetivos de transferencia del conocimiento, sostenibilidad y transición energética. Esta colaboración entre el sector público y el privado facilita la ejecución de proyectos de energías renovables, aprovechando la combinación de recursos y capacidades para compartir riesgos, transferir *know-how*, fomentar la innovación y garantizar financiamiento. La experiencia de España en Alianzas Público-Privadas subraya la necesidad de un marco legal y de incentivos bien estructurado que motive la inversión privada en energías renovables, manteniendo los objetivos políticos y medioambientales (Rebollo Fuente, 2017). El establecimiento de un marco normativo estable, la definición de estructuras financieras innovadoras, la promoción de la transparencia y la buena gobernanza, así como el fortalecimiento de la capacidad institucional son aspectos fundamentales para el éxito de las Alianzas Público-Privadas en el ámbito renovable (ESADE, 2017). La inclusión de entidades de la economía social en este tipo de alianzas representa una variante innovadora que integra la responsabilidad social y el compromiso comunitario en el desarrollo de infraestructuras energéticas renovables, contribuyendo a la transición energética y al desarrollo económico local (Vañó, 2020).

Además, la experiencia internacional muestra que las Alianzas Público-Privadas pueden acelerar el despliegue de las energías renovables, contribuyendo de manera significativa a la mitigación del cambio climático y al desarrollo sostenible. Sin embargo, es vital diseñar y gestionar estas alianzas para maximizar los beneficios para todas las partes y para la sociedad en general, evitando los riesgos de privatización de los recursos naturales (Sticco García, 2023). Por ello, las Alianzas Público-Privadas se presentan como una herramienta valiosa para fomentar las inversiones en energías renovables, proporcionando un modelo de colaboración que equilibra la eficiencia del sector privado con los objetivos de política pública. Las lecciones aprendidas tanto en España como a nivel internacional ofrecen referencias importantes para la optimización de estas alianzas en el futuro.

5. DISCUSIÓN

5.1. CONTEXTO DE LA LOCALIDAD DE CHESTE

La localidad de Cheste se encuentra en la parte más septentrional de la comarca de La Hoya de Buñol, en el centro de la provincia de Valencia, en la Comunidad Valenciana, España, situándose a tan solo 26 km de la ciudad capital de provincia, Valencia. Su término municipal cuenta con una superficie de aproximadamente 71,4 km² y una altitud promedio de 218 m. sobre el nivel del mar (Ayuntamiento de Cheste, 2024).

En cuanto a su población, de mayoría castellanoparlante, podemos encontrar que en 2023 el municipio registraba 8.962 habitantes (INE, 2024):

GRÁFICO 1. *Cifras Oficiales de Población de Cheste entre 2010 y 2023.*

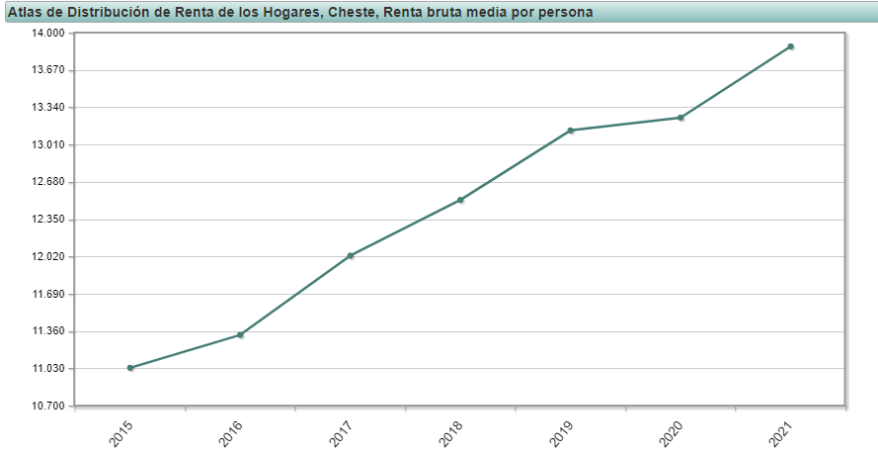


Fuente: INE (2024).

Así mismo, en cuanto a los indicadores de renta, la Renta Bruta Media por habitante en la localidad de Cheste fue incrementándose desde 2015 a 2021, llegando en este último año a 13.878 euros/habitante (INE, 2024):

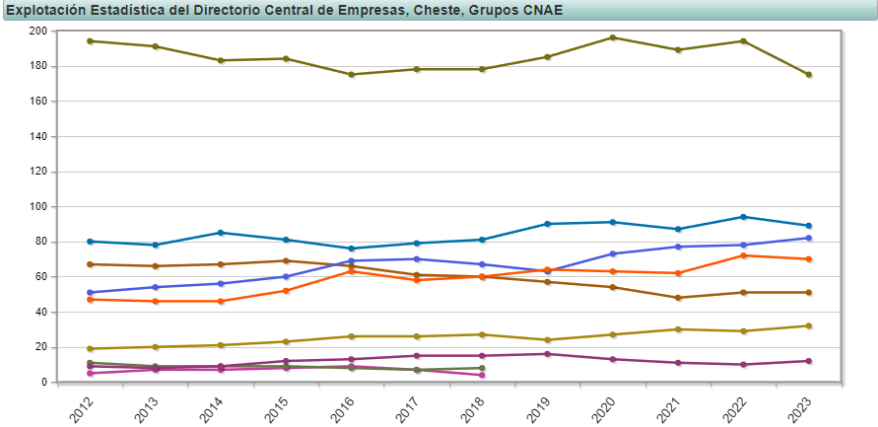
En lo referente a actividad empresarial, para el año 2023 estaban registradas en Cheste 511 empresas repartidas en diferentes actividades: Comercio, Transporte y Hostelería (175), Construcción (89), Actividades Profesionales y Técnicas (82), Otros Servicios Personales (70), Industria (51), Educación, Sanidad y Servicios Sociales (32), y Actividades Inmobiliarias (12) (INE, 2024):

GRÁFICO 2. Cifras Oficiales de Renta Bruta Media por Persona entre 2015 y 2021.



Fuente: INE (2024).

GRÁFICO 2. Cifras Oficiales de Empresas Registras en Cheste, entre 2012 y 2023.



Fuente: INE (2024).

Como se constata en los anteriores gráficos y datos suministrados, si bien desde 2018 el municipio de Cheste ha venido incrementando su población, parece que en 2023 hubo un estancamiento o decrecimiento en la misma. Así mismo, el total de empresas registradas en Cheste también presenta esta desaceleración, observándose que el valor total de las mismas oscila en un rango entre 500 y 540 empresas en los

últimos años, pero teniendo en 2023 un decrecimiento hasta las 511 empresas registradas. Las cifras de renta per cápita si son favorables, incrementándose casi linealmente este valor hasta llegar a los 13.878 euros/habitante en el año 2021.

Todos estos elementos de contextualización sobre el municipio de Cheste pueden profundizarse en investigaciones y trabajos específicos como el desarrollado por Castelló-Sirvent, García-García & Izquierdo-Morejón (2023), donde se presenta un análisis exhaustivo de la localidad con el objetivo de diseñar políticas públicas eficaces que mejoren el empleo en la región desde lo acontecido con la crisis económica de 2008 con el estallido de la burbuja inmobiliaria en España y cómo impactó ésta en el mercado laboral. La metodología incluye tanto análisis cualitativo como cuantitativo, utilizando datos de la Encuesta de Población Activa de Cheste y de la oficina del SERVEF (Servicio Valenciano de Empleo y Formación), y examinándose las dinámicas de la demanda y la oferta de trabajo en Cheste y su comarca. En este trabajo se detalla el perfil de las empresas y los desempleados en la región, identificando a sectores y demografías específicos que enfrentan mayores dificultades, concluyendo en una serie de hallazgos clave y recomendaciones políticas, como por ejemplo la necesidad de establecer políticas que mejoren la empleabilidad de grupos vulnerables y que se ajusten a las características específicas del mercado laboral local, la propuesta de acciones estratégicas y operativas destinadas a mejorar la inserción laboral a corto y medio plazo, la necesidad de capacitación técnica y en las habilidades blandas de los demandantes de empleo, o la recomendación de impulsar del emprendimiento y la cooperación entre el gobierno local y las empresas.

Por todo lo anteriormente expuesto, desde los últimos años el equipo de gobierno de la localidad de Cheste, reflejado en su Ayuntamiento, quiso desarrollar iniciativas que permitieran no solo incrementar el desarrollo económico y social del municipio, sino también mejorar las condiciones de bienestar y calidad de vida de sus habitantes, sin dejar de lado las crecientes demandas referentes a la conciencia medioambiental. Una de estas iniciativas tomó forma bajo el nombre de “Cheste Luz Verde”, un proyecto que se ha venido desarrollando desde el año 2021 y cuya implementación podría suponer un caso de éxito modélico

para otras localidades y municipios, tanto a nivel nacional como internacional, en la misma línea de acción que la propuesta de los autores Alonso-Gonzalez, Palacios-Chacon & Peris-Ortiz (2018), enfocada en desarrollar innovaciones sociales sostenibles para la mejora de competitividad, convivencia e impacto medioambiental de los núcleos urbanos, a través de la metodologías de innovación aplicadas y de transmisión del conocimiento que permitan el desarrollo sostenible en ambientes dinámicos y cambiantes, como también exponen los autores Mauri-Castello, Alonso-Gonzalez & Peris-Ortiz (2018).

5.2. ESTUDIOS ESPECÍFICOS SOBRE LA LOCALIDAD DE CHESTE

Es importante destacar algunos estudios específicos realizados sobre la localidad de Cheste, como por ejemplo el desarrollado por Castelló-Sirvent & Peris-Ortiz (2023), donde se analiza las estrategias clave implementadas por la municipalidad de Cheste, en colaboración con la Universitat Politècnica de València, para mejorar la respuesta económica local ante crisis sucesivas, como la pandemia de COVID-19 y la crisis energética derivada del conflicto en Ucrania en 2022, proponiéndose cinco medidas políticas fundamentales:

- Medida 1: Apoyo a la formación y capacitación de los ciudadanos: Esta medida se centra en elevar la cualificación de los ciudadanos para mejorar su empleabilidad, proponiendo una mejor adaptación a las nuevas demandas del mercado laboral, especialmente en habilidades digitales y tecnológicas.
- Medida 2: Desarrollo económico industrial y comercial: Orientada fomentar el crecimiento de la infraestructura industrial y comercial de Cheste, incentivando la innovación y la inversión, y promoviendo un ambiente favorable para el establecimiento de nuevas empresas.
- Medida 3: Impulso de colaboraciones público-privadas: Enfocada en fortalecer la cooperación entre el sector público y privado, esta medida busca crear sinergias que permitan el desarrollo de proyectos comunes que generen empleo y fomenten un crecimiento económico sostenible.

- Medida 4: Fomento de las transiciones sociotécnicas para la sostenibilidad: Enfocada en promover la implementación de tecnologías sostenibles y prácticas amigables con el medio ambiente, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono y al avance hacia una economía más verde.
- Medida 5: Mejora de la eficiencia de la administración local. Buscando optimizar los procesos y la gestión de recursos en la administración local para aumentar la eficacia en la prestación de servicios públicos.

Estas medidas están diseñadas no solo para enfrentar y mitigar los efectos de crisis actuales y futuras, sino también para propulsar un desarrollo económico a largo plazo que sea inclusivo y sostenible. La implementación de estas políticas pretende transformar a Cheste en un modelo de resiliencia y adaptación económica frente a adversidades.

5.3. DISEÑO DEL PROYECTO CHESTE LUZ VERDE

La iniciativa analizada en la presente investigación inicia el 30 de septiembre de 2021, donde se presentó desde la concejalía de Medio Ambiente de Cheste, y con el respaldo de la Generalitat Valenciana y el Ministerio de Consumo de España, el proyecto “Cheste Luz Verde”, que nace con el objetivo de ofrecer a los de la localidad, a las empresas y comercios, e incluso a los organismos y servicios municipales, un ahorro en la factura eléctrica de su consumo energético y a la vez una perspectiva más respetuosa con el medio ambiente, a través de la instalación de paneles solares en diferentes espacios del municipio (Ayuntamiento de Cheste, 2021), estableciendo un nuevo modelo energético con precios mínimos del mercado mayorista para la ciudadanía, empresas y PYMES del municipio, incrementando el grado de autoabastecimiento de energía de la localidad con un origen renovable, fomentando el empleo y el desarrollo local, la conciencia ambiental y los conocimientos particulares de la población de Cheste respecto de la problemática concreta del abastecimiento y gestión de la energía, para mejorar y fomentar la movilidad energética (Ayuntamiento de Cheste, 2023a).

El proyecto Cheste Luz Verde pretende por tanto convertirse en una iniciativa de éxito en cuanto a transmisión del conocimiento y sostenibilidad energética a través de la conformación de Alianzas Público-Privadas de una manera transparente y competitiva. Inicialmente, según el Ayuntamiento de Cheste (2021), se identificaron 30 espacios municipales que suponen alrededor de 100.000 m², y enfocándose su uso para la producción de energía eléctrica fotovoltaica capaz de cubrir el consumo de 6.000 hogares. Con ello se pretendía generar un beneficio o ahorro de 1,8 millones de euros al año que repercutiría en los vecinos con una disminución de entre un 20% y un 40% por ciento su factura de la luz, siendo el impacto medioambiental destacable, consiguiéndose a través del proyecto un equivalente estimado a plantar 288.000 árboles y reducir cerca de 19.000 toneladas de emisiones de CO₂.

Sin embargo, para el año 2023 la iniciativa había ampliado sus objetivos y se había vuelto más ambiciosa en cuanto a sus cifras: el proyecto fotovoltaico podría generar hasta 25 MW, repartidos en más de 30 puntos de autoconsumo, unos degradados y otros de nueva construcción, que abarcarían 275.000 m², calculándose el valor necesario de inversión en alrededor de 16 millones de euros, y permitiendo reducir la factura eléctrica de los vecinos del municipio en hasta un 70%, suministrando también energía a las más de 500 empresas de la zona, más de 100 comercios, cuatro polígonos industriales, el circuito de motos Ricardo Tormo y la universidad laboral, además de cubrir todo el alumbrado público y edificios municipales, con un mínimo de reducción de coste del precio de la energía de un 10% por debajo del Operador del Mercado Ibérico de Energía – OMIE, y reducir cerca de 25.000 toneladas de emisiones de CO₂ (Picher, 2023a & 2023b), instalándose además entre 40 y 70 nuevos cargadores para vehículos eléctricos repartidos en el casco urbano, zonas deportivas, espacios de estacionamiento vehicular y polígonos industriales, recomendando en este último aspecto seguir los lineamientos y especificaciones reflejadas en el trabajo de Fernández (2021).

5.4. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO CHESTE LUZ VERDE

Una vez aprobado el proyecto por el Pleno del Ayuntamiento de Cheste en marzo de 2023, el siguiente paso consistió en la elaboración de un

estudio técnico y unos pliegos para convocar un concurso público con el que adjudicar la construcción de las infraestructuras necesarias para producir energía solar, así como su puesta en marcha y explotación. Estos pliegos fueron publicados en mayo del mismo año, promovidos desde la Concejalía de Medio Ambiente del municipio en el marco de la transición energética que marca la Agenda 2030 (Ayuntamiento de Cheste, 2023a) e impactando dicha iniciativa directamente sobre el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS 7 “Energía Asequible y No Contaminante”, ODS 11 “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, ODS 12 “Producción y Consumo Responsable”, ODS 13 “Acción por el clima” y ODS 17 “Alianzas para alcanzar los objetivos.

El documento de pliegos se publicó bajo el título de “Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del contrato privado de cesión onerosa del derecho de superficie sobre la rasante y vuelo de determinadas parcelas y edificios públicos mediante adjudicación por concurso abierto para el aprovechamiento en la generación de Energías Renovables y Autoabastecimiento del Municipio de Cheste”, y basaron su modelo de presentación en el establecimiento de Alianzas Público-Privadas que permitan la contratación para que, además de la construcción y puesta en marcha de dichas instalaciones, se realice la gestión de la energía que se genere, el mantenimiento de las instalaciones y la garantía de seguridad y salubridad de los espacios cedidos. La duración del contrato se fijará en 40 años de explotación y, tras la firma, la entidad adjudicataria dispondrá de un periodo máximo de 9 meses para iniciar los expedientes del proyecto y de otros 9 meses para iniciar las obras, una vez los expedientes obtengan la resolución administrativa positiva (Ayuntamiento de Cheste, 2023a, 2023b).

Actualmente el proyecto se encuentra en esta fase de licitación pública frente a los pliegos presentados, buscando los aliados que manifiesten su intención de participar a través de este sistema de Alianza Público-Privada en el proyecto en cuestión, y debiendo por tanto darle un seguimiento en los próximos meses a los avances en estos procesos de adjudicación, contratación e implementación, para estudiar el verdadero impacto del proyecto y el grado de cumplimiento del mismo frente a los objetivos y resultados preliminares planteados en la localidad de Cheste.

6. CONCLUSIONES

La presente investigación se inscribe en un contexto donde la transición energética hacia fuentes renovables es un imperativo global. Este análisis profundiza en la contribución de las Alianzas Público-Privadas (APPs) al desarrollo de proyectos de energía renovable, con especial énfasis en el caso de estudio “Cheste Luz Verde”, desarrollado en el municipio de Cheste, en la provincia de Valencia, España, revelando la presente investigación cómo la implementación de proyectos de este tipo puede impactar significativamente en la sostenibilidad energética y la transferencia de conocimiento. La metodología desarrollada se basó en la lógica CIMO (Contexto, Intervención, Mecanismo, y Resultado), desarrollando cada uno de los elementos del modelo en la presente investigación: Contexto (Context - C) a través de un análisis y revisión bibliográfica de los elementos más importantes para contextualizar la situación interna y externa del proyecto; Intervención (Interventions - I) con el desarrollo de la iniciativa por parte del Ayuntamiento de Cheste para su debate, discusión, aprobación, puesta en marcha, seguimiento y control; Mecanismo (Mechanisms - M) con la constitución de un Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares que pueda detallar los condicionantes del proyecto y su puesta en marcha a través del establecimiento de Alianzas Público Privadas – APPs; y Resultado (Outcome – O) en cuanto a los resultados esperados, como por ejemplo la disminución en la factura eléctrica de los ciudadanos, empresas y entidades públicas de Cheste, disminución en la huella de carbono del municipio, e incidencia en la consecución de la agenda de los ODS.

El presente artículo inicia por tanto con una extensa revisión de la literatura existente, contextualizando y poniendo de relieve la complejidad y dinamismo del mercado eléctrico español, caracterizado por su transición hacia un modelo energético más sostenible, marcado por la integración creciente de energías renovables. El trabajo destaca la importancia de las energías renovables, en particular la fotovoltaica, en el panorama energético español. La investigación subraya cómo la tecnología fotovoltaica, respaldada por políticas adecuadas y marcos regulatorios, puede ofrecer soluciones concretas a los desafíos energéticos contemporáneos, promoviendo al mismo tiempo el desarrollo económico y la sostenibilidad

ambiental. En este contexto, las Alianzas Público-Privadas emergen como un vehículo eficaz para la realización de proyectos ambiciosos, que no solo buscan la sostenibilidad energética sino también la participación comunitaria y el desarrollo económico local.

El caso de Cheste, con su proyecto "Cheste Luz Verde", ejemplifica de manera notable esta sinergia entre sostenibilidad, innovación y colaboración público-privada. La iniciativa se presenta como un modelo de cómo las Alianzas Público-Privadas pueden facilitar la implementación de infraestructuras energéticas renovables, demostrando los beneficios tangibles de este tipo de colaboraciones. Este proyecto no solo promete un impacto ambiental positivo mediante la reducción de emisiones de CO₂ y la promoción de energías limpias, sino que también plantea una reducción significativa en la factura energética para ciudadanos y empresas, evidenciando el potencial de las renovables para contribuir a la equidad social y la resiliencia económica. El estudio resalta el papel crucial de las Alianzas Público-Privadas en el fomento de la sostenibilidad energética, la innovación tecnológica y la transferencia de conocimiento. El análisis del caso de Cheste sirve por tanto como un valioso referente para otras localidades y regiones, proporcionando lecciones clave sobre la planificación, implementación y gestión de proyectos de energía renovable. Además, reafirma la relevancia de la participación comunitaria y el compromiso local como componentes esenciales para el éxito de estos proyectos.

Finalmente, se puede argumentar que la presente investigación contribuye significativamente al corpus académico sobre transición energética, sostenibilidad y colaboración público-privada, ofreciendo insights prácticos y teóricos para académicos, responsables políticos y profesionales del sector. Asimismo, invita a la reflexión sobre el futuro de la energía renovable en España y la necesidad de modelos innovadores de colaboración que puedan acelerar la transición hacia un sistema energético más sostenible y equitativo.

7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Los autores del presente documento queremos agradecer el apoyo que nuestras instituciones nos dieron en cuanto a la dedicación de tiempo y recursos para poder realizar y llevar a cabo la presente investigación, mencionando

por ello a la Universidad el Bosque, de Bogotá D.C., Colombia y a la Universidad Politécnica de Valencia, de Valencia, España, y al Ayuntamiento y autoridades de Cheste, en la provincia de Valencia, España.

8. REFERENCIAS

- Alonso-Gonzalez, A., Palacios-Chacon, L. A. & Peris-Ortiz, M. (2018). Sustainable Social Innovations in Smart Cities: Exploratory Analysis of the Current Global Situation Applicable to Colombia. En Peris-Ortiz, M., Gomez, J. A. & Marquez, P. (Eds.) *Strategies and Best Practices in Social Innovation: An Institutional Perspective* (pp. 65-87). Springer International Publishing. ISBN: 978-3-319-89857-5
- Ayuntamiento de Cheste (2021). El proyecto Cheste Luz Verde recibe el reconocimiento de la Generalitat como iniciativa pionera para un consumo energético sostenible. Sección de Noticias.
- Ayuntamiento de Cheste (2023a). Arranca la puesta en funcionamiento del proyecto Cheste Luz Verde. Sección de Noticias.
- Ayuntamiento de Cheste (2023b). Pliego Prescripciones Técnicas Particulares Proyecto Cheste Luz Verde. Perfil del contratante de la Sede electrónica municipal.
- Ayuntamiento de Cheste (2024). Situación e Historia de Cheste. Sección de Pueblo.
- Bagnoli, L., & Bertoméu-Sánchez, S. (2022). How effective has the electricity social rate been in reducing energy poverty in Spain?
- Castelló-Sirvent, F., García-García, J. M., & Izquierdo-Morejón, J. (2023). El mercado de trabajo en Cheste y su comarca: Análisis económico para el diseño de la política pública. Ayuntamiento de Cheste, concejalía de Empleo.
- Castelló-Sirvent, F., & Peris-Ortiz, M. (2023). Lecciones aprendidas durante la crisis: Cinco Medidas de Política Económica Municipal. Ayuntamiento de Cheste. Concejalía de Empleo.
- Chaves Ávila, J. P., Del Río González, P., & Gómez, T. (2021). España: Formación del precio, composición de la factura y comparativa con otros países. *Energía, Economía y Regulación*, 21(1), 45-63.
- De Matos, L. P., & Murillo, R. (2022). El mercado ibérico de la electricidad y la subida del precio en España. *Informe Mensual-La Caixa*, (463), 31-32.
- Denyer, D., Tranfield, D., & Van Aken, J. E. (2008). Developing design propositions through research synthesis. *Organization studies*, 29(3), 393-413.

- Durán Gómez, P., Echevarría Camarero, F., Ogando-Martínez, A., & Carrasco Ortega, P. (2023). Profitability of Alternative Battery Operation Strategies in Photovoltaic Self-Consumption Systems under Current Regulatory Framework and Electricity Prices in Spain. *Energies*, 16(21), 7375.
- Enrich, M., Sáez, Y., & Tarancón, M. A. (2024). Measuring the impact of time-of-use pricing on electricity consumption: Evidence from Spain. *Energy Policy*, 142, 111527.
- ESADE. (2017). *Colaboración Público Privada. El Estado de la Cuestión*.
- Espejo-Marín, C., & Aparicio-Guerrero, A. E. (2020). The Production of Electricity with Photovoltaic Solar Energy in Spain in the 21st Century. *Revista de Estudios Andaluces*, 39, 66-93. <https://dx.doi.org/10.12795/rea.2020.i39.04>
- Fernández, R. A. (2021). Stochastic analysis of future scenarios for battery electric vehicle deployment and the upgrade of the electricity generation system in Spain. *Journal of Cleaner Production*, 316, 128101.
- Gómez-Expósito, A., Arcos-Vargas, A., & Gutiérrez-García, F. (2020). On the potential contribution of rooftop PV to a sustainable electricity mix: The case of Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 132, 110074. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110074>
- González, J. S., & Alonso, C. Á. (2021). Industrial electricity prices in Spain in the context of the European internal energy market. *Energy Policy*, 148, 111930.
- Hallste-Pérez, T., Rodríguez-Chueca, J., & Pérez-Rodríguez, J. (2023). Inclusion of key social indices for a comparative assessment of the sustainability of the life cycle of current and future electricity generation in Spain: A proposed methodology. *Science of The Total Environment*, 899, 165541.
- INE (2024). *INEbase. Cifras Oficiales de los Municipios de España*.
- Langarita, R., Cazcarro, I., Sánchez-Chóliz, J., & Sarasa, C. (2021). The role of fiscal measures in promoting renewable electricity in Spain. *Energy Policy*, 149, 112031.
- López de la Nieta Polonio, C. (2022). Análisis de los precios en el mercado diario eléctrico español. *Revista de Economía y Empresa*, 32(2), 117-134.
- Macedo, D. (2022). The role of electricity flows and renewable electricity in Spain. *Energy Studies Review*, 29(1), 1-20.
- Mauri-Castello, J., Alonso-Gonzalez, A. & Peris-Ortiz, M. (2018). Applied Innovation Methodology: A Proposal for a Dynamic Sustainable Environment for the Generation of Innovation and Knowledge Management Practices in SMEs. En Peris-Ortiz, M., Ferreira, J. J. & Merigo-Lindahl, J. M. (Eds.) *Knowledge, Innovation and Sustainable Development in Organizations: A Dynamic Capabilities Perspective* (pp. 61-76). Springer International Publishing. ISBN: 978-3-319-74881-8

- Pujals-Picher, D. (2023a). Presentación Inicial Proyecto Cheste Luz Verde. Ayuntamiento de Cheste.
- Pujals-Picher, D. (2023b). Presentación Ampliada Proyecto Cheste Luz Verde. Ayuntamiento de Cheste.
- Rebollo Fuente, A. (2017). Experiencia española en concesiones y asociaciones público-privadas para el desarrollo de infraestructuras públicas: Marco general. *Revista de Obras Públicas*, 164(3591), 7-16.
- Rendón, J. F., Trespacios, A., Cortés, L. M., & Villada-Medina, H. D. (2021). Modelización de la demanda de energía eléctrica más allá de la normalidad. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 32, 83-98.
- Ruiz Navarrete, A. (2020). Estimación mediante análisis de datos y predicción con modelos estadísticos del precio de la electricidad. *Estudios de Economía Aplicada*, 38(2), 1-22.
- Santiago, I., Moreno-Munoz, A., Quintero-Jiménez, P., Garcia-Torres, F., & Gonzalez-Redondo, M. J. (2021). Electricity demand during pandemic times: The case of the COVID-19 in Spain. *Energy policy*, 148, 111964.
- STATISTA. (2023). Electricidad: precio medio final España 2010-2023.
- Sticco García, M. (2023). La evolución del rol de las alianzas público-privadas (APP) en el sector sanitario antes y después de la pandemia. *Salud Pública de España*, 97(3), 205-213.
- Subiela-Hernández, C., Torres-Sánchez, M., & García-Machado, J. J. (2023). Plain language and the right to understand in the regulated electricity bill in Spain. *Energy Policy*, 158, 112495.
- Torres, R., & Fernández, M. J. (2022). La economía española, de la pandemia a la crisis energética. *Papeles de Economía Española*, (173), 2-228.
- Trigo-González, M., Cortés-Carmona, M., Marzo, A., Alonso-Montesinos, J., Martínez-Durbán, M., López, G., & Batlles, F. J. (2023). Photovoltaic power electricity generation nowcasting combining sky camera images and learning supervised algorithms in the Southern Spain. *Renewable Energy*, 206, 251-262.
- Vañó, M. J. V. (2020). La colaboración público-privada a través de entidades de la economía social. *Noticias de la Economía Pública, Social y Cooperativa*, 64, 28-49.

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL
Y LA SOSTENIBILIDAD EN LAS EMPRESAS
DE SERVICIOS CON DISTINTIVO DE RS
DEL MUNICIPIO DE GUASVE, SINALOA

MARIANA RODRÍGUEZ CASTRO
Universidad Autónoma de Sinaloa

JUAN MIGUEL AHUMADA CERVANTES
Universidad Autónoma de Sinaloa

PATRICIA CARMINA INZUNZA MEJIA
Universidad Autónoma de Sinaloa

DULCE VALERIA DÍAZ HUICHO
Universidad Autónoma de Sinaloa

1. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial es la simulación que realizan determinadas máquinas y sistemas informáticos de la información humana. El concepto abarca desde la automatización de procesos hasta la robótica avanzada, existen varios criterios para hablar de ello, dos tipos de inteligencia artificial: la inteligencia artificial débil y la inteligencia artificial fuerte; la débil se conoce también como inteligencia artificial estrecha y agrupa a sistemas convertidos y entrenados para realizar tareas particulares, un ejemplo son los asistentes virtuales, en este punto la inteligencia artificial débil se conoce como la inteligencia estrecha y agrupa a los temas concebidos y entendidos para realizar una tarea en particular; las inteligencias artificial fuerte engloba sistemas de inteligencia artificial y posee habilidades administrativas humanas generalizadas, estos sistemas son capaces de resolver tareas de conocidas y desconocidas, pues cuentan con inteligencia para encontrar soluciones a los procesos y resolver tareas desconocidas.

Debemos entender que los procesos que sustentan la inteligencia artificial son el aprendizaje, el razonamiento y la autocorrección; el aprendizaje incluye la adquisición de la información y de las reglas para su uso; los sistemas de información utilizan el razonamiento para llegar a conclusiones, donde surge la base de los reglas aprendidas, esto a su vez trae como consecuencia la autocorrección de la inteligencia artificial ya sea débil o fuerte está presente en muchas de las facetas de nuestras vidas.

La idea de crear inteligencia artificial desafía a los humanos desde tiempos remotos en los mitos y leyendas; destaca sobre el tema la historia de Galatea que fue una cultura de Pigmalión a los que los dioses le conceden el don de la vida, según la mitología griega los propios fenicados por Dios se viven la fiesta y el banquete de los dioses. El Dios Herrero también de mientras de metal herramienta de metal para asilo asistirlo en sus tareas diarias

En la Edad Media varios textos místicos hacen referencia hacia la figura del Golem término de origen judío creado mágicamente a partir de la materia inanimada y probablemente el arte creciente de la inteligencia artificial y más que se conoce en la literatura transfieren escritos y male Mark.

Diferentes históricos se remontan a los años treinta donde Alan Turing padre de la inteligencia artificial consideró que el punto de partida fue el año de 1950 cuando Turing publica el artículo de inteligencia artificial y ese año la maquinaria informática e inteligencia donde se hacían las preguntas vendían las máquinas que podían pensar y proporcionar un método para determinarlo. Los fundamentos teóricos de la inteligencia artificial se encuentran en el experimento que se propone en dicho artículo y qué pasó a denominarse test de Turing que en la actualidad es motivo de investigaciones y estudios sobre la evolución de la inteligencia artificial, se divide en tres grandes etapas; la primera etapa de 1956 en 1950 marcó un hilo trascendental para la evolución de la inteligencia artificial donde Jonh McCarty participó en una conferencia y determino a la ciencia que surgiera como la inteligencia artificial y a partir de ahí aprenden dos formas en el de la inteligencia artificial el coleccionismo y la ingeniería del conocimiento en esta primera etapa se centra en las bases para el posterior desarrollo de investigaciones sobre las tendencias y limitaciones que promueven expectativas exageradas; en la etapa de

preparación que corresponde en 1971 a 1981 se desarrolló un análisis científico dirigido a comprender las causas de los fracasos obtenidos en el anterior período al finalizar en el profundizar en un análisis se descubren que la inteligencia artificial le faltó la consideración de un elemento muy importante, el conocimiento heurístico lo cual es un tipo especial de conocimiento usado por el humano para resolver problemas complejos, este descubrimiento condujo a la conclusión de la experiencia como variable en los sistemas de inteligencia artificial para 1975 Joseph Weizenbaum creó el primer Bot conversacional denominado Elisa cuyo propósito era el de pretender engañar al humano.

Fuera del contexto académico el súper computador de IBM denominado Maniac le ganó a Paul Stein en un juego de ajedrez en el año de 1970 el denominado Deep blue un Bot que tenía la capacidad de pensar y jugar ajedrez le ganó la partida al científico.

La sostenibilidad se refiere a satisfacer las necesidades de las actuales generaciones sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones, manteniendo un equilibrio entre el crecimiento económico, la preservación del medio ambiente y el bienestar social.

Existen tres tipos de sostenibilidad: ambiental, económica y social.

La sostenibilidad ambiental se centra en preservar la biodiversidad e incluye acciones como conservar agua, ahorrar energía, reducir residuos, utilizar envases reciclables, limitar o el uso de plásticos, utilizar transporte sostenible, reutilizar papel y proteger flora y fauna.

La sostenibilidad económica se refiere a la gestión responsable de los recursos y generar rentabilidad a largo plazo. Ejemplos incluyen empresas que han implementado estrategias para equilibrar la sostenibilidad con el rendimiento.

La sostenibilidad social tiene como objetivo fortalecer la cohesión social y la estabilidad dentro de comunidades específicas. Donde las empresas contribuyen al desarrollo social a través de acciones como proporcionar viviendas asequibles y apoyar diversas causas sociales.

El concepto de sostenibilidad se relaciona con la capacidad de los sistemas biológicos para mantener su producto con el tiempo.

La sostenibilidad es un estado ideal, como lo es la calidad. Los objetivos e ideales de la responsabilidad social, como camino hacia la sostenibilidad, hacen de la responsabilidad social una extensión natural y progresiva de la competencia profesional del profesional de la calidad.

La IA es un campo de la ciencia que combina la informática y los datos para permitir dar solución a problemas, la sostenibilidad por su parte sirve para gestionar los recursos y satisfacer necesidades actuales tomando en cuenta el desarrollo social, el desarrollo económico y el medio ambiente.

la IA ofrece tecnología y herramientas innovadoras que contribuyen significativamente a la sostenibilidad en muchos sectores y aplicaciones. También es importante considerar los desafíos éticos, sociales y ambientales asociados con el desarrollo y la implementación de la IA, y trabajar para abordar los desafíos en colaboración y responsablemente.

2. METODOLOGÍA

El estudio se realizó de carácter exploratorio, descriptivo, no experimental, utilizando el método mixto (cuantitativo y cualitativo). A través de cuestionarios y entrevistas a los colaboradores de las empresas que cuentan con el distintivo de responsabilidad social, lo cual permitirá el desarrollo de la investigación.

Para la realización de esta investigación se determinó un estudio de corte exploratorio descriptivo, utilizando el método mixto, utilizando una muestra no experimental por conveniencia a 5 empresas que tienen el distintivo de responsabilidad social en el municipio de Guasave, en Sinaloa, implementando técnicas e instrumentos de un cuestionario mixto a través de formularios, que permite el levantamiento de la información que da acceso a las acciones ya actividades que realizan las empresas y sus colaboradores para mantener el distintivo. El enfoque utilizado fue el exploratorio descriptivo el cual permitió comprender el tema de manera detallada puesto que se combinan elementos cuantitativos y cualitativos. La muestra fue seleccionada de forma experimental por conveniencia caracterizada por su disposición y disponibilidad para participar en el estudio. Respecto a la recopilación de los datos se optó

por la aplicación de un cuestionario en forma de encuesta y de una entrevista semiestructurada que ayudó a la recopilación de los datos diseñada en los formularios de Google. El método de investigación mixta proporcionó una estructura que permite analizar datos de manera cuantitativa y cualitativa que ayudo a la completa comprensión del estudio.

La utilización del enfoque mixto de investigación permite la utilización de datos numéricos y la perspectiva de la información de forma amplia para el desarrollo de un tema en específico. Ofrece la flexibilidad y la posibilidad de obtener la comprensión más profunda de un fenómeno al combinar las fortalezas de los métodos cualitativos y cuantitativos, puesto que proporciona una comprensión holística y más completa del fenómeno de investigación, permite la validación triangular para confirmar o validar los resultados del enfoque para aumentar la confianza en la validez de los hallazgos y reducir los riesgos de sesgos o datos erróneos. Ayuda a la complementariedad de los datos, la información cualitativa puede ayudar a la interpretación y explicación de los resultados cuantitativos, y viceversa,; también permite la contextualización de los resultados, aportando el porqué de los datos, permite un diseño más integral al realizar preguntas de investigación con diferentes perspectivas, el enriquecimiento teórico ayuda y permite desarrollar teorías más sólidas y contextuales, además admite la adaptabilidad a las situaciones que requiera la investigación.

La metodología utilizada permitió una aproximación integral respecto al objetivo de investigación y la adecuada interpretación de los resultados.

El instrumento se centró en conocer las acciones, las aplicaciones, las estrategias, las acciones que las empresas poner en práctica para poder cumplir con sus acciones de responsabilidad social y cumplir con la sostenibilidad. También se indagó respecto a las áreas donde se realiza, la experiencia y la confiabilidad que proporciona las aplicaciones de las estrategias utilizadas.

3. RESULTADOS

Se espera conocer los avances de la inteligencia artificial respecto a sus aplicaciones con la gestión ambiental, la eficiencia energética y la

optimización de recursos naturales, en la agricultura y la seguridad alimentaria, tomando en cuenta las consideraciones éticas, la colaboración, las políticas públicas, la educación y la sensibilización de la empresa.

La presente investigación, se planteó como un instrumento de investigación de carácter no experimental realizada bajo un análisis descriptivo, en base al método mixto, mediante el cual se describieron y analizaron bajo un diseño transversal las acciones que las organizaciones realizan para mantener y desarrollar sus intenciones de responsabilidad social y la afectación o el beneficio que trae su uso e implementación.

La fuente primaria de información para este estudio fue una entrevista donde se recopiló a través de la aplicación de un cuestionario, los cuales permitieron analizar la información con base al modelo ya mencionado.

La población que se eligió para llevar a cabo la investigación fue al personal de la empresa, a los dueños, a los gerentes y a los jefes de las empresas y/o organizaciones, teniendo como referencia su carácter de servicios, a quienes se les solicitó contestar el cuestionario y desarrollar una entrevista. Con una muestra de 5 empresas que cuentan con el distintivo de responsabilidad social otorgado por CEMEFI.

En el municipio de Guasave, en Sinaloa son muy pocas las empresas que cuentan con el distintivo otorgado, encontrando solo 9 empresas locales, de las cuales solo 5 son parte del área de prestación de servicios, consideradas como muestra a estudiar.

El instrumento que se empleó en la presente investigación consistió en un cuestionario, integrado por un conjunto de preguntas diseñadas para obtener información pertinente y poder realizar el análisis por cada dimensión y cada variable de estudio integradas en una muestra.

4. DISCUSIÓN

La inteligencia artificial ha desempeñado un papel cada vez más importante para la responsabilidad social como una herramienta que ayuda significativamente al medio ambiente y al desarrollo económico y social de una comunidad.

Se ha implementado con la intención de ayudar a las empresas y organizaciones a desarrollar actividades que permitan cumplir con la responsabilidad social y a su vez den acceso a la integración de prácticas que den como resultado la integración de las acciones e implementar las estrategias necesarias para cumplir con la sostenibilidad como empresa.

5. RESULTADOS

Se realizó el análisis estadístico de la información recolectada obtenida en el cuestionario, compuesta por ítems integrada en 7 dimensiones, obteniendo resultados en cada uno de ellas conforme al modelo empleado.

El tipo de estudio se delimitó mediante variables, las cuales trataban de identificar el giro de la empresa, las acciones y actividades que realizan y como las realizan para cumplir con la sostenibilidad en la empresa.

Las respuestas se obtuvieron mediante cuestionario de 5 colaboradores de las empresas, estos directores o administradores en las empresas, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- En el caso de los colaboradores se encontró que el 20 por ciento cuenta con una planta de trabajadores que oscilan entre 0 a 10 empleados, el 40 por ciento cuenta con empleados entre 10 a 20, otro 20 por ciento cuenta con una planta de entre 20 a 30 colaboradores y una empresa determino el 20 por ciento al contar con más de 100 empleados.
- Respecto al género de los empleados en las empresas se encontró, que el 60 por ciento de los empleados son hombres y un 40 por ciento son mujeres.
- En relación con los años de experiencia que tiene los colaboradores en la empresa se encontró que el 20 por ciento de los encuestados tienen entre 1 a 10 años de experiencia; el 60 por ciento cuenta con entre 11 y 20 años laborando en la empresa y el resto equivalente al 20 por ciento, cuenta con entre 21 y 30 años de experiencia laboral.

La dimensión gobernanza en la investigación, hace referencia a los procesos y estructuras establecidas en una empresa, para la toma de decisiones, incluidos como mecanismos formales, y los mecanismos informales derivados de la cultura organizacional y sus valores. Los resultados obtenidos establecen que:

Respecto al reactivo para saber si la empresa se preocupa por crear un ambiente y cultura en donde se practique los principios de sostenibilidad y responsabilidad social, se encontró que el 60 % está totalmente de acuerdo y el otro 40 % solo está de acuerdo.

En cuanto a que la empresa utiliza eficientemente los recursos financieros, naturales y humanos, el 60% de los encuestados es decir 3 de ellos está completamente de acuerdo mientras que el 40% solo está de acuerdo con esta situación.

La empresa promueve la participación eficaz de todos los empleados en actividades relacionadas con la responsabilidad social dio como resultado un 80% y tan solo el 20% está solo de acuerdo. Por lo cual era importante saber si a empresa mantiene el equilibrio y la participación eficaz de todos los empleados en actividades relacionadas con la responsabilidad social teniendo como resultado que están totalmente de acuerdo el 60 %; mientras que de acuerdo está el otro 40 %, donde también era importante saber si la empresa revisa y avalúa periódicamente los procesos de gobernanza obteniendo como resultado que el 80 % está totalmente de acuerdo y de acuerdo se encuentra el 20 %.

Es importante saber a cerca de los procesos que se adaptan en función del resultado de las revisiones y se comunican los cambios a toda organización donde 4 de los encuestados esta se encuentra totalmente de acuerdo, mientras que de acuerdo solo se encuentra 1 persona que es igual al 20 %.

En la dimensión respecto a los derechos humanos, el 80 % de los encuestados que corresponde a 4 personas contestaron que el trato en la organización es semejante para hombres y mujeres en los ámbitos económico, político y social, además, un 20 % correspondiente a un encuestado manifestó solo estar de acuerdo con la situación. En cuanto al reactivo sobre la toma de decisiones basándose en los derechos humanos el 80 % de los encuestados manifestó estar totalmente de acuerdo y

solo una persona equivalente al el 20 % manifestó estar solo de acuerdo. Otro ítem preguntó si se promueve el cumplimiento de estos derechos donde el 80 % estuvo completamente de acuerdo y solo el 20 % se mostró a favor de estar solamente de acuerdo.

El 80 % de los encuestados que representa a cuatro personas calificaron estar totalmente de acuerdo al hecho de que la organización se asegura de que exista una política integrada que contemple los derechos humanos, en tanto que solo el 20 % manifestó solo estar de acuerdo.

El resultado respecto a los registros de desempeño que permite realizar ajustes, establecer prioridades y estar enfocados adecuadamente el 100 % de los encuestados mostró estar completamente de acuerdo, mientras que en la pregunta numero 14 donde se investigó respecto a las medidas de seguridad adoptadas para respetar los derechos humanos de acuerdo con las normas de ley se obtuvo que el 100% de los encuestados estaban totalmente de acuerdo.

El 100% de los encuestados, es decir los 5 manifiestan estar completamente de acuerdo con las acciones que implementa la organización respecto a la debida diligencia en caso de riesgo además de que en el reactivo numero 16 la empresa garantiza siempre por el 100 % la dignidad, autonomía y participación de las personas con discapacidad. La dimensión recursos humanos se encuentra evaluado en un 90 % como bueno en cuanto a lo cualitativo.

Las prácticas laborales para lograr lo sostenibilidad comprenden todas las políticas y prácticas relacionadas con el trabajo en una organización en las que destacan: establecer objetivos que puedan medirse mediante con el compromiso de las partes interesadas a través de mapeos de temas y gestión de sustentabilidad.

Con la evaluación de las variables de esta dimensión se observa un resultado general de un 90 %, que corresponde a una calificación cualitativa buena; siendo las variables analizadas en la cuestión donde se les preguntó a los empleados si la organización realiza esfuerzos razonables para que los socios, proveedores y subcontratistas implementan prácticas laborales responsables se obtuvo que el 80 por ciento de los encuestados están completamente de acuerdo, y el 20 por ciento

restante solo está de acuerdo, y el 100 % de los encuestados está completamente de acuerdo que la empresa se esfuerza por eliminar los riesgos psicosociales;

Además, el 100 % de los encuestados está completamente de acuerdo con la organización puesto que se reconoce y respeta los derechos de los trabajadores de adquirir información sobre los temas de seguridad y salud.

Respecto a si la empresa proporciona un pago igualitario por un trabajo de valor equitativo se encontró que 4 personas o su equivalente al 80% están completamente de acuerdo mientras que el otro 20 % solo está de acuerdo;

Se indagó respecto a si la organización otorga pagos de salario directamente a los trabajadores según las disposiciones de ley, el 80 % de los encuestados están completamente de acuerdo y solo una persona o el 20 % solo está de acuerdo.

Era necesario saber si los contratos de la organización están escritos en lenguaje claro, legible y comprensible, se encontró que el 80% está completamente de acuerdo mientras que un 20 % manifestó solo estar de acuerdo, además el 100% de las personas encuestadas están completamente de acuerdo que la organización desarrolla campañas que instruyen a consumidores a cercad del empleo de los productos y advierte de los riesgos del mal uso de estos en.

El 100% equivalente al total de los encuestados aseguró que la empresa utiliza el marco jurídico y legal adecuado para las relaciones laborales dentro de la empresa.

La dimensión medioambiental debe trabajarse con una visión conjunta, puesto que su aplicación está ligada a otras actitudes en una organización, sin dejar de lado la exigencia de los grupos de interés y los resultados que pueda generar a través de los cambios en el medio ambiente que sea benéfico y/o adverso para la comunidad, ya que es a través de la responsabilidad social que puede llegar a establecer políticas adecuadas para la protección del medio ambiente.

Respecto al reactivo sobre medidas de producción el 100 % que corresponde a 5 personas encuestadas contestaron que están completamente de acuerdo con el hecho de que la organización implementa medidas de

producción bajo el enfoque del cuidado del medio ambiente, mientras que los 5 empleados o el 100% de los encuestados está completamente de acuerdo respecto a que la empresa tiene identificadas las e fuentes de energía, agua y otros recursos que son utilizados en sus procesos; el 80% o cuatro personas están completamente de acuerdo en que la empresa mide y registrar adecuadamente el consumo de energía, agua y otros recursos y solo un 20 % o una persona solo está de acuerdo.

El porcentaje del 80% está completamente de acuerdo en que la empresa implementa las pautas de uso eficiente de los recursos mientras que una sola persona o el 20%, solo está de acuerdo en ello, el 100 % de los encuestados está completamente d acuerdo en que la organización promueve el consumo sostenible, y también el 100 % está completamente de acuerdo de que la empresa utiliza recursos renovables; mientras que el 60 % de los encuestados, es decir 3 personas están completamente de acuerdo de que la empresa adopta prácticas sostenibles en sectores como la agricultura la pesca y la silvicultura, un 20 % (una sola persona), otro 20% está de acuerdo y el resto, es decir el otro 20 % se encuentra ni en acuerdo, ni en desacuerdo.

Se preguntó a los encuestados si la organización mide, registra y reduce los impactos ambientales significativos donde se encontró que el 80% está completamente de acuerdo y el resto 20% de los encuestados solo está de acuerdo.

Las prácticas justas de operación hacen referencia a la necesidad de que las empresas y organizaciones promuevan una conducta ética, a través de sus relaciones con instituciones, agencias gubernamentales, organismos, socios, proveedores, clientes y competidores; buscando establecer una relación de ganar – ganar, para así evitar la extorsión y a la corrupción.

Esta dimensión fue calificada con un porcentaje del 92.5 %, lo cual indica que una buena calificación en la validación ya que estas acciones se realizan y ponen en práctica de buena manera en las empresas que componen esta investigación.

El 80 % de los encuestados comentan que la organización realiza sus actividades atendiendo las leyes y regulaciones en materia de competencia.

La empresa integra criterios éticos y de responsabilidad socioambientales en sus políticas y prácticas de compra donde el 100 % manifestó estar de acuerdo.

La organización apoya e instruye a sus empleados y representantes en sus esfuerzos por erradicar tanto el soborno como la corrupción contó con el 100 % de aprobación.

El 100 de los encuestados asegura que la remuneración de los empleados es adecuada y produce por los servicios prestados dentro de la empresa.

Y el mismo 100 % asegura que la capacitación de los empleados y representantes para la conciencia de la participación política responsable de las contribuciones y de cómo manejar los conflictos de interés dentro de la empresa.

5. CONCLUSIONES

En los últimos 20 años la sostenibilidad y la responsabilidad social ha tomado suficiente importancia para las empresas, ya que esta representa una forma de actuar bajo principios de ética, voluntarios alineados con la sostenibilidad, ya que implica respetar los valores universalmente reconocidos y el marco legal que existe para otorgar el valor agregado a los públicos y consumidores, la responsabilidad social es una guía a seguir para hacer lo mejor para todos en los ámbitos económicos, social y ambiental; que ayuda a crear una fuente de innovación y creatividad para la mejora continua y la competitividad.

El principal objetivo de la sostenibilidad es que el impacto que cause en las prácticas en la sociedad sea positivo y se traduzca en una mayor competitividad y sustentabilidad para las empresas. Puesto que ser socialmente responsable genera más productividad al mejorar las condiciones para los trabajadores y la optimización de sus actividades otorgando eficacia en sus labores cotidianas.

La responsabilidad social puede influir positivamente en la competitividad de las empresas puesto que mejora los procesos de producción y por ende los servicios y productos que estos ofrecen a los mercados otorgando mayor satisfacción y lealtad a los consumidores. También

ayuda a motivar a los trabajadores aumentando su creatividad y entusiasmo por realizar sus actividades. Mejora la imagen pública, al mayor conocimiento de la empresa en la comunidad debido a los premios y galardones que obtiene por realizar sus prácticas sustentables, lo cual atrae mejor posición en el mercado y mejor interrelación con socios y autoridades que permite desarrollar actividades en bien de la comunidad, además de una mejor posición en el mercado laboral permitiendo el ahorro en costos e incrementando la rentabilidad, puesto que ofrece mayor eficiencia de los recursos en la empresa.

Para que esto se cumpla la empresa debe servir a la sociedad con productos y servicios útiles en condiciones justas, respetar los derechos humanos con condiciones de trabajo dignas que favorezcan salud y seguridad laboral y profesional de los empleados; para obtener un crecimiento razonable deberá también respetar el medio ambiente, evitando la contaminación con acciones que minimicen la generación de residuos y racionalizando el uso de recursos energéticos y naturales, considerando la revisión de las fuentes de energía y el cuidado del agua, atendiendo las leyes, reglamentos además de normas, costumbres, contratos y compromisos adquiridos con los trabajadores y la sociedad, procurar distribuir la riqueza generada equitativamente, cumpliendo la legislación y ética empresarial luchando con la corrupción, atendiendo y supervisando las condiciones laborales y de salud de los trabajadores, evaluando los riesgos ambientales y sociales a los que se enfrentan, además de implicar a los consumidores la comunidad y a la sociedad para mejorar las posibilidades y oportunidades de la comunidad donde se establece la empresa.

6. REFERENCIAS

- Badii, Zabeth, M., Castillo, J., & guillen, A. (2008). Tamaño óptimo de la muestra. *Innovaciones de negocios*.
<http://revistainnovaciones.uanl.mx/index.php/revin/article/view/199/184>.
- Briones, G. (2002) Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales. In nature. Instituto colombiano par el fomento de la educación superior, ICFES.

- Canales Cerón, M. (2006) El análisis cuantitativo de datos. In LOM ediciones (ed.), Metodologías de investigación social, introducción a los oficios, (1st ed.) LOM ediciones- <http://doi.org/10.2307/40181416>
- Delgado J.M. & Gutiérrez, J. (1999) Métodos y técnicas cualitativas de investigación en ciencia sociales. In trabajo, Revista Andaluza de relaciones laborales (3er ed., Vol. 3)Editorial síntesis. <http://radida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/2343/b13768761.pdf?squence=1>
- Díaz- Camacho, J:F: Ojeda-Ramírez M.M & Valderrabano- Pedroza, D.E. (2016)Metodología de muestreo de poblaciones finitas para aplicación en encuestas (Editores (ed.); Issue October). Universidad Veracruzana.
- Flick, U.(2007) Introducción a la investigación cualitativa (2nd edition) Morata.
- Gomez-Bastar,S. (2012)Metodología de la investigación (R.T. Milenio (Ed); 1st ed.)Red tercer milenio.
- Hernández- Sampieri, R. Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, Metodología de la investigación (6th ed.) Mc. Graw Hill.
- Itzcara-Palacios, S.P. (2014) Manual de investigación cualitativa Edición Fontamara (ed.); 1st ed. Ediciones Fontamara.
- Lamelin. A. (2005) Métodos cuantitativos de las ciencias sociales aplicados a los estudios urbanos y regionales. (B.U.A. de Puebla (Ed.);1st ed.).
- López-Roldan.,P., & Fachelli, S: (2015).Metodología de la investigación social cuantitativa (Universidad Autónoma de Barcelona (Ed); 1st ed.). Universidad Autónoma de Barcelona
- Sautu, R., Boniolo,P., Pablo, D.,& Elbert, R. (2005)Manual de metodología (1st ed.).
- Taylor, S.J., R. (1992) La entrevista en profundidad. In Editorial Paídos (ed.), Introducción a los métodos cualitativos en investigación. Editorial Paídos.
- Vasialiachis-de Gialdono, I. (2006) Estrategias de investigación cualitativa (G. Editorial (ed.); 1st ed.). Gedisa editorial

DESARROLLO DE UNA APP QUE DETERMINA EL PORCENTAJE DE EXITO DE LOS EMPRENDIMIENTOS A TRAVÉS DE ALGORITMOS GENETICOS Y REDES NEURONALES MULTICAPA CON ENTRENAMIENTO

ISRAEL PATINO-GALVAN

Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de esta investigación fue desarrollar una aplicación que permitiera la predicción de la tasa de éxito del emprendimiento, a través de sistemas inteligentes en particular mediante el desarrollo de algoritmos genéticos, redes neuronales y estadística inferencial con múltiples correlaciones para identificar aquellas variables con mayor incidencia en la creación de emprendimientos, se realizaron estudios cuantitativos para el tratamiento de la información sobre el contexto de los proyectos. Finalmente poniendo esto en práctica, se desarrolló una aplicación que permite a partir de la configuración de la información predecir la tasa de éxito del emprendimiento, hacer comparaciones en línea para hacer sugerencias sobre emprendimientos similares con una tasa de éxito más alta, y comparar qué tan exitoso sería ese emprendimiento en otras regiones locales, regionales e internacionales. Previo al desarrollo de los algoritmos genéticos y redes neuronales, se realizó una investigación exhaustiva sobre los grupos de indicadores cuantitativos que se utilizaron para predecir la tasa de éxito del emprendimiento, estos grupos son: sector económico, equidad de género, intercultural, tiempo de puesta en marcha, presupuesto, socioeconómico – Innovación (Local, Regional, Nacional e Internacional). En cuanto a los indicadores cualitativos, los indicadores seleccionados fueron: sostenibilidad, responsabilidad social y ambiental, y plan de negocios.

1.1. TÉCNICAS DE SISTEMAS INTELIGENTES APLICADOS A LOS EMPRENDIMIENTOS

Las técnicas de sistemas inteligentes aplicados a los emprendimientos que se encuentran en el mercado son:

Esta investigación demuestra el análisis de recursos y capacidades internas para la internacionalización de las PyME, a través de lógica difusa. En este se analiza la capacidad de las PyME en términos de recursos, habilidades y capacidades para poder desarrollar estrategias que les den posibilidad de acceder a la internacionalización. La investigación sugiere un sistema de inferencia difuso que consiste en modelar los factores que indican el éxito en un proceso de internacionalización. Capta como insumo las variables lingüísticas, extraídas de empresarios, expertos, consultores e investigadores de la materia y, por medio del juicio de expertos definen factores internos que explican la capacidad de internacionalización. La investigación se aplicó a través de un estudio de caso de un clúster textil de confección en Colombia. Los resultados mostraron un índice global para tomar como referencia las capacidades internas, con lo cual se sugiere iniciar el proceso de internacionalización (Aníbal, Morales, Gabriel, & López, 2015).

Otra aportación se presenta en la investigación de Godinho, Fullin & Tavares (2014), en donde emplean algoritmos genéticos para resolver problemas de programación en sistemas de fabricación flexibles (SMF) en las PyME. En esta se propone un sistema de clasificación que abarca 6 dimensiones principales: tipo de FMS, restricciones de recursos, descripción del trabajo, problema de programación, medida del rendimiento y enfoque de la solución. Esta clasificación arroja los siguientes resultados con respecto a la aplicación de Algoritmos Genéticos (AG): 1. Las combinaciones de AG y otros métodos fueron relativamente importantes; 2. La mayoría de abordan entornos complejos relativos tanto a la flexibilidad de enrutamiento como a la complejidad del trabajo, solo una minoría considera simultáneamente la variedad de posibles restricciones de capacidad en un entorno de SMF.

En relación con la técnica de Lógica difusa, se investigaron varios artículos en donde tenían relación con las MiPyME. Los autores Vanegas,

Botero, & Restrepo (2014) en su trabajo analizan las consecuencias de la volatilidad cambiaria en el desempeño competitivo medido por el margen de contribución de las PyME comercializadoras internacionales del sector textil en Colombia. La aproximación utiliza una muestra de datos de 267 empresas, de las que 51 exportan. En este trabajo a través de un sistema de inferencia difuso usan variables lingüísticas, las cuales admiten un indicador global numérico para valorar los efectos cambiarios. Los resultados describen como el margen de contribución se posiciona en un nivel lingüístico bajo para las empresas de la muestra, sugiriendo como la volatilidad de la tasa de cambio ha restado competitividad a las PyME de este sector en determinado periodo. Esta investigación implementa un sistema de lógica difusa para el análisis de la competitividad empresarial, como una opción para medir el desempeño de las PyME.

El primero de ellos desarrolla un sistema inteligente neuro híbrido para predecir el fracaso empresarial en pequeñas y medianas empresas. Implementa mediante un sistema multi agente basado en recursos neuronales de modelado, y asigna a los diferentes actores de las empresas como agentes. El núcleo del sistema de agentes múltiples es un tipo de agente que incorpora un sistema de razonamiento basado en casos y automatiza el proceso de control de negocios y la predicción de fallas. Las etapas del sistema de razonamiento basado en casos se implementan mediante servicios web: la etapa de recuperación utiliza una suma de votos ponderada e innovadora de mapas autoorganizados, el método y la etapa de reutilización se implementan mediante una red neuronal artificial. Se logro desarrollar el prototipo inicial, obteniendo resultados favorables de detección temprana en un escenario real (Borrajo, Baruque, Corchado, Bajo, & Corchado, 2011).

Por otra parte, la investigación de Hongwei, Lyès, & Xiaolan (2006), habla sobre un enfoque de un algoritmo genético multiobjetivo basado en una simulación para la optimización de empresas en red. En donde ponen como antecedente el entorno competitivo en el que se encuentran las MiPyME, las cuales intentan continuamente proporcionar productos y / o servicios a los clientes de forma más rápida, económica, mejorando a la competencia. Para ello, se asocian a varias redes empresariales las cuales resultan dar mayor valor y competitividad a sus

miembros, sin embargo, las tareas de planificación, gestión y optimización son mucho más difíciles y complejas. Es por ello, que este trabajo presenta una caja de herramientas llamada "ONE" para apoyar a los tomadores de decisiones para la evaluación, el diseño y la mejora de dichas redes empresariales. La caja de herramientas comprende conceptos innovadores y fáciles de usar relacionados con el modelado, la simulación y la optimización de redes empresariales modernas. Se presentan dos estudios de caso propuestos por socios de las industrias automotriz y textil.

Finalmente, la investigación basada en Redes Neuronales Artificiales y predicción de fallo empresarial propone una alternativa para ajustar las Redes Neuronales Artificiales destinadas al pronóstico del fracaso financiero de las empresas, combinando las RNA con técnicas econométricas y de análisis de sensibilidad. La RNA es reducida y sumado a los resultados de pronósticos obtenidos por técnicas paramétricas, indican que tipo de estrategia aminora sustancialmente su complejidad interna y el requerimiento de datos, sin mermas relevantes en calidad de pronósticos, lo que conlleva en colaborar con soluciones que puedan evitar su fracaso financiero (Piñeiro Sánchez , Rodríguez López , Monelos, & Santos Reyes , 2004).

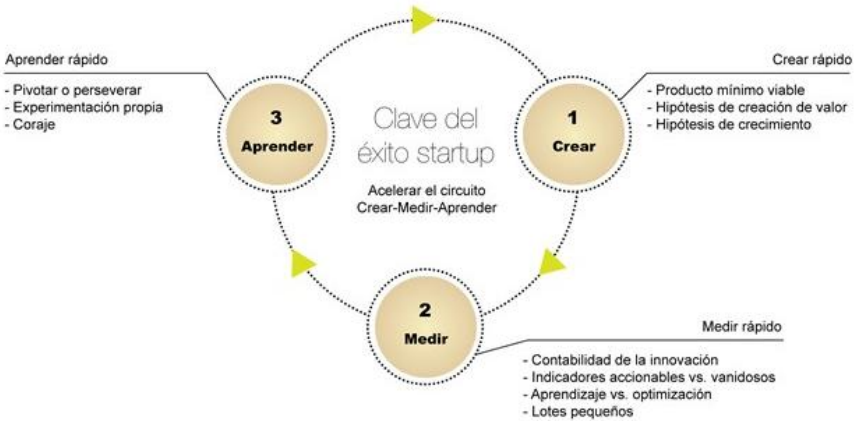
Finalmente, en el trabajo titulado “Sistema de apoyo a procesos productivos en Pymes: Un caso de aplicación”, muestra la experiencia de desarrollo de un software que utiliza técnicas de inteligencia artificial para optimizar los procesos de producción de una Pequeña y Mediana empresa del sector metalmeccánico. El software busca apoyar la planificación de tareas productivas de la empresa, en particular la planificación de tiempos y prioridades de ejecución de diferentes órdenes de trabajo. Para esta aplicación se desarrollaron algoritmos genéticos, los cuales encuentran soluciones óptimas, que permiten llegar a una mejor planificación de diferentes ordenes de trabajo, optimizando los tiempos y reasignando prioridades (Contreras , Pinninghoff, & Evelyn , 2003).

1.2. MODELOS DE EMPRENDIMIENTO

1.2.1. Modelo Lean Startup

De acuerdo con Ries (2013) el método Lean Startup se origina del Lean Manufacturing, proveniente de procesos de trabajo de Taiichi Ohno en Toyota. Este modelo ha permitido crear, modificar y replantear la manera de organizar las cadenas de oferta y los sistemas de producción. Sus características radican en el diseño del conocimiento, la creatividad, la producción *Just intime*, control de inventarios y su capacidad de distinguir entre lo que genera valor a los clientes y lo que genera desperdicio provocando en este último, un ahorro de recursos, esto ha aportado nuevas formas de configurar y reconsiderar los proyectos.

ILUSTRACIÓN 1. Método Lean Startup



Fuente: Método Lean StartUp, Ries (2013)

Como se observa en la *Ilustración 1*, **crear-Medir-Aprender**. La actividad fundamental de una Startup es convertir ideas en productos (**crear**), **medir** cómo responden los consumidores y **aprender** cuándo pivotar o perseverar. Este proceso permite la creación de startups exitosas sin embargo estas deberán de orientarse a acelerar el feedback para la organización. El método Lean Startup, está diseñado para enseñar a conducir a una Startup a través de la experimentación, donde se pueden

hacer ajustes constantes a través de dicho feedback de ***Crear-Medir-Aprender***, que es el núcleo central de este método (Ries, 2013).

Los insumos que sugiere el modelo Lean Startup son:

1. Propuesta de Valor
2. Producto mínimo viable
3. Obtener la contabilidad de la innovación
4. Establecimiento de indicadores estratégicos de operación
5. Crear el catálogo de pivotes (proyectos alternos)
6. Segmentos y relación de Clientes
7. Canales de Distribución
8. Fuente de Ingresos
9. Actividades y recursos Clave
10. Socios o Alianzas Clave
11. Estructura de Costos

1.2.2. Modelo Design thinking

Es un modelo que utiliza la sensibilidad y los métodos del diseñador para coincidir las necesidades de las personas con lo factible y con lo que la estrategia viable de negocios puede transformar en valor para el cliente y en una oportunidad de mercado (Brown , 2009), (Brown & Wyatt, 2010).

Este modelo emplea fases para lograr que la oportunidad focalizada pueda llevar a materializarse, de acuerdo con Brown (2009) las fases son:

1. Empatiza
2. Define
3. Idea
4. Prototipa
5. Prueba

Mientras que Dziersk (2006) define las siguientes fases:

1. Encontrar el problema
2. Descubrir
3. Inventar
4. Prototipar
5. Integrar

Finalmente, Domschke, Bog, & Zeier (2009) dividen las fases en seis:
Comprender

1. Observar
2. Tener un punto de vista
3. Idear
4. Prototipar
5. probar

Estas fases en su primera iteración deben respetar las fases, sin embargo una vez terminada esta se puede iniciar en cualquiera de las fases o utilizarla como más convenga al proyecto (Brown , 2009), (Domschke, Bog, & Zeier, 2009) y (Dziersk, 2006)

Los insumos que sugiere el modelo Design Thinking son:

1. Definición del proyecto
2. Perfil del cliente y segmentación de mercado
3. Plan de investigación
4. Mapa de prioridad
5. Mercado identificado
6. Ideación del proyecto
7. Mapa de contexto (tecnología, negocios, tendencias, necesidades)
8. Mapa de afinidad
9. Prototipo
10. Evaluación de proyecto
11. Proyecto estratégico de innovación
12. Análisis de la oferta y la demanda
13. Competencia detectada
14. Posicionamiento de valor
15. Modelo de negocio CANVAS

1.2.3. Modelo de Innovación Disruptiva

El modelo de innovación disruptiva es de acuerdo con Christensen (2006), un proceso que ocurre sobre un periodo de tiempo, haciendo énfasis en como las nuevas tecnologías desplazan a las existentes y crean nuevos mercados (Christensen, Raynor, & Mcdonald, 2015). Sin embargo, ha ido expandiendo su alcance, al grado de cambiar el termino

de tecnológica disruptiva a innovación disruptiva con el fin de expandir su campo de aplicación y abarcar innovaciones tecnológicas e innovaciones en servicios y en modelos de negocio (Danneels, 2004), (Markides, Keller, Hüsig, Process, & Source, 2006).

El modelo de innovación disruptiva fue poco explorado y difundido hasta la llegada y éxito de las *Startups* tecnológicas que intervinieron en sectores tradicionales como el turismo, transporte, medios de comunicación o en su defecto transformado modelos de negocio de bienes y servicios. Sumando a esto, se incorpora de manera exponencial la inteligencia artificial y su aplicación a productos y servicios, el Internet de las Cosas (IoT), la fabricación digital e impresión 3D, la realidad virtual y aumentada, el blockchain (Bankinter, 2018).

La innovación disruptiva contempla cuatro elementos que hacen por un lado bajar los costos de los modelos tradicionales, incrementa el valor de los productos, utilizando tecnologías al alcance de los emprendedores, apoyados del marco normativo que permite su implementación. Estos elementos en su conjunto permiten facilitar el camino de éxito de los emprendimientos, logra crear un producto con menos recursos y de calidad, sin abandonar los estándares de competitividad que sugiere el marco normativo y el mercado, cuestión que deja en condiciones de competencia directa con emprendimientos realizados con otro tipo de metodologías (Christensen, 2006), (Pereira & Camacho , 2016)

Los insumos que sugiere el modelo de Innovación Disruptiva son (Christensen, Raynor, & Mcdonald, 2015):

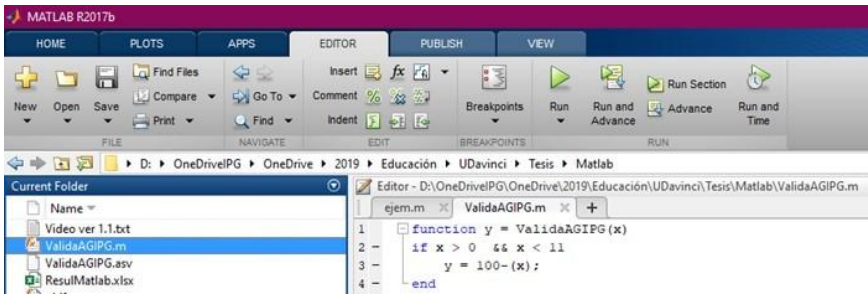
1. Definición del emprendimiento disruptivo
2. Selección del tipo de tecnología a utilizar en el proceso de producción
3. Perfil del cliente y segmentación de mercado
4. Identificación del marco regulatorio
5. red de valor que garantice la permanencia, desarrollo y crecimiento del emprendimiento
6. Canales de Distribución
7. Competencia detectada
8. Segmentos y relación de Clientes

1.3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON DIFERENTES TÉCNICAS DE SISTEMAS INTELIGENTES

Para poder continuar con la validación del desarrollo y dar certeza a su funcionalidad y generalidad, se presenta a continuación su comparación con el Algoritmo Genético y Redes Neuronales con herramientas tecnológicas especializadas como son Matlab ver R2017b, GNU Octave, versión 5.1.0 y Scilab 6.0.2. (Ver *Ilustración 2*). De estas tres alternativas se selecciona Matlab, ya que ofrece varias opciones, permitiendo en su opción interactiva poder configurar los parámetros utilizados en él experimento.

Una vez seleccionado Matlab como plataforma para comparar los resultados, se procedió a su configuración, asignando los mismos parámetros que se utilizaron en el experimento.

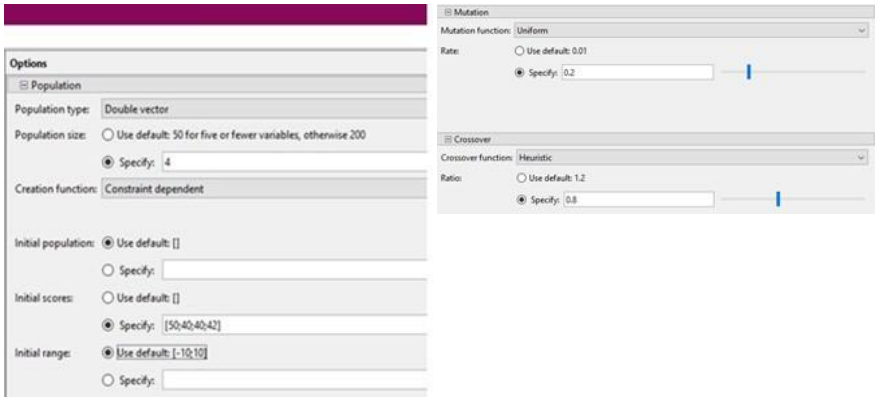
ILUSTRACIÓN 2. *Generando la función aptitud*



Fuente: Elaboración propia (2019)

De acuerdo con los parámetros de configuración lo primero que se configura es la función aptitud, quedando esta para optimizar la función cuyos resultados se encuentren entre el 90% y el 100% (Ver *Ilustración 3*). Posteriormente se asigna la población inicial (cuatro individuos), con un valor inicial de acuerdo con las ponderaciones del experimento son: 50, 40, 40 y 42. De igual manera se procede a asignar el porcentaje de mutación del 20% y el porcentaje cruce de 80% tal cual se asignaron al experimento (Ver *Ilustración 3*).

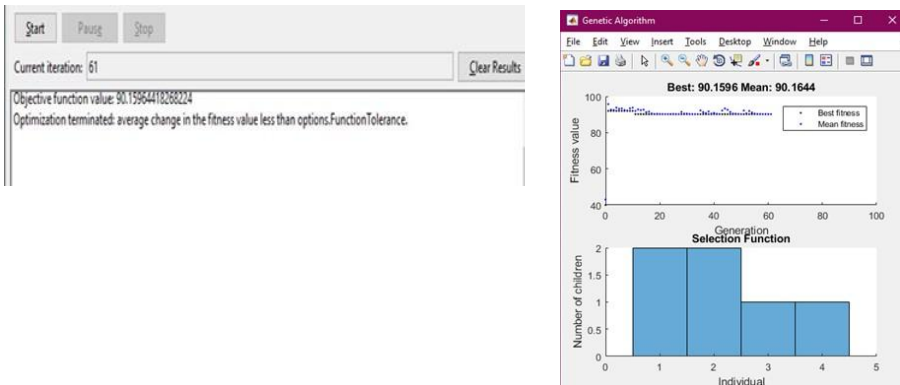
ILUSTRACIÓN 3. Número de individuos y valores iniciales, Mutación, Cruce y RNA Multicapa



Fuente: Elaboración propia (2019)

Para poder realizar comparación se ejecutó la configuración en la plataforma de Matlab con los mismos parámetros y número de veces que se experimentó en Transact de SQL Server. Por otra parte, se presentan a continuación en las *Ilustraciones 4 a 8* una muestra de ejecuciones visuales.

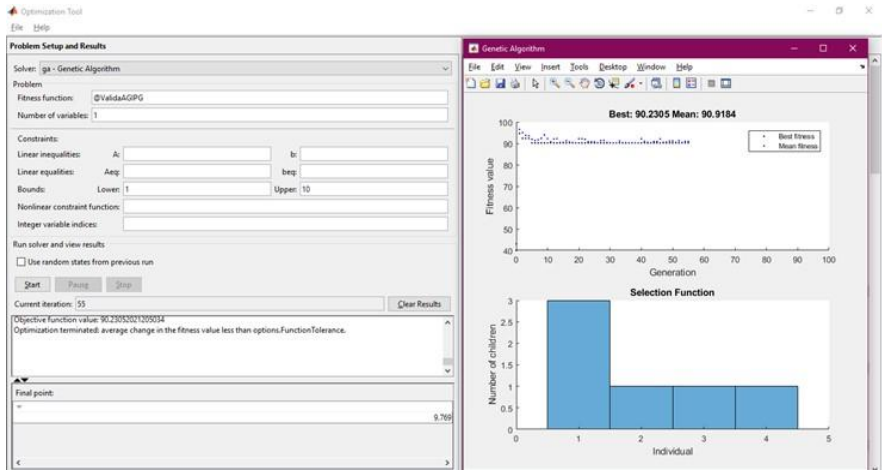
ILUSTRACIÓN 4. Ejecución 01 del Algoritmo Genético y RNA de Matlab



Fuente: Elaboración propia (2019), tomado de Matlab

Como se observa en la *Ilustración 5*, la ejecución uno del AG y RNA indica que las variables 1 (Micro) y 2 (Pequeña) son los que alcanzaron la función aptitud obteniendo el 90.15% y un total de iteraciones de 61

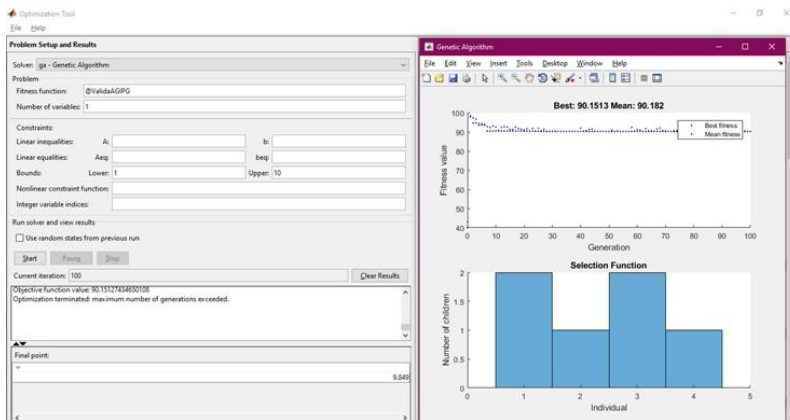
ILUSTRACIÓN 5. Ejecución 10 del Algoritmo Genético de Matlab



Fuente: Elaboración propia (2019), tomado de Matlab

En la *Ilustración 6* se observa la ejecución diez, en la que el individuo 1 (Micro) obtiene el 90.2% de la función aptitud, en un total de 55 iteraciones.

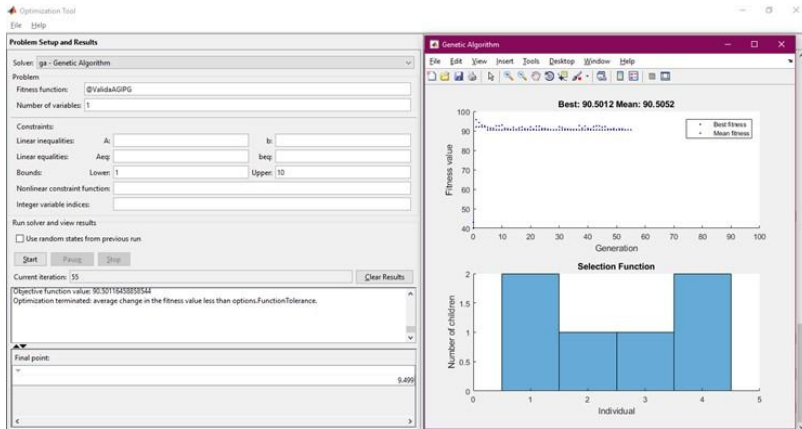
ILUSTRACIÓN 6. Ejecución 20 del Algoritmo Genético de Matlab



Fuente: Elaboración propia (2019), tomado de Matlab

En la ejecución 20 del AG y RNA los resultados arrojan que las variables 1(Micro) y 3(Mediana) obtuvieron el 90.15% de la función aptitud con un total de 100 iteraciones (Ver *Ilustración 7*)

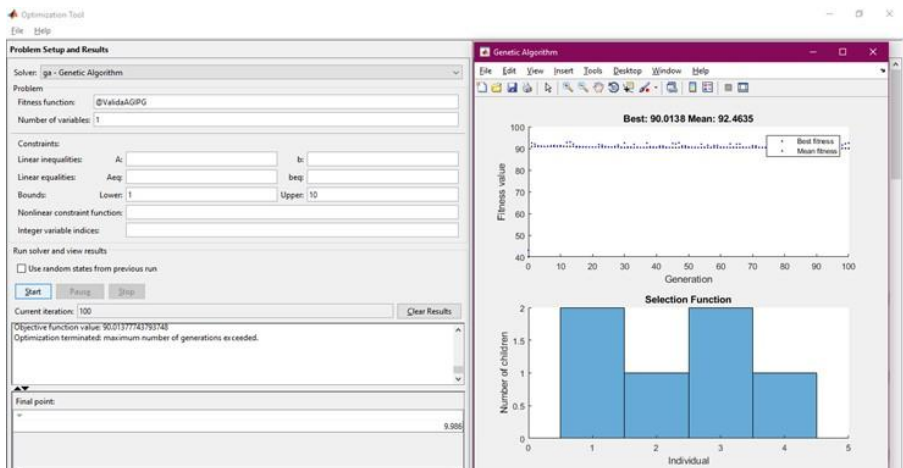
ILUSTRACIÓN 7. Ejecución 30 del Algoritmo Genético y RNA de Matlab



Fuente: Elaboración propia (2019), tomado de Matlab

En la ejecución 30 se observa que se alcanzaron 55 iteraciones obteniendo las variables 1 (Micro) y 4 (Gran) el mayor puntaje con 90.5% (Ver *Ilustración 8*)

ILUSTRACIÓN 8. Ejecución 40 del Algoritmo Genético y RNA de Matlab



Fuente: Elaboración propia (2019), tomado de Matlab

Finalmente, en la *Ilustración 8* se observa que las variables 1 y 3 obtuvieron en 100 iteraciones el puntaje más alto con 90% de la función aptitud. Con el fin de comparar los resultados de los AG y RNA se

presenta en la *Tabla 1* el detalle de las iteraciones y porcentajes alcanzados para la función aptitud.

TABLA 1. *Detalle de resultados en Matlab*

| Núm. Ejecución | Núm. Iteraciones | Servicios relacionados con la minería | | | |
|----------------|------------------|---------------------------------------|---------|---------|--------|
| | | Micro | Pequeña | Mediana | Grande |
| 1 | 61 | 90.6 | 90.6 | | |
| 2 | 78 | 90.2 | | | |
| 3 | 100 | 90.2 | | | |
| 4 | 100 | | | | 90 |
| 5 | 98 | | 90 | | |
| 6 | 99 | | | | 90.4 |
| 7 | 90 | | 90.1 | | |
| 8 | 100 | | | 90.5 | |
| 9 | 92 | | 92.2 | | |
| 10 | 55 | 90.9 | | | |
| 11 | 100 | | | 90.1 | |
| 12 | 100 | | | | 90.6 |
| 13 | 61 | | | 91.5 | |
| 14 | 100 | | 92.2 | | |
| 15 | 51 | | | 90.4 | |
| 16 | 100 | | | 90.1 | |
| 17 | 99 | 91.2 | | | |
| 18 | 51 | 90.6 | | | |
| 19 | 60 | 90.4 | | | |
| 20 | 11 | 90.1 | | 90.1 | |
| 21 | 100 | 90.2 | | | |
| 22 | 100 | | 91 | | |
| 23 | 80 | | | | 90.7 |
| 24 | 70 | | | 90.8 | |
| 25 | 55 | | | | 92.3 |
| 26 | 69 | | | 91.1 | |
| 27 | 57 | | 90.2 | | |
| 28 | 100 | | | 90.2 | |
| 29 | 65 | 90.3 | | | |
| 30 | 55 | 90.5 | | | 90.5 |
| 31 | 51 | | | | 90.4 |
| 32 | 83 | 90.3 | | | |
| 33 | 100 | | | 90.6 | |
| 34 | 99 | | 90.7 | | |
| 35 | 56 | | | 90.9 | |
| 36 | 87 | | 90.2 | | |

| | | | | | |
|-------|-----|------|------|------|------|
| 37 | 100 | | | | 90.3 |
| 38 | 83 | | 90.1 | | |
| 39 | 105 | | | | 91.5 |
| 40 | 100 | 92.4 | | 92.4 | |
| Total | | 13 | 10 | 12 | 9 |

Agrupación de resultados finales: * Se ejecuto 40 veces, en el cual 4 casos aparecieron empate con entre dos variables obteniendo el mismo porcentaje de acuerdo con los resultados

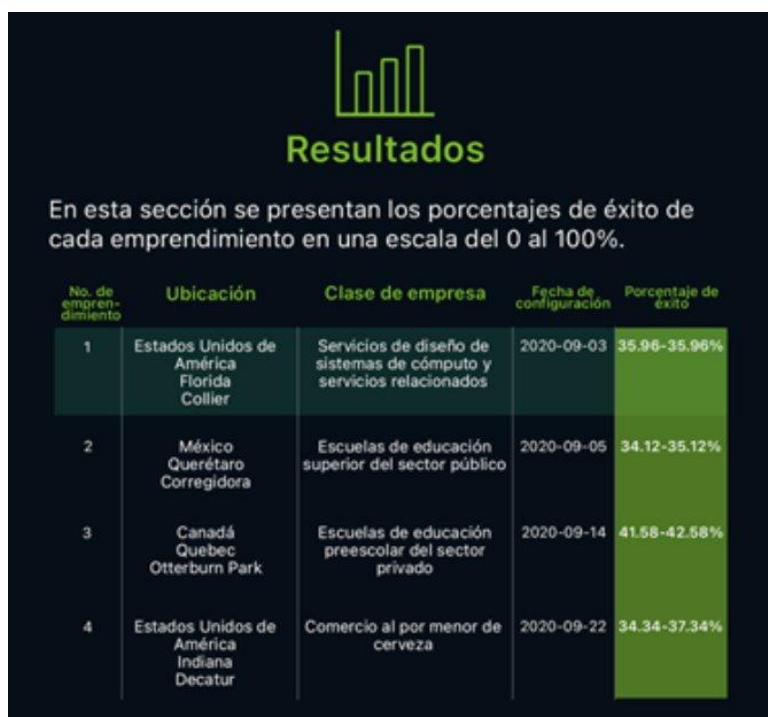
Fuente: Elaboración propia (2019) a partir de los resultados de Matlab

3. METODOLOGÍA

La metodología empleada consistió en un proceso que inicio en analizar, identificar, recopilar y almacenar información de las MiPyMEs del subsector de transformación que tengan una antigüedad mayor a 0.5 años y utilidades mayores a 4 millones de pesos anuales, siempre y cuando hayan tenido rentabilidad mayor a 0.01%. Una vez obtenida la información se diseña el modelo relacional de base de datos para dar soporte a los datos recabados. El modelo relacional de BD inicia con el almacenamiento de los datos recabados, de acuerdo con los criterios de la región y sector. De manera alterna, se inicia con el desarrollo del Algoritmo Genético y Red Neuronal Artificial, el cual recibe como parámetros la empresa, sector y clase por parte del emprendedor. Posteriormente, se solicita la selección de dos grupos de información ligados al proyecto de emprendimiento. El primero corresponde seleccionar del Plan de Negocio, aquellos factores indispensables, que forman parte de los objetivos, estrategias, estructura organizacional y el monto de inversión para garantizar en lo posible la creación exitosa y permanencia de la MiPyME y aminore los riesgos de fracaso. Este ejercicio de selección supone que el emprendedor ya desarrollo los puntos seleccionados o en su defecto tomarán en consideración aquellos que le haga falta desarrollar. El segundo bloque corresponde a seleccionar de un listado de indicadores socioeconómicos, aquellos que de acuerdo con el emprendedor mantengan estabilidad y/o crecimiento a través de los últimos 5 años. Estos bloques tendrán una ponderación que servirá junto con la Base de Datos de las MiPyMEs para generar la función aptitud del Algoritmo Genético y Red Neuronal Artificial. Una vez seleccionados los factores del modelo de negocio e indicadores

socioeconómicos. El emprendedor deberá si así lo desea, configurar el porcentaje de cruce (60% - 90%), el porcentaje de mutación (10% - 20 %), dichos porcentajes son asignados de manera automática y toma los valores sugeridos óptimos. Estos tres rubros tendrán la opción por default valores sugeridos para dar oportunidad al emprendedor que pueda o no modificarlos de acuerdo con su grado de experiencia. Al tener lista la configuración se podrá iniciar con el cálculo de la función aptitud que arrojará como resultado el porcentaje de éxito. Adicional e estos resultados, Algoritmo Genético y Red Neuronal Artificial arrojo en tiempo de ejecución las iteraciones hasta llegar al valor fitness. Los resultados dispuestos en la APP arrojaron los resultados presentados en la *Ilustración 9 a la 16*.

ILUSTRACIÓN 9. *Backlog de emprendimientos y resultados históricos obtenidos*



Fuente: Elaboración propia (2024)

ILUSTRACIÓN 10. Resultados por tamaño de empresa



Fuente: Elaboración propia (2024)

ILUSTRACIÓN 11. Resultados del plan de negocio



ILUSTRACIÓN 12. Porcentaje de éxito alcanzado

El porcentaje aproximado que alcanzó tu emprendimiento fue de: **35.96%**

Calificación = **CC (Bajo)**. Sugerimos realices de manera exhaustiva el análisis socioeconómico e innovación y el plan de negocio del tipo de empresa que deseas emprender.

Te recordamos que estos resultados son una simulación a tu emprendimiento. Si deseas mayor certeza te recomendamos acudir con los expertos para seguir el proceso correspondiente.



Fuente: Elaboración propia (2024)

ILUSTRACIÓN 13. Resultados comparativos locales y regionales

Resultados comparativos locales

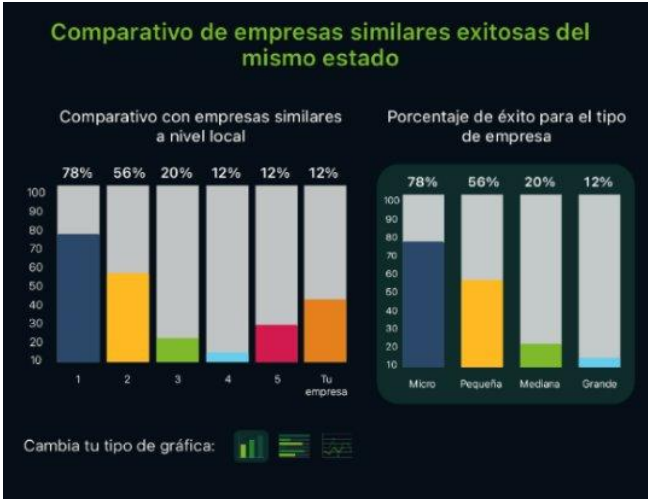
A continuación de muestra una comparación entre la empresa simulada y el top 5 de empresas similares dentro del mismo municipio.

Selecciona una empresa para visualizar su porcentaje de éxito de acuerdo a su tamaño.

| No. de emprendimiento | Ubicación | Clase de empresa | Fecha de configuración | Porcentaje de éxito |
|-----------------------|---|---|------------------------|---------------------|
| 1 | Estados Unidos de América Indiana Decatur | Servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados | 2020-09-03 | 35.96-35.96% |
| 2 | Estados Unidos de América Indiana Decatur | Escuelas de educación superior del sector público | 2020-09-05 | 34.12-35.12% |
| 3 | Estados Unidos de América Indiana Decatur | Escuelas de educación preescolar del sector privado | 2020-09-14 | 41.58-42.58% |
| 4 | Estados Unidos de América Indiana Decatur | Comercio al por menor de cerveza | 2020-09-22 | 34.34-37.34% |
| 5 | Estados Unidos de América Indiana Decatur | Comercio al por menor de cerveza | 2020-09-22 | 34.34-37.34% |

Fuente: Elaboración propia (2024)

ILUSTRACIÓN 14. Resultados comparativos locales y regionales por tamaño de empresa



Fuente: Elaboración propia (2024)

ILUSTRACIÓN 15. Resultados comparativos internacionales

Resultados comparativos regionales

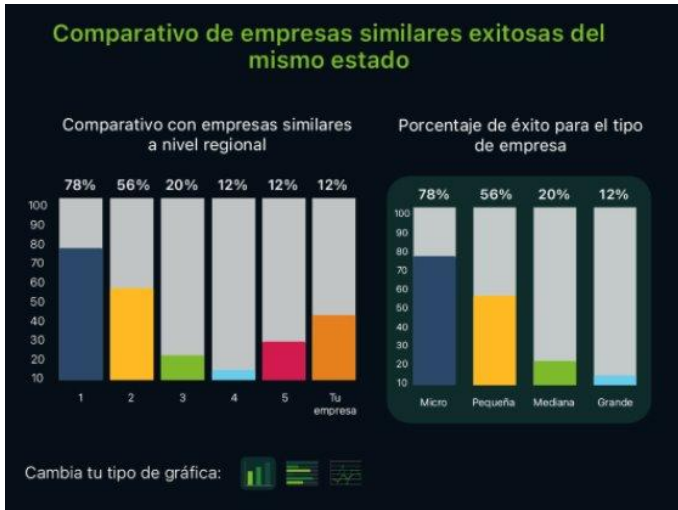
A continuación de muestra una comparación entre la empresa simulada y el top 5 de empresas a nivel nacional (país) de la misma clase que la empresa simulada.

Selecciona una empresa para visualizar su porcentaje de éxito.

| No. de emprendimiento | Ubicación | Clase de empresa | Fecha de configuración | Porcentaje de éxito |
|-----------------------|---|---|------------------------|---------------------|
| 1 | Estados Unidos de América Indiana Decatur | Servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados | 2020-09-03 | 35.96-35.96% |
| 2 | Estados Unidos de América Indiana Decatur | Escuelas de educación superior del sector público | 2020-09-05 | 34.12-35.12% |
| 3 | Estados Unidos de América Indiana Decatur | Escuelas de educación preescolar del sector privado | 2020-09-14 | 41.58-42.58% |
| 4 | Estados Unidos de América Indiana Decatur | Comercio al por menor de cerveza | 2020-09-22 | 34.34-37.34% |
| 5 | Estados Unidos de América Indiana Decatur | Comercio al por menor de cerveza | 2020-09-22 | 34.34-37.34% |

Fuente: Elaboración propia (2024)

ILUSTRACIÓN 16. Resultados comparativos internacionales por tamaño de empresa



Fuente: Elaboración propia (2024)

5. DISCUSIÓN

En primera instancia se hizo una mejora al código en Transact SQL, la cual consistió en modificar la manera en que se generaban los valores aleatorios. Los resultados fueron favorables de acuerdo con la *Tabla 2*. Tras el primer experimento/entrenamiento con 40 ejecuciones, se obtuvieron diferencias de máximo 10.2% con la pequeña empresa, y 0.5% entre la Gran empresa, se redujeron a poco más del 5% entre la Mediana y la Microempresa (Ver *Tabla 2*). Mientras que se mantuvo el mismo porcentaje de diferencia agrupando las MiPyMEs y se redujo al 5.35% las diferencias totales promedio.

Tras esta mejora en los resultados del AG/RNA en comparación con Matlab, se realizaron 5 experimentos más con sus respectivas 40 ejecuciones cada uno con los siguientes porcentajes de mutación y cruce (Ver *Tabla 3*).

TABLA 2. Comparativo de resultados (primer experimento)

| 213119 (ranking 1) - servicios relacionados con la minería | | | | | |
|--|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|---------------------|
| Tamaño | Porcentaje de éxito por el AG | Agrupado MiPyMEs | Porcentaje de éxito con MATLAB | Agrupado MiPyMEs | Diferencia absoluta |
| Mediana | 32.50% | 80.00% | 27.30% | 79.50% | 5.20% |
| Pequeña | 12.50% | | 22.70% | | 10.20% |
| Micro | 35.00% | | 29.50% | | 5.50% |
| Grande | 20.00% | 20.00% | 20.50% | 20.50% | 0.50% |
| Total y/o promedio | 100% | 100% | 100% | 100% | 5.35% |

Fuente: Elaboración propia (2019)

TABLA 3. Experimentos para encontrar los valores óptimos de mutación y cruce

| Concepto | Primero (valores originales) | Segundo | Tercero | Cuarto | Quinto | Sexto |
|------------------------|------------------------------|---------|---------|--------|--------|-------|
| Porcentaje de cruce | 80% | 90% | 85% | 75% | 70% | 60% |
| Porcentaje de mutación | 20% | 10% | 20% | 10% | 20% | 20% |

Fuente: Elaboración propia (2019)

Como se puede observar en la *Tabla 3*, los valores óptimos se encontraron en el sexto experimento con un porcentaje de cruce del 60% y un porcentaje de mutación del 20%

TABLA 4. Comparativo de resultados entre el Algoritmo Genético desarrollado en Transact - SQL Server y MATLAB (sexto experimento)

| 213119 (ranking 1) - servicios relacionados con la minería | | | | | |
|--|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|---------------------|
| Tamaño | Porcentaje de éxito por el AG | Agrupado MiPyMEs | Porcentaje de éxito con MATLAB | Agrupado MiPyMEs | Diferencia absoluta |
| Mediana | 35.00% | 80.00% | 27.30% | 79.50% | 7.70% |
| Pequeña | 22.50% | | 22.70% | | 0.20% |
| Micro | 22.50% | | 29.50% | | 7.00% |
| Grande | 20.00% | 20.00% | 20.50% | 20.50% | 0.50% |
| Total y/o promedio | 100% | 100% | 100% | 100% | 3.85% |

Fuente: Elaboración propia (2019)

Comparando los mismos porcentajes de mutación óptimos entre el AG/RNA de transact SQLServer y Matlab, se entraron diferencias máximas del 7.7% y mínimas del 0.2%, esto significo que ningún tamaño de empresa excedió más del 8% de diferencia, lo que dio certeza a los valores óptimos encontrados, así como la confiabilidad de los resultados. La micro y mediana empresa tuvieron 7.0% y 7.7% respectivamente, mientras que la pequeña una diferencia del 0.2% y la gran empresa con el 0.5%. Es importante señalar que al agrupar a las MiPyMEs obtuvieron el mismo resultado que todos los experimentos con una diferencia del 0.5% (Ver *Tabla 4*).

Para finalizar el comparativo entre las técnicas empleadas y Matlab, se presenta en la *Tabla 5*, los resultados generados con información del INEGI para el comparativo contextual real en México. Estos reajustes permitieron que los resultados del Algoritmo Genético/Red Neuronal Artificial desarrollado con Transact SQL Server sean similares a Matlab y cercanos a la información del INEGI, salvo la gran empresa, la cual mantuvo la misma diferencia en todos los experimentos. Se puede observar que existen similitudes en la micro, pequeña y mediana las cuales no exceden más del 8%. Al comparar a la gran empresa entre los algoritmos/RNA presentan una diferencia menor al 0.05%, mientras que con respecto a la información obtenida del INEGI presentan una variación promedio de poco más de 12%. Analizando esta diferencia, esta se atribuye a que en el INEGI las grandes empresas generan mayor rentabilidad económica y utilidad, por lo que las ponderaciones son mayores y estas incrementan la probabilidad de éxito en los AG.

TABLA 5. Comparativo entre la información fuente con MATLAB

| 213119 (ranking 1) - servicios relacionados con la minería | | | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|
| Tamaño | Porcentaje real de éxito (INEGI,2017) | Agrupado por MiPyME | Porcentaje de éxito por el AG | Agrupado por MiPyME | Porcentaje de éxito con MATLAB | Agrupado por MiPyME |
| Mediana | 34.60% | 92.30% | 35.00% | 80.00% | 27.30% | 79.50% |
| Pequeña | 30.80% | | 22.50% | | 22.70% | |
| Micro | 26.90% | | 22.50% | | 29.50% | |
| Grande | 7.70% | 7.70% | 20.00% | 20.00% | 20.50% | 20.50% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | — | 100% |

Fuente: Elaboración propia (2019)

6. CONCLUSIONES

Se concluye que el desarrollo de Algoritmos Genéticos junto con Redes Neuronales como Core, permite sugerir la creación de MIPYMES generando el porcentaje de éxito de cada empresa sometida a evaluación, para colaborar con la estimulación del desarrollo económico de las regiones. Esto permite la confirmación de la hipótesis, así como el alcance del objetivo planteados en el presente proyecto. Esto derivó en el alcance los objetivos específicos.

Otra de las conclusiones a las que se llegó con el desarrollo del presente proyecto es que, si bien se centra en el desarrollo de un Algoritmo Genético y RNA multicapa con entrenamiento correspondiente a las Ciencias Computacionales, es indispensable y enriquecedor combinarlo con la disciplina de Administración con el tema de emprendimiento, lo cual permitió llevar a la práctica dicha técnica de sistemas inteligentes siendo perfectible y no limitativo. Esto permite llevar de la experimentación, mejora y optimización de esta técnica, al campo práctico en el cual el sector social, académico, gubernamental y empresarial.

Finalmente, el desarrollo del Algoritmo Genético y una RNA puede ser aplicado a otras disciplinas y entornos de la vida cotidiana. Esto se logró confirmar gracias a los experimentos realizados, comparaciones, análisis e interpretación de información arrojada y comparada con la información proveniente del INEGI (2021) así como comparando los resultados con el AG/RNA de la herramienta MATLAB, presentando resultados similares, con variaciones que no rebasaron el 8% y en algunos casos menos del 0.2%. Adicional a ello, se desarrolló el AG para poder alcanzar la función aptitud de una población dinámica, lo que permitió probar y validar satisfactoriamente poblaciones de menos de 20 individuos y poblaciones de poco más de 40 individuos. Dichos experimentos, dan la alternativa a que el algoritmo en conjunción con la RNA pueda funcionar para la optimización de otros de problemáticas y contextos.

7. REFERENCIAS

- Aníbal, J., Morales, R., Gabriel, J., & López, V. (2015). Internationalization of SMEs: analysis of resources and internal capabilities using fuzzy logic. *Contaduría y Administración*, 60(4), 836-863.
- Bankinter, F. I. (2018). Modelos de negocio disruptivos. España: LUDIC.
- Borrajo, M., Baruque, B., Corchado, E., Bajo, J., & Corchado, J. (2011). Sistema inteligente neuro híbrido para predecir el fracaso empresarial en empresas de pequeña y mediana. *International Journal of Neural Systems*, 21(4), 225- 242.
- Brown (2009). *Change by design: How design thinking transforms organizations and inspires innovation*. New York: Harper business.
- Brown, & Wyatt. (2010) *Design Thinking for social innovation*, Standford social innovation review. Obtenido de http://5a5f89b8e10a225a44ac-cbed124c38c4f7a3066210c073e7d55.r9.cf1.rackcdn.com/files/pdfs/news/2010_SSIR_DesignThinking.pdf, recuperado enero 05, 2019
- Christensen. (2006) *The Ongoing Process of Building a Theory of Disruption*. *Journal of Product Innovation Management*, 23, 39–55. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2005.00180.x>
- Christensen, C., Raynor, M., & Mcdonald, R. (2015) *What Is Disruptive Innovation?* *Harvard Business Review*, 93(12), 44–53. Doi: <https://doi.org/10.1353/abr.2012.0147>
- Contreras, R., Pinninghoff, A., & Evelyn, O. (2003). Sistema de apoyo a procesos productivos en Pymes: Un caso de aplicación. *Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación*, 1-11.
- Danneels, E. (2004). *Disruptive Technology Reconsidered: A Critique and Research Agenda*. *Journal of Product Innovation Management*, 21(4), 246–258.
- Domschke, Bog, & Zeier. (2009). *Teaching design thinking to software engineers: Two future*. 26th ICSID World Design Congress. Singapore: Design Education Conference.
- Dziersk. (2006). *Design thinking what is that?* Obtenido de <https://www.fastcompany.com/919258/design-thinking-what>, recuperado enero 05, 2019
- Godinho, M., Fullin, C., & Tavares, R. (2014). Using Genetic Algorithms to solve scheduling problems on flexible manufacturing systems (FMS): a literature survey, classification and analysis. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 26(3), 408–431.

- Hongwei, D., Lyès, B., & Xiaolan, X. (2006). Un enfoque de algoritmo genético multiobjetivo basado en simulación para la optimización de empresas en red. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 19(6), 609-623. doi:<https://doi.org/10.1016/j.engappai.2005.12.008>
- Markides, C., Keller, A., Hüsig, S., Process, T., & Source. (2006). Disruptive Innovation: In Need of Better Theory, Business-Model Innovation. *Journal of Strategic Information Systems*, 29, 19–25. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2005.00177.x>
- Pereira, F., & Camacho, J. (2016). Modelos innovadores disruptivos en la prestación de los servicios de salud entre los años 2004 y 2014. Bogotá Colombia: Pontificia Universidad Javeriana; Tesis de Maestría.
- Piñeiro Sánchez, C., Rodríguez López, M., Monelos, P., & Santos Reyes, J. (2004). Redes neuronales artificiales y predicción de fallo empresarial: Superación del enfoque de “caja negra” con algoritmos de poda y Análisis de sensibilidad. Obtenido de http://www.aecal.org/pub/on_line/comunicaciones_xviiicongresoaecca/cd/141b.pdf, recuperado agosto 11, 2018
- Ries, E. (2013). *El método Lean Startup*. Francia: Pearson.
- Vanegas, J., Botero, J., & Restrepo, J. (2014). Una aproximación mediante lógica difusa al análisis de la competitividad empresarial. *Administración y organizaciones*, 17(43), 10-45.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS SOCIOEMOCIONALES VINCULADAS AL EMPRENDIMIENTO

BEATRIZ ABAD-VILLAVERDE

Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña

IÑIGO BENITO

Human AI

BELÉN GOÑI

Universidad de Navarra

1. INTRODUCCIÓN

El emprendimiento ha surgido como un motor clave para el crecimiento económico y la innovación en la era contemporánea (Shane & Venkataraman, 2021). En un mundo caracterizado por la rápida evolución tecnológica y la globalización, el emprendimiento no solo impulsa la creación de nuevas empresas, sino que también fomenta la adaptabilidad y la resolución creativa de problemas (Stangler & Litan, 2020). Como señalan McMullen y Shepherd (2020), los emprendedores no solo buscan oportunidades para generar ganancias, sino que también están motivados por la necesidad de impactar positivamente en la sociedad y resolver desafíos complejos. Este enfoque centrado en la solución de problemas ha llevado a un aumento en la diversidad de emprendedores, que van desde jóvenes innovadores en tecnología hasta empresarios sociales comprometidos con el cambio social (Mair & Martí, 2006).

En este contexto dinámico, la capacidad para identificar oportunidades, tomar decisiones informadas y mantener una actitud resiliente ante la adversidad se vuelve fundamental para el éxito emprendedor (Baron & Tang, 2020). Así, las competencias socioemocionales se vuelven

elementos cruciales para el éxito y la sostenibilidad de las empresas emergentes. La inteligencia emocional, definida como "la habilidad para percibir, evaluar y expresar emociones de manera precisa" (Salovey & Mayer, 1990, p. 189), se ha destacado como un predictor clave del éxito empresarial, al favorecer la interacción con distintos actores del entorno emprendedor, desde clientes y socios hasta empleados y colaboradores facilitando la toma de decisiones efectivas y la gestión de conflictos (Miao et al., 2020). La capacidad para reconocer y regular las propias emociones, así como comprender las emociones de los demás, es fundamental para establecer relaciones efectivas con clientes, socios y empleados (Cardon et al., 2021), mantener un ambiente laboral productivo y fomentar la colaboración en equipos multidisciplinares.

Por otra parte, la resiliencia emocional permite a los emprendedores enfrentar los inevitables desafíos que acompañan el camino del emprendimiento y aprender de ellos para adaptarse y persistir en sus esfuerzos (Runst & Thomä, 2023, Shepherd et al., 2019). La capacidad para tolerar la ambigüedad y la incertidumbre, aprender de las experiencias negativas y seguir adelante con determinación es crucial en un entorno empresarial caracterizado por la volatilidad y la complejidad (Gupta et al., 2020). Los emprendedores deben adaptarse a situaciones cambiantes, gestionar el estrés y mantener una actitud positiva, para poder innovar y mantener la creatividad (Baron & Ward, 2021). Así pues, la habilidad para evaluar riesgos, identificar oportunidades y adaptarse a entornos inciertos se convierte en un diferenciador crucial entre los emprendedores exitosos y aquellos que luchan por mantenerse a flote en un mercado competitivo y en constante cambio. Por tanto, las competencias socioemocionales no solo son importantes para el bienestar personal de los emprendedores, sino que también influyen directamente en el rendimiento y la viabilidad de sus empresas

El modelo de los Cinco Grandes de la personalidad ha ganado prominencia en la investigación psicológica debido a su capacidad para capturar la diversidad y complejidad de la personalidad humana. Este modelo recibe su nombre por identificar cinco dimensiones principales de la personalidad: extraversión, amabilidad, conciencia, estabilidad emocional y apertura a la experiencia (Goldberg, 1990). Cada una de ellas

representa un continuo que abarca una amplia gama de características individuales, lo que proporciona un marco sólido para comprender la variabilidad en el comportamiento humano (McCrae & Costa, 1999). Además, los rasgos de personalidad pueden manifestarse en comportamientos y habilidades específicas relacionadas con las competencias socioemocionales. Desde esta perspectiva, el Modelo de los Cinco Grandes ofrece una estructura factorial robusta que permite un análisis sistemático de las tendencias de la personalidad y sus implicaciones en diversos ámbitos (Chernyshenko et al., 2018)

La investigación sobre la relación entre la personalidad y el emprendimiento se ha llevado a cabo, principalmente, en torno a dos enfoques. Por una parte, existen estudios centrados en los rasgos de los Cinco Grandes, mientras que otros trabajos se han centrado en la persona, es decir, estudiando cómo se relaciona la combinación de distintos rasgos con el emprendimiento. El enfoque en los rasgos (estudio del impacto de cada uno de los rasgos por separado), ha aportado una gran cantidad de evidencia de que la apertura a la experiencia o la extraversión ejercen una influencia positiva en la decisión de iniciar un negocio propio (Brandstätter, 2011; Shane et al., 2010; Zhao & Seibert, 2006). La asociación entre la extraversión y el liderazgo efectivo en contextos empresariales, así como la capacidad para establecer y mantener redes de contactos se ha asociado tradicionalmente con la sociabilidad, la energía y la disposición para asumir riesgos, lo que la convierte en una competencia relevante para el comportamiento emprendedor (Zhao et al., 2010). Por su parte, la apertura a la experiencia ha sido reconocida como un predictor importante para el éxito en el emprendimiento al reflejar la disposición para la creatividad, la curiosidad intelectual y la flexibilidad cognitiva, que favorecen la innovación y la adaptación a entornos empresariales dinámicos (Rauch & Frese, 2007; Rauch & Hulsink, 2015; Shane et al., 2010; Zhao et al., 2010). También se ha encontrado evidencia que la amabilidad aumenta la probabilidad de que una persona decida ser trabajador por cuenta propia (Caliendo et al., 2014), en tanto que se relaciona positivamente con la capacidad para construir relaciones sólidas con clientes, socios y empleados, contribuyendo al éxito empresarial a largo plazo (Sutin et al., 2010). En términos de

conciencia, las investigaciones sugieren que está relacionada con la organización, la diligencia, la disciplina, el compromiso y la capacidad para establecer y alcanzar metas a largo plazo, siendo estas habilidades esenciales para la gestión efectiva de un negocio, al influir positivamente en el desempeño emprendedor (Judge & Bono, 2001). La estabilidad emocional se ha identificado como un factor crucial para la resiliencia y la capacidad de gestionar el estrés asociado con los desafíos empresariales, lo que contribuye a la adaptación y al éxito en entornos empresariales dinámicos (Rauch & Frese, 2007; Zhao et al., 2010). La amabilidad refleja la disposición hacia la cooperación, la empatía y la confianza interpersonal, características que pueden influir en la capacidad de un emprendedor para establecer relaciones sólidas con socios, clientes y empleados (Rauch & Frese, 2007).

Respecto al estudio de los Cinco Grandes centrado en la persona emprendedora existen dos enfoques. Por una parte, están los autores que consideran que una combinación específica de rasgos de personalidad puede predecir la actividad empresarial de manera efectiva. Específicamente altos niveles de extraversión, responsabilidad, estabilidad emocional y apertura a la experiencia combinados con baja amabilidad darían lugar a lo que se conoce como el “perfil de la personalidad emprendedora” (Schmitt-Rodermund, 2004; Obschonka et al., 2013; Obschonka & Stuetzer, 2017). Sin embargo, estudios actuales han aportado evidencia de que los rasgos interactúan sinérgicamente entre sí. Es decir, existen interdependencias estables y discernibles entre los rasgos de los Cinco Grandes (Runst & Thomä, 2023), que dan lugar a distintos tipos de personalidades individuales llamadas “prototipos de la personalidad”. Por tanto, la combinación de los rasgos es importante para comprender los aspectos de la personalidad relacionados con el emprendimiento y para explicar la heterogeneidad entre las personas emprendedoras (Backes-Gellner & Moog, 2013)

Pese a la investigación en los estudios de enfoque en los rasgos y en los de enfoque en la persona (perfiles y prototipos), hay poco consenso sobre la mejor forma de identificar los aspectos de la personalidad y las competencias socioemocionales relacionadas con el emprendimiento. Esta brecha respecto a cuál es el enfoque más adecuado se refleja en

dificultades en el proceso de evaluación para la toma de decisiones informada. La aplicación de la psicolingüística combinada con el procesamiento del lenguaje natural y el Machine Learning han permitido diseñar un modelo de Inteligencia Artificial llamado Human AI que es capaz de dinamizar la evaluación de las competencias socioemocionales según el modelo de los Cinco Grandes (OCEAN) permitiendo obtener en segundos informes personalizados con información de los rasgos, los perfiles y/o los prototipos. Dado que emplea como input un texto escrito en lenguaje natural de alrededor de mil palabras los informes son, libres de sesgos de autopercepción y neutralizan la deshabilitación social. Human AI permite acortar el tiempo de evaluación ofreciendo a partir de un solo texto la información de todas las variables de manera aislada (rasgos) o combinada (en perfiles o prototipos según se necesite).

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es presentar cuál fue el proceso de identificación de las competencias socioemocionales que más impacto tienen en el emprendimiento para que la herramienta de Human AI llegara a ser capaz de generar un informe automatizado que las agrupe por orden de relevancia y que ofrezca pautas para su entrenamiento considerando las áreas destacadas y de mejora. Al identificar y analizar estas competencias, se espera que este estudio proporcione información valiosa que pueda utilizarse para informar la práctica empresarial, mejorar el apoyo a los emprendedores y fomentar un entorno empresarial más dinámico y exitoso.

3. METODOLOGÍA

Para dar cuenta del objetivo propuesto se empleó un enfoque mixto. Se llevó a cabo una revisión narrativa de la literatura para comprobar si existen publicaciones científicas sobre cada una de las 35 competencias socioemocionales. Por otra parte, se planteó una consulta a 40 participantes con experiencia y conocimientos en emprendimiento que, basándose en su experiencia, identificaron qué factores y facetas del modelo de los Cinco Grandes/OCEAN consideraban más críticos para el éxito de un emprendedor.

3.1. REVISIÓN NARRATIVA DE LA LITERATURA

3.1.1. Procedimiento

Dentro de los diferentes tipos de revisiones de la literatura que permiten obtener conocimiento sobre un tema, la revisión narrativa es la que se considera más adecuada cuando se trata de responder a una pregunta básica sobre un campo de conocimiento (Aguilera, 2014). En este estudio, el interés radicaba en saber si existen publicaciones científicas sobre cada una de las 35 competencias socioemocionales más allá de marcos generales como el EntreComp sobre la competencia emprendedora (EurLex, 2024). Dado el amplio número de variables para explorar se optó por una revisión narrativa que permitiera tener una visión de conjunto de las competencias que habían sido estudiadas en relación con el emprendimiento desde una perspectiva científica y que contaran con, al menos, una publicación.

3.2. CONSULTA A EXPERTOS

3.2.1. Participantes

Se entrevistó a 40 expertos de los cuales 7 fueron emprendedores con empresas creadas con al menos tres años de antigüedad, 8 inversores, 10 asesores de personas emprendedoras, 4 formadores de emprendedores, 15 empresarios, 4 gestores de programas de emprendimiento, 2 investigadores, 8 intraemprendedores y 6 participantes de otros perfiles relacionados con el emprendimiento. La diferencia entre el tamaño de la muestra consultada (40 expertos) y la cantidad de expertos según área de especialización (64 especialidades relacionadas con el emprendimiento) es debido a que algunos participantes pertenecían a más de una categoría de experto. El promedio de edad fue de 50 años.

De la muestra se obtuvieron un total de 36 respuestas que permitieron identificar las competencias socioemocionales vinculadas al emprendimiento, según la opinión de los expertos, y clasificarlas en “Crítica”, “Relevante”, “Necesaria” y “Opcional”.

3.2.2. Procedimiento

Todos los participantes recibieron un cuestionario de Forms difundido por internet que debían autocumplimentar. El primer bloque de preguntas estaba diseñado para recoger información respecto a su área (o áreas) de experiencia. En el segundo bloque, se les presentó un listado con las 35 competencias socioemocionales extraídas del modelo de los Cinco Grandes. Tras leer la definición de cada una de ellas debían responder, en aquellas en que tuvieran criterio para responder, si las consideraban “Crítica”, “Relevante”, “Necesaria” y “Opcional”.

4. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE LA REVISIÓN NARRATIVA DE LA LITERATURA

En la tabla 1 se muestran los resultados de la revisión narrativa de los diferentes rasgos y facetas vinculadas al emprendimiento.

TABLA 1. *Revisión narrativa de competencias socioemocionales vinculadas a emprendimiento*

| Facetas | Autor | Año | Título |
|-------------------------|---|------|---|
| Apertura a experiencias | Obschonka, M., Moeller, J., & Goethner, M. | 2019 | Entrepreneurial passion and personality: The case of academic entrepreneurship |
| | Leutner, F., Ahmetoglu, G., Akhtar, R., & Chamorro-Premuzic, T. | 2014 | The relationship between the entrepreneurial personality and the Big Five personality traits |
| | Luc, P. T. | 2022 | 'The relationships between Big-Five personality traits and social entrepreneurship intention' |
| | Zhao, H., Seibert, S. E., & Lumpkin, G. T. | 2010 | The relationship of personality to entrepreneurial intentions and performance: A meta-analytic review |
| | Rauch, A., & Hulsink, W. | 2015 | Putting entrepreneurship education where the intention to act lies: An investigation into the impact of entrepreneurship education on entrepreneurial behavior. |
| | Shane, S., Nicolaou, N., Cherkas, L., & Spector, T. D. | 2010 | Genetics, the Big Five, and the tendency to be self-employed. |
| | Schmitt-Rodermund, E. | 2004 | Pathways to successful entrepreneurship: Parenting, personality, early entrepreneurial competence, and interests. |

| | | | |
|-------------------------|--|------|---|
| | Obschonka, M., Schmitt-Rodermund, E., Silbereisen, R. K., Gosling, S. D., & Potter, J. | 2013 | The regional distribution and correlates of an entrepreneurship-prone personality profile in the United States, Germany, and the United Kingdom: a socioecological perspective. |
| | Obschonka, M., & Stuetzer, M. | 2017 | Integrating psychological approaches to entrepreneurship: the Entrepreneurial Personality System (EPS). |
| Audacia | Vega-Gómez, F. I., Miranda González, F. J., Chamorro Mera, A., & Pérez-Mayo, J. | 2020 | Antecedents of entrepreneurial skills and their influence on the entrepreneurial intention of academics. |
| | Kerr, S. P., Kerr, W. R., & Xu, T. | 2018 | Personality traits of entrepreneurs: A review of recent literature. |
| Curiosidad intelectual | Rauch, A., & Frese, M. | 2007 | Born to be an entrepreneur? Revisiting the personality approach to entrepreneurship. |
| | Zhao, H., & Seibert, S. E. | 2006 | The big five personality dimensions and entrepreneurial status: a meta-analytical review. |
| Sensibilidad estética | Cardozo, R. N., & Pinto, M. B. | 2015 | The Role of Aesthetics in New Venture Creation: Evidence from a Study of New Technology-Based Firms |
| Emocionalidad | Baron, R. A., & Tang, J. | 2011 | Personality, Passion, and Perseverance: An Empirical Exploration of the Entrepreneurial Personality Profile |
| Imaginación | Orole, F., Gadar, K., Kamarudin, N., & Che, O. | 2012 | The role of imagination in entrepreneurial innovation. |
| Independencia de juicio | Smith, A. R. | 2013 | The relationship of personality to entrepreneurial performance: An examination of openness to experience facets. |
| Responsabilidad | Fayolle, A., Gailly, B., & Lassas-Clerc, N. | 2006 | Effect and counter-effect of entrepreneurship education and social context on student's intentions |
| | Schmitt-Rodermund, E | 2004 | Pathways to successful entrepreneurship: Parenting, personality, early entrepreneurial competence, and interests. |
| | Obschonka, M., Schmitt-Rodermund, E., Silbereisen, R. K., Gosling, S. D., & Potter, J. | 2013 | The regional distribution and correlates of an entrepreneurship-prone personality profile in the United States, Germany, and the United Kingdom: a socioecological perspective. |
| | Obschonka, M., & Stuetzer, M. | 2017 | Integrating psychological approaches to entrepreneurship: the Entrepreneurial Personality System (EPS). |
| Necesidad de logro | Kerr, S. P., Kerr, W. R., & Xu, T. | 2018 | Personality traits of entrepreneurs: A review of recent literature. |
| Deliberación | Vroom, V. H., & Gago, M. | 2010 | The Big Five Personality Traits and Individual Success in Small Business |

| | | | |
|--------------------|--|------|--|
| Sentido del deber | Travis, J., & Freeman, E. | 2017 | Predicting entrepreneurial intentions: incremental validity of proactive personality and entrepreneurial self-efficacy as a moderator. |
| Orden | Basardien, F., Friedrich, C., & Parker, H. | 2013 | The relationship between planning strategies and entrepreneurial success for start-up entrepreneurs in the Western Cape: A psychological approach to entrepreneurship. |
| | Judge, T. A., & Bono, J. E. | 2001 | Relationship of core self-evaluations traits—self-esteem, generalized self-efficacy, locus of control, and emotional stability—with job satisfaction and job performance: A meta-analysis. |
| Autodisciplina | Vodă, A. I., & Florea, N. | 2019 | Impact of personality traits and entrepreneurship education on entrepreneurial intentions of business and engineering students. |
| | Judge, T. A., & Bono, J. E. | 2001 | Relationship of core self-evaluations traits—self-esteem, generalized self-efficacy, locus of control, and emotional stability—with job satisfaction and job performance: A meta-analysis. |
| Competencia | Singh, R., & Dwivedi, A. | 2022 | Digital entrepreneurship competency and digital entrepreneurial intention: role of entrepreneurial motivation. |
| Extraversión | Shane, S., Nicolaou, N., Cherkas, L., & Spector, T. D. | 2010 | Genetics, the Big Five, and the tendency to be self-employed. |
| | Brandstätter, H. | 2011 | Personality aspects of entrepreneurship: A look at five meta-analyses. |
| | Zhao, H., & Seibert, S. E. | 2006 | The big five personality dimensions and entrepreneurial status: a meta-analytical review. |
| | Wismans, A., Jansen, P., Thurik, R., Prinzie, P., & Franken, I. | 2024 | Seeking the roots of entrepreneurship: Childhood and adolescence extraversion predict entrepreneurial intention in adults. |
| | Schmitt-Rodermund, E. | 2004 | Pathways to successful entrepreneurship: Parenting, personality, early entrepreneurial competence, and interests. |
| | Obschonka, M., Schmitt-Rodermund, E., Silbereisen, R. K., Gosling, S. D., & Potter, J. | 2013 | The regional distribution and correlates of an entrepreneurship-prone personality profile in the United States, Germany, and the United Kingdom: a socioecological perspective. |
| | Obschonka, M., & Stuetzer, M. | 2017 | Integrating psychological approaches to entrepreneurship: the Entrepreneurial Personality System (EPS). |
| Nivel de actividad | Agustina, T. S., & Fauzia, D. S. | 2021 | The need for achievement, risk-taking propensity, and entrepreneurial intention of the generation Z. |
| Asertividad | Baciu, E. L., Virgă, D., Lazăr, T. A., Gligor, D., & Jurcuț, C. N. | 2020 | The association between entrepreneurial perceived behavioral control, personality, empathy, and assertiveness in a romanian sample of nascent entrepreneurs. |

| | | | |
|-----------------------|---|------|---|
| Emociones positivas | Mahendra, A. M., Djatmika, E. T., & Hermawan, A. | 2017 | The Effect of Entrepreneurship Education on Entrepreneurial Intention Mediated by Motivation and Attitude among Management Students, State University of Malang, Indonesia. |
| Búsqueda de emociones | Tang, J., Kacmar, K. M., & Busenitz, L. W. | 2012 | The Role of Sensation Seeking and Passion in Entrepreneurial Activities. |
| Cordialidad | Zhao, H., & Seibert, S. E. | 2006 | The big five personality dimensions and entrepreneurial status: a meta-analytical review. |
| Sociabilidad | Rauch, A., & Frese, M. | 2007 | The Role of Personality Traits in Entrepreneurial Success |
| | Zhao, H., Seibert, S. E., & Hills, G. E. | 2010 | The mediating role of self-efficacy in the development of entrepreneurial intentions. |
| Amabilidad | Zhao, H., & Seibert, S. E. | 2006 | The big five personality dimensions and entrepreneurial status: a meta-analytical review. |
| | Caliendo, M., Fossen, F., & Kritikos, A. S. | 2014 | Personality characteristics and the decisions to become and stay self-employed. |
| | Sutin, A. R., Costa, P. T., Miech, R., & Eaton, W. W. | 2009 | Personality and career success: Concurrent and longitudinal relations. |
| | Rauch, A., & Frese, M. | 2007 | Born to be an entrepreneur? Revisiting the personality approach to entrepreneurship. |
| | Schmitt-Rodermund, E | 2004 | Pathways to successful entrepreneurship: Parenting, personality, early entrepreneurial competence, and interests. |
| | Obschonka, M., Schmitt-Rodermund, E., Silbereisen, R. K., Gosling, S. D., & Potter, J. | 2013 | The regional distribution and correlates of an entrepreneurship-prone personality profile in the United States, Germany, and the United Kingdom: a socioecological perspective. |
| | Obschonka, M., & Stuetzer, M. | 2017 | Integrating psychological approaches to entrepreneurship: the Entrepreneurial Personality System (EPS). |
| Altruismo | Puede ser difícil encontrar estudios que aborden directamente esa faceta específica en el contexto del emprendimiento | | |
| Cooperación | Lekovic, B., Vojinovic, Z., & Milutinović, S. | 2020 | Cooperation as a mediator between entrepreneurial competences and internationalization of new venture. |
| Modestia | Geukes, K., & Güntürkün, O. | 2019 | Modesty Matters: The Relationship between Entrepreneurial Modesty, Entrepreneurial Self-Efficacy, and Entrepreneurial Intentions |
| Estabilidad emocional | Schmitt-Rodermund, E. | 2004 | Pathways to successful entrepreneurship: Parenting, personality, early entrepreneurial competence, and interests. |
| | Obschonka, M., Schmitt-Rodermund, E., Silbereisen, R. K., Gosling, S. D., & Potter, J. | 2013 | The regional distribution and correlates of an entrepreneurship-prone personality profile in the United States, Germany, and the United Kingdom: a socioecological perspective. |

| | | | |
|----------------------|--|------|--|
| | Obschonka, M., & Stuetzner, M. | 2017 | Integrating psychological approaches to entrepreneurship: the Entrepreneurial Personality System (EPS). |
| Empatía | Baciu, E. L., Vîrgă, D., Lazăr, T. A., Gligor, D., & Jurcuț, C. N. | 2020 | The association between entrepreneurial perceived behavioral control, personality, empathy, and assertiveness in a romanian sample of nascent entrepreneurs. |
| Confianza | Cherry, B. | 2015 | Entrepreneur as trust-builder: interaction frequency and relationship duration as moderators of the factors of perceived trustworthiness. |
| Hostilidad | Puede ser difícil encontrar estudios que aborden directamente esa faceta específica en el contexto del emprendimiento | | |
| Ansiedad | Rauch, A., & Frese, M. | 2007 | Let's put the person back into entrepreneurship research: A meta-analysis on the relationship between business owners' personality traits, business creation, and success. |
| Depresión | Puede ser difícil encontrar estudios que aborden directamente esa faceta específica en el contexto del emprendimiento | | |
| Impulsividad | Pietersen, M. L., & Botha, M. | 2021 | Impulsivity and entrepreneurial perseverance: toward an empirical account and entrepreneurship-prone profile. |
| Ansiedad social | Puede ser difícil encontrar estudios que aborden directamente esa faceta específica en el contexto del emprendimiento | | |
| Franqueza | Puede ser difícil encontrar estudios que aborden directamente esa faceta específica en el contexto del emprendimiento. | | |
| Tolerancia al estrés | Rauch, A., & Frese, M. | 2007 | Born to be an entrepreneur? Revisiting the personality approach to entrepreneurship. |
| | Zhao, H., Seibert, S. E., & Lumpkin, G. T. | 2010 | The relationship of personality to entrepreneurial intentions and performance: A meta-analytic review. |
| Impulsividad | Pérez, A. D. M. A. & Palma, S. V. M. | 2021 | Intención emprendedora, satisfacción con la vida e impulsividad en estudiantes universitarios. |
| | Pérez-Luño, A., Wiklund, J., & Yu, W. | 2022 | Sombras, pero también luces, de los síntomas de TDAH para el emprendimiento. |

Fuente: elaboración propia

De las 35 competencias socioemocionales investigadas, se encontraron publicaciones científicas que exploran su vínculo con el emprendimiento en 30 de ellas. Algunas competencias, como la mentalidad abierta, la extraversión, la responsabilidad y la amabilidad, han sido las que parecen haber recibido más atención según la revisión de la literatura llevada a cabo. Sin embargo, se observa una brecha en la investigación en relación con competencias como la depresión, el altruismo, la

franqueza, la hostilidad y la ansiedad social, a pesar de su aparente relevancia para el estudio de la personalidad emprendedora. Estas variables representan áreas de interés potencialmente importantes que requieren una mayor atención en futuras investigaciones para comprender mejor su impacto en el éxito empresarial y en el comportamiento emprendedor.

4.2. RESULTADOS DE LA CONSULTA A EXPERTOS

En la tabla 2 se muestran las respuestas de los expertos a si consideraban “Crítica”, “Relevante”, “Necesaria” y “Opcional” cada una de las 35 competencias socioemocionales para el emprendimiento.

TABLA 2. Clasificación de las competencias socioemocionales en “Crítica”, “Relevante”, “Necesaria” y “Opcional” según los expertos

| Facetas | Crítica | Relevante | Necesario | Opcional |
|-------------------------|---------|-----------|-----------|----------|
| Apertura a experiencias | 44,44% | 41,67% | 13,89% | 0,00% |
| Autodisciplina | 40,00% | 28,57% | 25,71% | 5,71% |
| Necesidad de logro | 36,11% | 36,11% | 19,44% | 8,33% |
| Franqueza | 33,33% | 47,22% | 11,11% | 8,33% |
| Curiosidad intelectual | 33,33% | 44,44% | 19,44% | 2,78% |
| Sentido del deber | 34,29% | 40,00% | 22,86% | 2,86% |
| Cooperación | 33,33% | 38,89% | 25,00% | 2,78% |
| Audacia | 33,33% | 33,33% | 30,56% | 2,78% |
| Estabilidad emocional | 30,56% | 36,11% | 27,78% | 5,56% |
| Responsabilidad | 25,00% | 50,00% | 19,44% | 5,56% |
| Competencia | 25,00% | 47,22% | 25,00% | 2,78% |
| Independencia de juicio | 25,71% | 42,86% | 20,00% | 11,43% |
| Imaginación | 25,00% | 36,11% | 27,78% | 11,11% |
| Tolerancia al estrés | 22,22% | 30,56% | 33,33% | 13,89% |
| Nivel de actividad | 17,65% | 35,29% | 38,24% | 8,82% |
| Baja ansiedad social | 16,67% | 33,33% | 22,22% | 27,78% |
| Orden | 16,67% | 30,56% | 41,67% | 11,11% |
| Empatía | 17,14% | 31,43% | 40,00% | 11,43% |
| Deliberación | 16,67% | 27,78% | 41,67% | 13,89% |
| Amabilidad | 17,14% | 28,57% | 37,14% | 17,14% |
| Baja Hostilidad | 14,29% | 48,57% | 22,86% | 14,29% |
| Baja Impulsividad | 14,71% | 35,29% | 26,47% | 23,53% |
| Confianza | 14,29% | 31,43% | 28,57% | 25,71% |
| Emocionalidad | 14,29% | 25,71% | 37,14% | 22,86% |

| | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Baja Depresión | 11,76% | 44,12% | 29,41% | 14,71% |
| Asertividad | 8,57% | 54,29% | 22,86% | 14,29% |
| Cordialidad | 8,33% | 50,00% | 27,78% | 13,89% |
| Extraversión | 8,82% | 35,29% | 29,41% | 26,47% |
| Búsqueda de emociones | 9,09% | 27,27% | 39,39% | 24,24% |
| Altruismo | 5,71% | 34,29% | 31,43% | 28,57% |
| Baja Ansiedad | 2,86% | 40,00% | 28,57% | 28,57% |
| Emociones positivas | 2,78% | 33,33% | 33,33% | 30,56% |
| Sensibilidad estética | 2,86% | 17,14% | 34,29% | 45,71% |
| Sociabilidad | 2,86% | 17,14% | 37,14% | 42,86% |
| Modestia | 0,00% | 20,00% | 22,86% | 57,14% |

Fuente: elaboración propia

Se consideraron “Críticas” o “Relevantes” aquellas en las que la suma de la puntuación en “Críticas” más la puntuación en “Relevantes” estaba por encima del 50%. Según este criterio, esta categoría quedó formada por las siguientes competencias socioemocionales: la apertura a experiencia, autodisciplina, la necesidad de logro, la franqueza, curiosidad intelectual, sentido del deber, cooperación, la audacia/acción, la imaginación, la independencia de juicio, la responsabilidad, la competencia/confianza, el nivel alto de actividad, la asertividad, la cordialidad, así como la estabilidad emocional y los valores bajos de ansiedad social, impulsividad, depresión, tolerancia al estrés y hostilidad.

Se consideraron “Necesarias” aquellas en las que, sumando los porcentajes de respuesta de “Críticas” más “Relevantes” más “Necesarias”, se superara el 50% y no estuvieran ya clasificadas en el primer grupo. Según este criterio, se consideraron competencias socioemocionales “necesarias” para el emprendimiento el orden, la empatía, la deliberación, la amabilidad, la confianza, la extraversión, búsqueda de emociones, la emocionalidad/sentimientos, el altruismo, las emociones positivas y la baja ansiedad y en menor medida, la sensibilidad estética y la sociabilidad.

Por último, consideraron como “Opcional” (superan el 50% de las respuestas) la modestia.

En la tabla 3 se muestra un resumen de las competencias socioemocionales identificadas como “Crítica”, “Relevante”, “Necesaria” y “Opcional” para el emprendimiento y si han recibido o no atención por parte

de la literatura científica según la revisión narrativa de la literatura llevada a cabo.

Tabla 3. Relación de competencias socioemocionales identificadas por los expertos y atención recibida por la literatura científica según la revisión narrativa llevada a cabo.

| Crítica/Relevante | Críticas | Necesaria | Opcional |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Con evidencia científica | Sin evidencia científica | Con evidencia científica | Con evidencia científica |
| Apertura a experiencia | Franqueza | Orden | Modestia |
| Audacia/Acción | Baja depresión | Deliberación | |
| Imaginación | Baja hostilidad | Emocionalidad | |
| Independencia de juicio | Baja ansiedad social | Amabilidad | |
| Responsabilidad | | Empatía | |
| Necesidad de logro | | Confianza | |
| Competencia/Confianza | | Extraversión | |
| Asertividad | | Emociones positivas | |
| Estabilidad emocional | | Búsqueda de emociones | |
| Baja Impulsividad | | Baja Ansiedad | |
| Autodisciplina | | Sensibilidad estética | |
| Curiosidad intelectual | | Sociabilidad | |
| Nivel de actividad | | | |
| Sentido del deber | | | |
| Tolerancia al estrés | | | |
| Cooperación | | | |
| Cordialidad | | | |

Fuente: elaboración propia

En la tabla 3 se muestra que 17 de las 22 competencias socioemocionales identificadas por los expertos como “Críticas” o “Relevantes” para el emprendimiento y 12 de las catalogadas como necesarias han sido documentadas en la literatura científica. La revisión narrativa de la literatura no ha identificado literatura específicamente sobre la franqueza, los niveles bajos de depresión, ansiedad social, la hostilidad, ni sobre el altruismo (desde su definición de competencia socioemocional), a pesar de que para los expertos de campo esta última competencia es considerada “Crítica”, “Relevante” o “Necesaria” en un 76% de los casos.

5. DISCUSIÓN

Esta investigación aborda la relevancia de las competencias socioemocionales en el contexto del emprendimiento, reconociendo su importancia en el éxito y la sostenibilidad de las empresas emergentes en un entorno empresarial dinámico y desafiante (Shane & Venkataraman, 2021; Stangler & Litan, 2020). En consonancia con la literatura previa, se observa que los emprendedores no solo están motivados por la búsqueda de ganancias, sino también por el deseo de impactar positivamente en la sociedad y abordar desafíos complejos (McMullen & Shepherd, 2020). Esto concuerda con los resultados de la consulta a expertos de campo que expresaron en un 76% de los casos que consideraban el “Altruismo” como una competencia “Crítica”, “Relevante” o “Necesaria”.

Los resultados muestran que las investigaciones sobre las competencias socioemocionales en relación con el emprendimiento son tan variadas como los tipos de enfoque desde los que se aborda su estudio. Aunque se han encontrado estudios que exploran la mayor parte de las competencias socioemocionales en relación con el emprendimiento, aún hay algunas sobre las que parece necesario seguir profundizando. Ni todas las facetas (de manera individual), ni todos los prototipos posibles en relación con el emprendimiento, parecen haber sido explorados.

Nuestros hallazgos revelan que ciertas competencias socioemocionales, como la extraversión, la responsabilidad, la estabilidad emocional y la apertura a la experiencia parecen haber recibido una mayor atención en la investigación. Mientras que otras, relacionadas con aspectos concretos de la estabilidad emocional (e.g. depresión, hostilidad o ansiedad social entendidas como competencias socioemocionales) podrían necesitar una revisión más exhaustiva de la literatura o profundizar en el conocimiento de su rol desde una perspectiva científica. En este sentido, estudios exploratorios sobre aspectos relacionados con estas competencias socioemocionales (Zott & Huy, 2007), y según la opinión de los expertos de campo, estas facetas podrían tener un impacto significativo tanto en la salud mental como en el éxito de los emprendedores ya que ejercen una potencial influencia en la toma de decisiones, la resiliencia y la capacidad para gestionar el estrés asociado con los

desafíos empresariales (Gupta et al., 2020). De la misma manera, más investigación sobre el papel de la franqueza permitirá entender mejor cómo estas características pueden afectar las relaciones con clientes, socios y empleados, así como la reputación y la ética empresarial.

Más allá del mapeo bibliográfico sobre las competencias socioemocionales en relación con el emprendimiento, este estudio revela la importancia de considerarlas desde una perspectiva combinada. Es decir, los rasgos individuales, pero también los perfiles y prototipos de personalidad. En este sentido, la consulta a expertos revela que desde un punto de vista aplicado existen competencias socioemocionales consideradas críticas y relevantes para aumentar las garantías de éxito en el emprendimiento. Estos resultados concuerdan con las investigaciones que proponen que la personalidad emprendedora se explica mejor desde conjuntos de rasgos, ya sea agrupados en perfiles (Schmitt-Rodermund, 2004; Obschonka et al., 2013; Obschonka & Stuetzer, 2017) o combinados en prototipos (Runst & Thomä, 2023).

Los resultados sugieren que es necesario profundizar en el estudio de algunas facetas, ya que de manera individual o combinadas con otras, podrían ser relevantes para comprender la personalidad emprendedora y su impacto en el éxito empresarial. Además, como sugieren Runst y Thomä (2023) es necesario continuar estudiando los prototipos, para explorar cómo las combinaciones de diferentes competencias socioemocionales se relacionan con el emprendimiento y si, tal vez, combinaciones específicas se asocian mejor con tipos concretos de emprendimiento.

Por otra parte, la aplicación de la herramienta de evaluación Human AI emerge como un avance significativo en la evaluación de las competencias socioemocionales en el contexto del emprendimiento, permitiendo una evaluación rápida y precisa de las competencias socioemocionales según el modelo de los Cinco Grandes/OCEAN. Esta herramienta tiene el potencial de proporcionar información valiosa para asesorar la práctica empresarial, mejorar el apoyo a los emprendedores y fomentar un entorno empresarial más dinámico y exitoso. Además, es importante tener en cuenta que, la agilidad proporcionada por la Inteligencia Artificial en el proceso de evaluación puede facilitar el desarrollo de investigaciones más amplias y profundas sobre las competencias socioemocionales

en el emprendimiento y en la educación de la competencia para emprender, considerada una competencia básica en el marco europeo.

6. CONCLUSIONES

La revisión narrativa de la literatura combinada con la consulta a expertos ha permitido clasificar y ordenar las competencias socioemocionales según su importancia para el emprendimiento. Esta información ha proporcionado una base sólida para la personalización de los informes automatizados de competencias socioemocionales para el emprendimiento utilizando la herramienta Human AI. Esta herramienta también genera pautas para entrenar competencias socioemocionales específicas considerando las áreas destacadas y áreas de mejora de cada individuo. Esto puede tener un impacto significativo en la práctica empresarial y en el apoyo a los emprendedores, así como en la educación de la competencia emprendedora como enfoque vital.

En consecuencia, este estudio no solo ha contribuido a la comprensión de las competencias socioemocionales clave para el emprendimiento, sino que también ha permitido avanzar en el desarrollo de una herramienta práctica y eficiente capaz de informar y mejorar la práctica empresarial, impulsando un entorno empresarial más dinámico y exitoso.

7. LIMITACIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar sus hallazgos. En primer lugar, aunque se emplearon métodos mixtos para abordar el objetivo de la investigación, es importante reconocer que la muestra de expertos consultados podría no representar completamente la diversidad de perspectivas dentro del ámbito del emprendimiento. Además, la revisión narrativa de la literatura puede haber pasado por alto estudios relevantes sobre competencias socioemocionales en el emprendimiento, lo que podría haber afectado la exhaustividad del análisis.

En cuanto a las líneas futuras de investigación, se sugiere explorar en mayor profundidad las competencias socioemocionales menos estudiadas en relación con el emprendimiento. Además, sería beneficioso llevar a cabo estudios longitudinales que permitan examinar cómo estas competencias se desarrollan y cambian a lo largo del tiempo en los emprendedores, así como su impacto en el éxito empresarial a largo plazo. Además, se recomienda investigar más a fondo la interacción entre diferentes competencias socioemocionales y cómo estas se relacionan con los perfiles y prototipos de personalidad emprendedora. Comprender cómo las combinaciones específicas de rasgos afectan el comportamiento emprendedor podría proporcionar una visión más completa de la personalidad emprendedora y ayudar a identificar estrategias efectivas de apoyo y desarrollo para los emprendedores.

Por último, se sugiere continuar explorando el potencial de herramientas de evaluación como Human AI en el estudio de las competencias socioemocionales en el contexto del emprendimiento. Investigaciones futuras podrían examinar su capacidad para predecir el éxito empresarial y guiar intervenciones de desarrollo personalizado para los emprendedores.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera Eguía, R. (2014). ¿Revisión sistemática, revisión narrativa o metaanálisis? *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 21(6), 359-360. <https://dx.doi.org/10.4321/S1134-80462014000600010>
- Agustina, T. S., & Fauzia, D. S. (2021). The need for achievement, risk-taking propensity, and entrepreneurial intention of the generation Z. *Risenologi*, 6(1), 96-106.
- Baciu, E. L., Virgă, D., Lazăr, T. A., Gligor, D., & Jurcuț, C. N. (2020). The association between entrepreneurial perceived behavioral control, personality, empathy, and assertiveness in a Romanian sample of nascent entrepreneurs. *Sustainability*, 12(24), 10490.
- Backes-Gellner, U., & Moog, P. (2013). The disposition to become an entrepreneur and the jacks-of-all-trades in social and human capital. *The Journal of Socio-Economics*, 47, 55-72. <https://doi.org/10.1016/j.socec.2013.08.008>
- Baron, R. A., & Ward, T. B. (2021). A dynamic perspective on entrepreneurship. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 45(1), 12-18.

- Baron, R. A., & Tang, J. (2020). The role of entrepreneurs in firm-level innovation: Joint effects of positive affect, creativity, and environmental dynamism. *Journal of Business Venturing*, 35(5), 105983.
- Baron, R. A., & Tang, J. (2011). Personality, Passion, and Perseverance: An Empirical Exploration of the Entrepreneurial Personality Profile. *Journal of Applied Psychology*, 96(6), 1711–1733. <https://doi.org/10.1037/a0023821>
- Baum, J. R., Frese, M., & Baron, R. A. (2014). Entrepreneurship as an Area of Psychology Study: An Introduction. In R. A. Baron, & M. Frese (Eds.), *The Psychology of Entrepreneurship* (pp. 33-50). Psychology Press.
- Basardien, F., Friedrich, C., & Parker, H. (2013). The relationship between planning strategies and entrepreneurial success for start-up entrepreneurs in the Western Cape: A psychological approach to entrepreneurship. *South African Journal of Business Management*, 44(3), 47–60.
- Brandstätter, H. (2011). Personality aspects of entrepreneurship: A look at five meta-analyses. *Personality and individual differences*, 51(3), 222-230.
- Caliendo, M., Fossen, F., & Kritikos, A. S. (2014). Personality characteristics and the decisions to become and stay self-employed. *Small Business Economics*, 42(4), 787-814.
- Cardon, M. S., Foo, M. D., & Shepherd, D. A. (2021). *Fundamentals of entrepreneurship: Psychology, strategy, and performance*. Edward Elgar Publishing.
- Cardozo, R. N., & Pinto, M. B. (2015). The role of aesthetics in new venture creation: Evidence from a study of new technology-based firms. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 39(1), 167–192.
- Chernyshenko, O., M. Kankaraš and F. Drasgow (2018), "Social and emotional skills for student success and well-being: Conceptual framework for the OECD study on social and emotional skills", OECD Education Working Papers, No. 173, OECD Publishing, Paris,
- Cherry, B. (2015). Entrepreneur as trust-builder: interaction frequency and relationship duration as moderators of the factors of perceived trustworthiness. *International Journal of Business and Globalisation*, 14(1), 97-121.
- European Commission. (s/f). EntreComp: El marco europeo para la competencia emprendedora. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/glossary/entrecomp.html>
- Fayolle, A., Gailly, B., & Lassas-Clerc, N. (2006). Effect and counter-effect of entrepreneurship education and social context on student's intentions. *Journal of Business Venturing*, 21(3), 322–344.

- Geukes, K., & Güntürkün, O. (2019). Modesty Matters: The Relationship between Entrepreneurial Modesty, Entrepreneurial Self-Efficacy, and Entrepreneurial Intentions. *Journal of Business Venturing*, 34(1), 178-196.
- Goldberg, L. R. (1990). An alternative "description of personality": The Big-Five factor structure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59(6), 1216-1229.
- Gupta, V. K., Turban, D. B., Wasti, S. A., & Sikdar, A. (2020). The role of uncertainty avoidance in opportunism and social exchange norms. *Journal of Business Research*, 113, 149-159.
- Judge, T. A., & Bono, J. E. (2001). Relationship of core self-evaluations traits—self-esteem, generalized self-efficacy, locus of control, and emotional stability—with job satisfaction and job performance: A meta-analysis. *Journal of Applied Psychology*, 86(1), 80-92.
- Kerr, S. P., Kerr, W. R., & Xu, T. (2018). Personality traits of entrepreneurs: A review of recent literature. *Foundations and Trends® in Entrepreneurship*, 14(3), 279-356.
- Lekovic, B., Vojinovic, Z., & Milutinović, S. (2020). Cooperation as a mediator between entrepreneurial competences and internationalization of new venture. *Engineering Economics*, 31(1), 72-83.
- Leutner, F., Ahmetoglu, G., Akhtar, R., & Chamorro-Premuzic, T. (2014). The relationship between the entrepreneurial personality and the Big Five personality traits. *Journal of Economic Psychology*, 45, 73-90.
- Luc, P. T. (2022). The relationships between Big-Five personality traits and social entrepreneurship intention. *Journal of Small Business Management*, 60(1), 234-250.
- Mahendra, A. M., Djatmika, E. T., & Hermawan, A. (2017). The Effect of Entrepreneurship Education on Entrepreneurial Intention Mediated by Motivation and Attitude among Management Students, State University of Malang, *Indonesia. International Education Studies*, 10(9), 61-69.
- Mair, J., & Martí, I. (2006). Social entrepreneurship research: A source of explanation, prediction, and delight. *Journal of World Business*, 41(1), 36-44.
- McCrae, R. R., & Costa, P. T. (1999). A five-factor theory of personality. In L. A. Pervin & O. P. John (Eds.), *Handbook of personality: Theory and research* (Vol. 2, pp. 139-153). Guilford Press.
- McMullen, J. S., & Shepherd, D. A. (2020). Entrepreneurial action and the role of uncertainty in the theory of the entrepreneur. *Academy of Management Review*, 45(1), 41-64.

- Miao, C., Humphrey, R. H., & Qian, S. (2020). A meta-analysis of emotional intelligence and work attitudes. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 93(1), 132-151.
- Obschonka, M., Moeller, J., & Goethner, M. (2019). Entrepreneurial passion and personality: The case of academic entrepreneurship. *Journal of Vocational Behavior*, 110, 131-147.
- Obschonka, M., Schmitt-Rodermund, E., Silbereisen, R. K., Gosling, S. D., & Potter, J. (2013). The regional distribution and correlates of an entrepreneurship-prone personality profile in the United States, Germany, and the United Kingdom: a socioecological perspective. *Journal of personality and social psychology*, 105(1), 104.
- Obschonka, M., & Stuetzer, M. (2017). Integrating psychological approaches to entrepreneurship: the Entrepreneurial Personality System (EPS). *Small Business Economics*, 49, 203-231.
- Orole, F., Gadar, K., Kamarudin, N., & Che, O. (2012). The role of imagination in entrepreneurial innovation. Paper presented at the 11th International Entrepreneurship Forum (IEF), Kuala Lumpur, Malaysia, 3 – 6 September 2012. University of Essex Center for Entrepreneurship Research.
- Pérez, A. D. M. A., & Palma, S. V. M. (2021). Intención emprendedora, satisfacción con la vida e impulsividad en estudiantes universitarios. *Revista Científica Salud Andina*, 1(3), 48-52.
- Pérez-Luño, A., Wiklund, J., & Yu, W. (2022). Sombras, pero también luces, de los síntomas de TDAH para el emprendimiento. *Emprendimiento y negocios internacionales*, 7(1), 13-16.
- Pietersen, M. L., & Botha, M. (2021). Impulsivity and entrepreneurial perseverance: toward an empirical account and entrepreneurship-prone profile. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 27(7), 1849-1870.
- Rauch, A., & Frese, M. (2007). Let's put the person back into entrepreneurship research: A meta-analysis on the relationship between business owners' personality traits, business creation, and success. *European Journal of work and organizational psychology*, 16(4), 353-385.
- Rauch, A., & Frese, M. (2007). Born to be an entrepreneur? Revisiting the personality approach to entrepreneurship. In J. R. Baum, M. Frese, & R. A. Baron (Eds.), *The psychology of entrepreneurship* (pp. 41-65). Psychology Press.
- Rauch, A., & Hulsink, W. (2015). Putting entrepreneurship education where the intention to act lies: An investigation into the impact of entrepreneurship education on entrepreneurial behavior. *Academy of Management Learning & Education*, 14(2), 187-204.

- Runst, P., & Thomä, J. (2023). Resilient entrepreneurs? - revisiting the relationship between the Big Five and self-employment. *Small business economics*, 61(1), 417–443. <https://doi.org/10.1007/s11187-022-00686-7>
- Salovey, P., & Mayer, J. D. (1990). Emotional intelligence. *Imagination, Cognition and Personality*, 9(3), 185-211.
- Schmitt-Rodermund, E. (2004). Pathways to successful entrepreneurship: Parenting, personality, early entrepreneurial competence, and interests. *Journal of vocational behavior*, 65(3), 498-518.
- Shane, S., Nicolaou, N., Cherkas, L., & Spector, T. D. (2010). Genetics, the Big Five, and the tendency to be self-employed. *Journal of Applied Psychology*, 95(6), 1154.
- Shane, S., & Venkataraman, S. (2021). The promise of entrepreneurship as a field of research. *Academy of Management Review*, 46(3), 435-439.
- Stangler, D., & Litan, R. E. (2020). *Where the jobs are: Entrepreneurship and the soul of the American economy*. John Wiley & Sons.
- Shepherd, D. A., Patzelt, H., & Baron, R. A. (2019). The impact of emotions on entrepreneurial opportunity evaluation and exploitation. *Journal of Business Venturing*, 34(3), 487-510.
- Singh, R., & Dwivedi, A. (2022). Digital entrepreneurship competency and digital entrepreneurial intention: role of entrepreneurial motivation. *Journal of Positive School Psychology*, 6(6), 2310-2322
- Smith, A. R. (2013). The relationship of personality to entrepreneurial performance: An examination of openness to experience facets. *Journal of Applied Psychology*, 98(1), 203-2016.
- Sutin, A. R., Costa, P. T., Miech, R., & Eaton, W. W. (2009). Personality and career success: Concurrent and longitudinal relations. *European Journal of Personality*, 23(2), 71-84.
- Tang, J., Kacmar, K. M., & Busenitz, L. W. (2012). The Role of Sensation Seeking and Passion in Entrepreneurial Activities. *Journal of Business Venturing* 27(1), 77-94
- Travis, J., & Freeman, E. (2017). Predicting entrepreneurial intentions: incremental validity of proactive personality and entrepreneurial self-efficacy as a moderator. *Journal of Entrepreneurship Education*, 20(1).
- Vega-Gómez, F. I., Miranda González, F. J., Chamorro Mera, A., & Pérez-Mayo, J. (2020). Antecedents of entrepreneurial skills and their influence on the entrepreneurial intention of academics. *Sage Open*, 10(2), 2158244020927411.

- Vodă, A. I., & Florea, N. (2019). Impact of personality traits and entrepreneurship education on entrepreneurial intentions of business and engineering students. *Sustainability*, 11(4), 1192.
- Wismans, A., Jansen, P., Thurik, R., Prinzie, P., & Franken, I. (2024). Seeking the roots of entrepreneurship: Childhood and adolescence extraversion predict entrepreneurial intention in adults. *Applied Psychology*, 2024;1–26. <https://doi.org/10.1111/apps.12531>
- Zhao, H., & Seibert, S. E. (2006). The big five personality dimensions and entrepreneurial status: A meta-analytical review. *Journal of applied psychology*, 91(2), 259-271.
- Zhao, H., Seibert, S. E., & Hills, G. E. (2010). The mediating role of self-efficacy in the development of entrepreneurial intentions. *Journal of Applied Psychology*, 95(6), 1266-1275.
- Zott, C., & Huy, Q. N. (2007). How Entrepreneurs Use Symbolic Management to Acquire Resources. *Administrative Science Quarterly*, 52(1), 70-105. <https://doi.org/10.2189/asqu.52.1.70>

ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y OTRAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA INTERNACIONALIZACIÓN DE LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS

PATRICIA CARMINA INZUNZA-MEJÍA
Universidad Autónoma de Sinaloa

ORACIO VALENZUELA-VALENZUELA
Universidad Autónoma de Sinaloa

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología digital emergente impacta la vida de las pequeñas y medianas empresas (PyMES), debido al alto potencial de transformación en que se desarrollan procesos de negocios y actividades de emprendimientos. Estas tecnologías están en constante evolución son disruptivas, no obstante, posibilitan condiciones para cambiar la forma en que las PYMES interactúan con otras empresas a nivel mundial, lo que implica elevar el potencial de crear nuevas oportunidades de mercado e innovar la forma de hacer negocios y emprendimientos.

Sin embargo, la pequeñas y medianas empresas mantienen escasa credibilidad y confianza en los beneficios potenciales de la IA, además es recurrente que desconozcan las potencialidades que tiene, debido en gran medida a la insuficiencia de recursos tecnológicos y la escasa capacidad tecnológica, lo que explica la falta de comprensión fundamental de su aplicación en la pequeña y mediana empresa de un mercado municipal de la Región del Évora, en Sinaloa México, que se conforma de los municipios de Angostura, Mocorito y Salvador Alvarado.

En este sentido, se observa que existe carencia de investigaciones que traten la adopción de la IA en las PYMES, aun y cuando estas tiene una importante contribución en la económica de la región.

1.1. EL ECOSISTEMA EMPRESARIAL ANTE LA IA

El ecosistema empresarial de las PYME de la Región del Évora, exige investigaciones específicas por sectores estratégicos centrada en las fases de penetración al mercado internacional, sus patrones de comercio y tendencia de adopción de la IA.

No obstante Armenia, Franco, Iandolo, Maielli & Vito (2024) muestran que la literatura científica sobre uso de la IA en las empresas esta dispersa, sin una dirección disciplinar y camino hacia la sólida convergencia, lo que explica que su estudio es incipiente y de aplicación universal en donde aún no se delinear las fronteras de estudio. Además, Madanaguli, *et al.* (2024) destacan que si bien la IA puede catalizar la eficiencia y empoderar a las empresas con la inteligencia empresarial, el camino para lograrlo está lleno de retos, dado que las empresas carecen de procesos y rutinas tecnologizadas, lo que impide aprovechar el potencial de la IA.

Razón por la que se busca dar respuesta a ¿Qué implica la aplicación y la adopción de la inteligencia artificial y otras tecnologías digitales innovadoras en las PyMES con fines de internacionalización?

2. OBJETIVOS

2.1. TECNOLOGÍA EMERGENTE PARA LA INTERNACIONALIZACIÓN

- El presente estudio tiene como objetivo analizar el uso de las tecnologías emergentes que las PyMES pueden utilizar en el comercio tradicional y en el comercio electrónico para la penetración del mercado internacional.
- De manera específica se propone como objetivo el analizar las implicaciones de adopción de la inteligencia artificial en las pequeñas y medianas empresas con la finalidad de internacionalización.

3. METODOLOGÍA

En la investigación se aplicó una metodología cualitativa, de exploración documental y tipo descriptivo, bajo un enfoque dual utilizando el

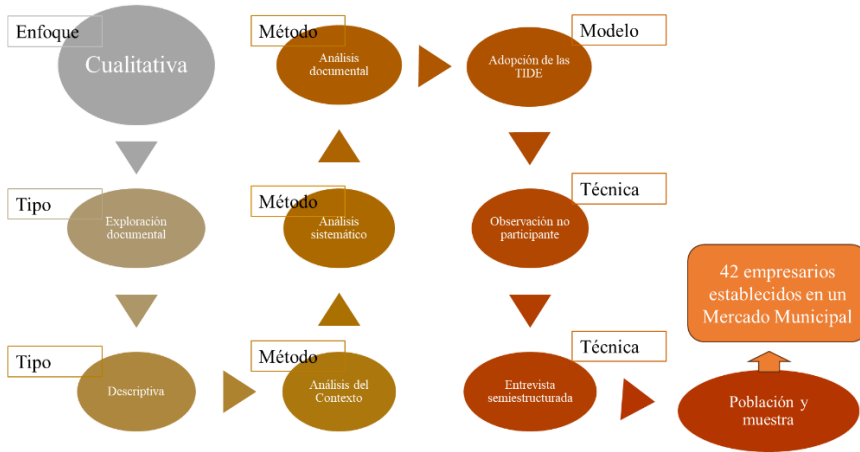
método de análisis sistemático que permitió identificar el impacto alcanzando de la inteligencia artificial como tecnología emergente que propicia el cambio tecnológico en las MyPES y sus dinámicas de procesos; así como el método de análisis del contexto externo, el cual permite detallar el flujo de secuencia gráfica de internacionalización y el diseño del modelo de adopción de tecnologías digitales innovadoras emergentes para PyMES propuestos por Aguirre (2024).

Esta metodología integrada permitió explorar la dirección de la investigación de la IA en las empresas y describir conocimientos trascendentales para operatividad de PYMES con perspectiva de exportación y en consecuencia de internacionalización.

Para desarrollar el análisis sistemático de literatura se utilizaron fuentes alojadas en la *Web of Science*, aplicando el tesoro de búsqueda de inteligencia artificial en la pequeña empresa (*Artificial intelligence in small business*), así como tecnologías digitales emergentes (*Emerging digital technologies*) recuperando las fuentes de información científica más focalizada al objetivo de la investigación de un total de 7634 artículos científico que se registraron durante los últimos cinco años, lo que significa que en promedio se registran 545 artículos científicos por mes que combinan estas categorías de análisis. Este enfoque permitió un estudio más enfocado, garantizando incluir artículos no relacionados.

Para este proceso de indagación se implementaron las técnicas de búsqueda y recolección de información; y de análisis documental que se concretó en a través del desarrollo de instrumentos de investigación como las fichas de información, fichas de trabajo, diagramas y organizadores gráficos. Asimismo, el análisis del contexto externo implicó la observación no participante con diario de campo para registrar las condiciones y capacidades tecnológicas digitales de 42 empresas establecidas permanentemente en un Mercado Municipal de la Región del Évora en Sinaloa México (ver figura 1), así como la entrevista semiestructurada aplicada a 42 empresarios propietarios o representantes legales de estas empresas.

FIGURA 1.



Fuente: Elaboración propia

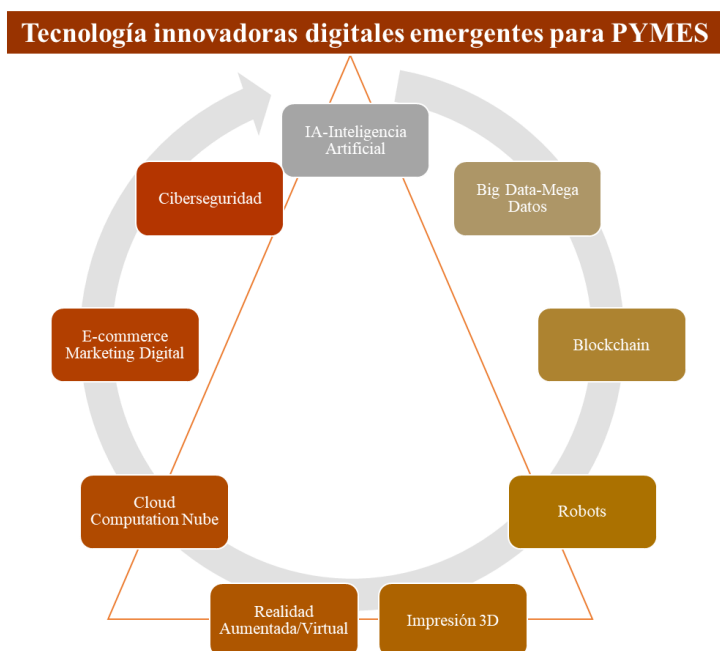
La investigación ofrece la comprensión actual de la implementación de la IA en las PYMES desde un análisis conceptual y desde un contexto que podrá ser útil a las empresas de la Región del Évora con propósitos de mejorar su gestión y operatividad empresarial mediante el uso de la IA, así como a los altos ejecutivos de las empresas tomadores de decisiones y también a los académicos interesados en maximizar el potencial de incidencia de la IA en los resultados de gestión empresarial, de comercialización e internacionalización de estas empresas.

4. RESULTADOS

El análisis de los resultados revela que la inteligencia artificial llegó para adaptarse a los procesos de la vida humana. La literatura científica muestra que no tiene límites dadas sus características de ubicuidad y rapidez que conceden la resolución de actividades y problemas, lo que implica el uso de redes neuronales artificiales (Chollet, 2018); sin embargo, también se enfatiza que esos límites tendrán que ser instituidos desde las organizaciones, la regulación y la ética para máquinas, ya que también se observan algunos factores del “trabajo inmaterial”, que determinan los límites del mercado laboral tradicional, pero marcan el área de oportunidad de la IA, conduciéndonos a replantear el término de trabajo.

Respecto a reconocer las implicaciones que representa para una pequeña y mediana empresa la adopción de la inteligencia artificial con fines de internacionalización, la figura 2 se muestra en Aguirre (2024) la clasificación de tecnologías digitales emergentes que en su momento considero la CEPAL (2021) tendrían un efecto esencial en los procesos empresariales de orden internacional.

FIGURA 2.



Fuente: Elaboración propia, adaptado de Aguirre (2024) y CEPAL (2021)

Entre las tecnologías se observan además de la inteligencia artificial, el big data o mega datos, la tecnología blockchain, los robots, la impresión 3-D, la realidad aumentada o realidad virtual, los servicios en la nube, el e-commerce y el marketing digital, y más recientemente los servicios de ciberseguridad.

Los estudios destacan que las tecnologías innovadoras antes mencionadas, podrían ser usadas en todas las etapas de la operación de procesos de las empresas y en todos los sectores de la economía; no obstante, se debe reconocer que su potencial o área de aprovechamiento no es común

en todas las actividades económicas. Esto explica que la penetración, accesibilidad y uso de cada tecnología, dependerá del área de oportunidad y el grado de sofisticación de cada sector de la economía; así como de su articulación con otras actividades; de ahí que, su potencial no es común en todas las actividades económicas; depende de cada sector, de su grado de sofisticación y de articulación con otras actividades.

Además, son fuentes de valor para las empresas y los negocios que requieren una clara articulación de las necesidades de negocio y del impacto de la solución; razón por la que, las PYMES se fortalecen por la incorporación de estas tecnologías digitales emergentes, potenciando las capacidades y habilidades de sus trabajadores, así como del contexto donde operan y realizan negocios, considerando que su penetración y absorción tecnológica se reproduce mediante diversos trazos o fases.

De acuerdo con la CEPAL (2021), para la correcta implementación de las tecnologías innovadoras digitales emergentes existen distintas fases para la internacionalización. En el organizador gráfico de la figura 3 se muestra el flujo de secuencia dividido en seis etapas para la internacionalización de una pequeña y mediana empresa mediante la tecnología innovadora digital emergente.

FIGURA 3.

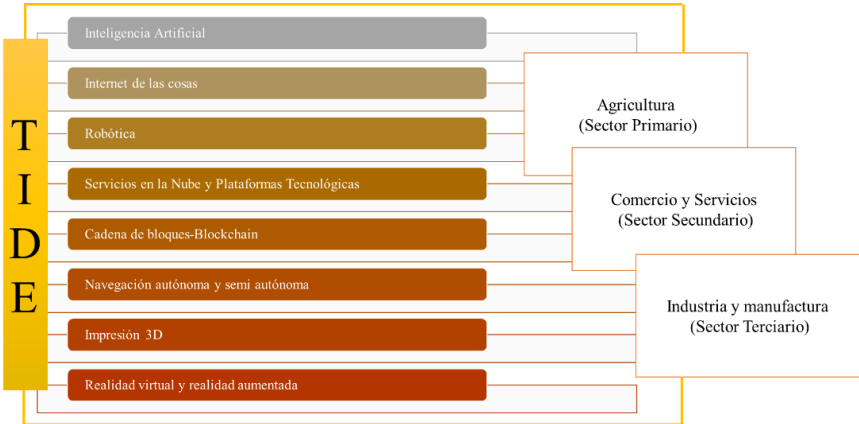


Fuente: Elaboración propia, con base a las aportaciones de la CEPAL (2021)

Se observa que estas fases representan el proceso administrativo para la gestión y adopción de TIDE, lo que significa que toda PyME que tenga fines de internacionalización, deberá implementar procesos de reconfiguración de toda su cadena productiva y de servicios; y en consecuencia concertar la definición de nuevos eslabones, servicios y empresas, que además del desarrollo de habilidades en los trabajadores, también abre oportunidades para la diversificación estratégica productiva y sectorial.

En la figura 4 se muestran tres ejemplos sectoriales estratégicos de la economía, con alto potencial de internacionalización al adoptar las tecnologías innovadoras digitales emergentes para dinamizar y transformar toda la cadena de valor y facilitar su desarrollo tanto doméstico como internacional.

FIGURA 4.



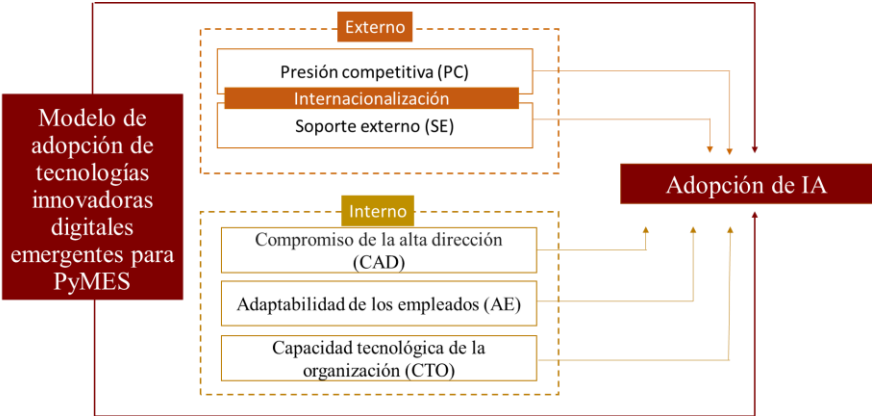
Fuente: Elaboración propia, adaptado de aportaciones de Aguirre (2024)

En este sentido, se analizó el planteamiento que hicieron Lada, *et al.* (2023), lo que motivó la utilización del modelo de adopción de tecnologías innovadoras digitales emergentes para PyMES que se registra en la figura 5 y mediante el cual se propone su adaptación al contexto de las 42 PyMES analizadas.

Mediante este modelo, se logra constatar la internacionalización de las empresas mediante la adopción de la IA con enfoque de dos ambientes: el externo y el interno. Considerando que se procura que las PyMES se

internacionalicen, en esta primera etapa de la investigación, solo se analiza la perspectiva externa que promueve la internacionalización desde dos condicionantes 1) la presión competitiva y 2) el soporte externo y asistencial.

FIGURA 5.



Fuente: Elaboración propia, adaptado del estudio de Lada, *et al.* (2023)

Con base a Wu *et al.* (2023) y Baabdullah *et al.*, (2021) la presión competitiva es la influencia y la intensidad de la competencia que enfrentan las empresas en un mercado o industria en particular, respecto a los factores que determinan el crecimiento y desarrollo de las empresas para mejorar continuamente sus procesos, productos, servicios y estrategias, a fin de obtener una ventaja competitiva.

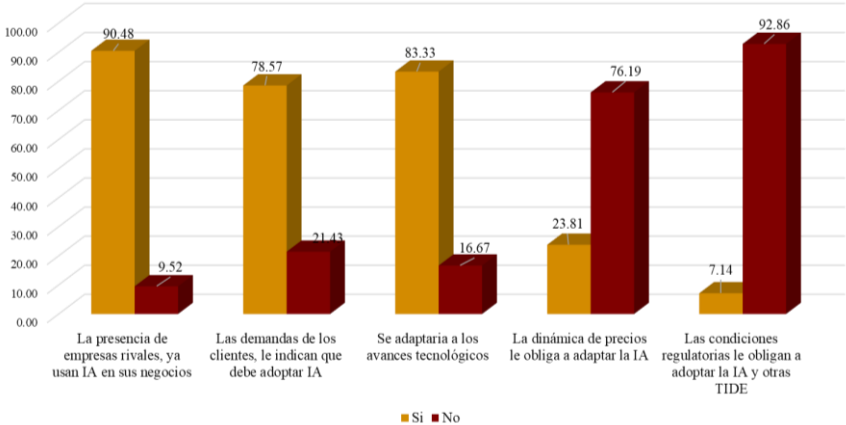
De ahí que al analizar la condicionantes externas de la presión competitiva que una PyME tiene, se registra en el grafico 1 que 9 de cada 10 empresas consultadas tienen clara la posibilidad de que las empresas rivales ya usan IA en sus negocios; lo que les inquieta y promueve su uso.

La presión competitiva atribuible al uso de tecnología innovadora digital emergente de estas empresas consultadas, se entiende, dado que el 78.5% de estas contratarían el uso de la IA para atender la demanda de los clientes, situación que les obliga a que adopten esta herramienta, lo que explica que 8 de cada 10 (83.33%) se adaptarían a los cambios tecnológicos.

Por otra parte el 76.18% de estas empresas, confirman que la dinámica de precios no es un factor que determine el uso y adaptación de la IA a

su negocio, y también, 92.86% ratifican que tampoco las condiciones regulatorias les obligan a adoptar la IA en sus empresas, ni tampoco otras tecnologías innovadoras digitales para la internacionalización.

GRÁFICO 1. *Presión competitiva*



Fuente: elaboración propia

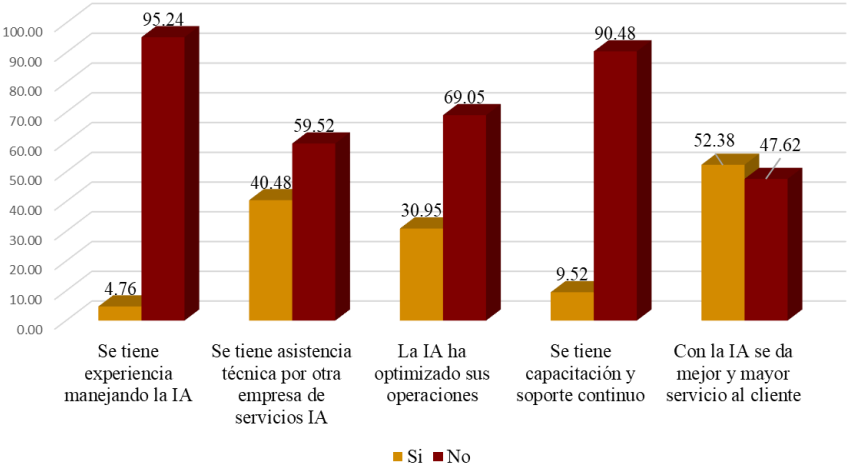
Sin embargo, los efectos del cambio tecnológico promovido por la IA en el mercado, se basan en un valor esencia de conectividad a internet, marcando la diferencia entre mercado tradicional y mercado digital o virtual, lo que ha uberizado la economía, seguido del valor institucional que promueve la conexión a internet con propósitos de interlocución entre la economía, el mercado, la organización y los usuarios de las plataformas tecnológicas. Situación que demanda acciones de soporte y asesoría técnica.

Los estudios de Lada, *et al.* (2023) & Ragazou *et al.* (2023), consideran que el soporte y la asesoría técnica externa a las PYMES sobre el uso de la IA, se puede implementar y supervisar su manejo, mejorando su desempeño general en la eficiencia productiva para garantizar una mayor eficiencia en la atención y servicio al cliente, lo que promueve una mejor toma de decisiones.

En este sentido, al consultar a las empresas se tienen como hallazgos en el gráfico 2 que un 95.24% de las empresas consultadas, no tienen

experiencia en el manejo de la IA, lo que explica que el 40.48% tengan asistencia técnica por parte de una empresa externa, mientras que el 59.52% estiman que no es necesario.

GRÁFICO 2. Soporte y asesoría técnica



Fuente: elaboración propia

La apatía, resistencia o negación a recibir asistencia técnica para el uso de la IA se debe en gran medida porque consideran que esa herramienta no optimizaría sus operaciones productivas, ni tampoco mejoraría el servicio al cliente; dado que, por la naturaleza de sus negocios, no es necesario la contratación y uso de la IA, sin embargo, el 53.28% estiman que hacen esto para dar mayor servicio al cliente.

Los estudios de Lada, *et al.* (2023) & Ragazou et al. (2023) enfatizan que con el soporte y la asesoría técnica externa a las PYMES sobre el uso de la IA, se puede implementar y supervisar su manejo, mejorando su desempeño general en la eficiencia productiva, mejor servicio al cliente y mejorando la toma de decisiones para la internacionalización.

Bajo estos parámetros, los hallazgos y principales resultados del análisis, implica la identificación y reconocimiento de la convergencia de IA y cinámica de sistemas para la internacionalización de una PyME, considerando que desde esta perspectiva externa, el eje de

internacionalización se potencializa por la presión competitiva para desarrollar el comercio y la actividad empresarial mediante el rediseño de modelos comerciales y empresariales dotados de tecnología innovadora digital para un mejor desempeño, lo que en consecuencia potencia la participación de la PYME en la mercadotecnia y el mercado, dado que le ayuda a crecer y desarrollar negocios, observando la percepción de los clientes sobre las TIDE.

Asimismo, la internacionalización se propicia desde la gestión empresarial mediante sistemas habilitados desde el soporte externo y la asistencia técnica, desde la educación mediante procesos educativos apoyados por las TIDE, mediante tutorías inteligentes para el cumplimiento de indicadores y estándares; y también desde el trabajo y el empleo, mediante el uso de las TIDE para el desempeño laboral, el empleo eficiente y una mayor obtención de ingresos o salarios.

Se considera importante que las herramientas para la internacionalización dependerán de la actividad a realizar, el objetivo a lograr y la meta a alcanzar, por lo que Armenia, *et al.* (2024), Hajipour, Hekmat & Amini (2023) identifican a la nómina, el banco, la billetera digital; el pago electrónico, la red móvil e internet, el comercio electrónico, servicios digitales y las tiendas en línea, como los ejes de internacionalización.

En consecuencia, se apuntaría a la presión competitiva con un enfoque digital para impulsar la actividad empresarial, el comercio y los servicios de la PyME, lo que implicaría un rediseño de modelos comerciales y empresariales que se auxiliara de plan de monitoreo del impacto y desempeño de la tecnología innovadora digital instrumentada mientras que además, se estimularían los negocios, el mercado, la actividad laboral, la mercadotecnia, los medios de comunicación y los planes de desarrollo digital de la empresa, lo que de acuerdo con Hajipour, Hekmat & Amini (2023) implicaría que la IA de soporte a las empresas para crecer y desarrollar sus negocios.

De ahí que las percepciones de los empresarios, clientes y trabajadores sobre las TIDE en el desempeño empresarial en el mercado internacional cambian, en virtud que la IA favorece el marketing y negocios,

incidiendo en la previsión de la demanda, optimización de precios y gestión de la cadena de suministro, corroborando los planteamientos de Islam, *et al.* (2024) al destacar las principales incidencias de la convergencia de la IA en la dinámica y gestión de los sistemas para la internacionalización.

Finalmente es claro, que al generarse presión competitiva con enfoque de desarrollo digital, se podría requerir soporte técnico y asistencia técnica para impulsar la gestión empresarial, la educación, el trabajo y el empleo; lo que representaría un área de oportunidad no solo para el desarrollo de negocios, sino también en la formación y desarrollo de competencias tecnológicas y en el desempeño laboral atendiendo los criterios de las habilidades STEAM.

5. DISCUSIÓN

Lada, *et al.* (2023) revelaron que el compromiso de la alta dirección y la capacidad tecnológica digital de la organización que se garantiza con equipamiento de última generación tecnológica, tienen una relación significativa con la adopción de la IA.

Por su parte Armenia, *et al.* (2024) observan dos polos o perspectivas de estudio de la IA en la gestión empresarial y estas tienen que ver por una parte con la aplicación de la IA y la dinámica de sistemas con la interacción del ser humano; y por la otra parte con la generación y formas innovadoras de repensar el diseño, la dinámica y las interdependencias del sistema de procesos, lo que implica una diversa aplicación metodológica de la IA para la gestión empresarial y su dinámica de procesos tecnológicos como herramientas para la internacionalización de las PYMES.

Ku & Chen (2024, p.12) encuentran que “la innovación de la IA en las empresas de servicios turísticos genera ventajas y beneficios funcionales en procesos sociotécnicos y la percepción emocional del cliente”, lo que en consecuencia promueve la satisfacción de continuar usando la IA debido a los beneficios funcionales de la rapidez en la atención, eficientando los procesos de viajes turísticos y el valor del cliente.

De igual forma, Islam, *et al.* (2024) sostienen que la aplicación de la IA en las empresas tiene impactos positivos en la eficiencia, la toma de decisiones, la producción, la optimización de la cadena de suministro, los costos, la comercialización, el mercadeo, la promoción y la atención al cliente.

Por su parte, Azmi, Mansour & Azmi (2023) destacan que las empresas fortalecen sus capacidades en la medida que usan la IA con una perspectiva de inteligencia de negocios a través del uso de la herramienta de chatbots que ayudan en los procesos de atención y servicio al cliente, ayudando al ejercicio de una inteligencia empresarial para el negocio y logrando autonomía y capacidad tecnológica creativa para la mejora continua de los procesos de atención y servicio.

Asímismo, Liu (2023) plantea un sistema de gestión de la cadena de suministro para PYMES, creando un modelo de inteligencia empresarial, mejorando la gestión verde y la toma de decisiones, reduciendo las emisiones de carbono, eficientando la cadena de suministro. En este sentido, Zhong, *et al.* (2024) al interrelacionar la IA con la cadena de suministro y la sostenibilidad energética, reconocen que el mecanismo de conducción depende del tiempo de interrelación, destacando que la IA mitiga la presión de las cadenas de suministro global y reduce las incertidumbres del mercado energético internacional.

No obstante, Sahoo, *et al.* (2024) sugieren que las capacidades de la IA en el desempeño empresarial están parcialmente mediadas por las prácticas de innovación abierta en constante cambio para el desempeño empresarial.

Sjödin *et al.* (2023) y Madanaguli, *et al.* (2024) sugieren que es necesario que las empresas fortalezcan sus capacidades de IA al integrar la IA a la empresa, aumentar y automatizar sus procesos empresariales de gestión y comercialización, mayor uso de plataformas tecnológicas y aplicaciones digitales como infraestructura de la empresa, y mayor orquestación y manejo del ecosistema IA para impulsar el modelo de negocios circulares hacia el mercado internacional.

Al respecto, Pires da Silva, *et al.* (2024) sugieren que a medida que evolucionan las tecnologías digitales emergentes, surgen nuevos modelos y oportunidades de negocio que están parcialmente mediados por la motivación utilitaria que ofrecen plataformas de consumo digitales que

están cambiando los patrones de consumo, así como la indeterminación de límites internacionales en el intercambio comercial.

Hajipour, Hekmat & Amini (2023) consideran que es fundamental para las empresas conocer el mercado y recibir retroalimentación sobre los servicios al cliente con el fin de mejorar la atención; razón por la que proponen un modelo de negocio basado en la IA como servicio, desde un enfoque estratégico y una hoja de ruta sistemática para la implementación de la IA como servicio.

Sjödin *et al.* (2023) consideran que las capacidades tecnológicas digitales de las empresas dan soporte a la innovación de modelos de negocios con base a la IA que agregan valor y optimización al ecosistema no solo del comercio electrónico, sino también a la servitización digital, coincidiendo con los planteamientos de Trzaska & Sus (2023) incluyen en su análisis la categoría de escalabilidad que se refiere a la capacidad del sistema de procesos empresariales adicionados con tecnología digital emergente.

Basole, Park & Seuss (2024) presentan el diseño e implementación de un sistema analítico visual interactivo que integra la IA para elevar la comprensión de tomadores de decisiones desde los ecosistemas empresariales.

Por otra parte Zhan, et al. (2024) sugieren que las empresas implementen IA para el marketing B2B habilitado para el comercio electrónico, dado que se ha demostrado que ofrece mayores retornos de acciones y ambientes comerciales más amigables, a diferencia de lo que ocurre con sus pares empresariales que no la implementan.

Algo parecido proponen Qi, Shen & Xu (2023) a través de la estrategia de distribución de recursos y programación de pedidos en línea de comercio electrónico utilizando el modelo de distribución logística habilitado por IA en el negocio para la atención al cliente (B2C).

Otro aspecto que destaca la aplicación de la IA en las empresas es que plantean Hashed Abdullah & Almaqtari (2024) al constatar que la IA ayudan a las empresas a elevar la eficiencia, precisión y capacidad de toma decisiones, lo que en consecuencia mejora los procesos de contabilidad, auditoría e información financiera.

Al respecto Qin (2024) afirma que la IA es un predictor válidos de la ingeniería de procesos, por lo que la alta dirección deberá incorporar las capacidades digitales de la IA para lograr una innovación frugal a fin de recuperar la credibilidad y fortalecer el empate con los competidores en la era de la tecnología; lo que explica que la aceptación de la tecnología es imperativa para potenciar las habilidades empresariales con modelos de gestión empresarial basados en la IA.

Sadeghi, *et al.* (2024) revelan que la IA mejora la transparencia, contribuyendo significativamente a la toma de decisiones ágil para mejorar la ciberresiliencia en momentos de ataque cibernético. En este sentido, Boukraa, *et al.* (2023) y García-Macias (2023) destaca que la aplicación de la IA y la internet de las cosas requiere protocolos de internet fiables para su fluida y ágil transportación.

En contraparte Tóth & Markus (2024) sugieren que en las empresas se aplique la IA en estricto apego ético según sus propósitos específicos, de tal forma que propicie la gestión empresarial bajo normas profesionales, de responsabilidad empresarial y en apego a la normatividad interinstitucional, dado que se impacta en la relación interempresarial del gobierno, la empresa, los clientes y la sociedad.

6. CONCLUSIONES

Se concluye que la convergencia de IA propicia un cambio en la dinámica de sistemas operativos, productivos y administrativos de la PyME, orientándola hacia la internacionalización para incidir favorablemente en las actividades empresariales, comerciales y de servicios de las empresas, los negocios, el mercado, las actividades laborales, la mercadotecnia, los medios de comunicación.

Con el modelo de adopción de las TIDE, se logra la internacionalización de las PYME, desde el momento que en el área operativa del negocio se utilizan las herramientas digitales para diversas acciones y operaciones, como son el manejo y gestión de bancos, nóminas y billeteras digitales, lo que significa se usó o adopto la IA mediante un robot inteligente con respuesta automática, o en su caso se generó la autenticación digital mediante reconocimiento facial.

Además, ante la existencia de diversos paquetes de software de tarjeta nacional, medidores de electricidad, lectura inteligente y/o estrategias para la detección de fraude o el montaje de la recaptcha, significa que las personas y también las empresas están inmersas en estos sistemas de la IA.

Otro ejemplo que permite la internacionalización de una PYME es el manejo operativo del pago electrónico de sus operaciones de compra venta, usando y adoptando la IA mediante el lector de cheques, tarjetas bancarias y DNI inteligente mediante autenticación de usuario desde la oficina de registro, verificación digital de firma para comprobar la firma del titular de la cuenta, detección y extracción del DNI en el cheque mediante, autenticación electrónica del destinatario del cheque, además de detectar fraude y uso indebido de la cuenta del titular del cheque.

Un último ejemplo que podemos citar de varios, es la operatividad del negocio mediante el comercio electrónico y los servicios digitales, adoptando la IA mediante la presencia activa en redes sociales, la oferta de servicios adicionales vinculados a la compra de bienes, la detección y filtrado inteligente de contenido textual inapropiado que pueda ser de utilidad para el cliente.

Con esta investigación se desmitifica que las tecnologías digitales emergentes ponen en riesgo el acceso a los mercados internacionales de las PYMES; dado que es observable que se visibiliza la clasificación, aplicación y adopción de estas tecnologías mediante diversas fases de penetración en mercados internacionales.

Los hallazgos son aún más característicos al identificar las oportunidades de la IA y las otras tecnologías emergentes que propician la internacionalización de las empresas mediante diversas fases de adopción y absorción digital para la reconfiguración de toda la cadena productiva, la redefinición de nuevos eslabones comerciales, el desarrollo de servicios, negocios y emprendimientos que ofrecen oportunidades de desarrollo empresarial; de expansión y diversificación sectorial.

El estudio revela que la adopción de tecnologías innovadoras digitales emergentes para PyMES se enfoca en dos ambientes: el externo y el interno. Para efectos de este estudio, se ha analizado la internacionalización desde la perspectiva externa, considerando que las PyMES se

internacionalizan desde 1) la presión competitiva y 2) el soporte externo y asistencia técnica.

Para efecto de las empresas consultadas, el estudio muestra que las empresas residentes físicamente en un mercado municipal de la Región del Évora, mantienen rivalidad y competencia con otras empresas que ya usan la IA en sus negocios, por lo que los empresarios, muestran disposición para contratar el uso de la IA mediante un tercero que les ofrezca soporte y asistencia técnica.

Esto es con la finalidad de garantizar el servicio y la atención a la demanda de los clientes, que son quienes presionan para que adopten las herramientas de pago, mercadotecnia y compra de mercancías de manera digital, transferencias bancarias digitales, generación y pago de la nómina digital, condiciones para el pago electrónico mediante la red móvil e internet, lo que significa un elevada área de oportunidad para el desarrollo del comercio electrónico, los servicios digitales, y las tiendas en línea; entre otras TIDE.

Además, se confirma que los factores que promueve la adopción de la IA en las PyMES, no son propiamente la dinámica de precios ni la regulación que obligue su instrumentación; sino más bien, es la exigencia de clientes, proveedores y trabajadores. Al respecto, la literatura científica revisada, expresa que para la adopción de la IA por las PyMES observadas, es fundamental la disposición para implementarla y supervisar su operatividad, manejo para mejorar su desempeño en la eficiencia productiva, servicio y atención al cliente y toma de decisiones.

Sin embargo, la investigación reveló que las empresas consultadas en realidad carecen de experiencia en el manejo de la IA, lo que explica que las pocas que la implementan tengan asistencia y soporte de los servicios de un tercero, con el propósito principal de la atención al cliente, dejando en etapa secundaria a la internacionalización.

Finalmente, la diversidad sectorial se distribuye en diversas PYMES, cada cual con desafíos y dinámicas propias para lo que la IA deberá adaptarse, considerando los factores que determinan el éxito o el fracaso según el panorama externo de las PYME. Estos factores que se observan son el comercio y la actividad empresarial de la PYME, la

mercadotecnia y el mercadeo, la gestión empresarial, la educación en la PYME, el trabajo y el empleo. También, el estudio muestra algunos factores específicos que influyen en la adopción de la IA, lo que es crucial para el diseño y aplicación de estrategias y plane de acción personalizado con base a su giro y actividad, al sector y el perfil de sus clientes.

7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

La presente investigación fue realizada por integrantes del Cuerpo Académico UAS-CA-272 “Economía del Sector Público y Políticas para el Desarrollo” de la Universidad Autónoma de Sinaloa al mantener vinculación con un grupo de empresarios con actividades de producción, procesamiento y comercialización de la carne de res y de cerdo; y sus derivados industrializados. Empresas establecidas en un Mercado Municipal de la Región del Évora, en Sinaloa México, que se integra por los municipios de Angostura, Mocorito y Salvador Alvarado.

Se agradece a los empresarios de la industria cárnica y la comercialización de carne de res y cerdo que están establecidos de manera permanente por más de tres décadas en el Mercado Municipal de Salvador Alvarado, desarrollando una actividad empresarial al vender productos de primera necesidad del sector alimentario y representando a empresas familiares con un sólido reconocimiento de sus clientes.

La oportunidad y apertura a un grupo de investigadores conformado por profesores investigadores y estudiantes, permitió realizar el estudio de campo, aplicar los cuestionarios y las entrevistas *in situ*, lo que posibilito la generación objetiva de argumentos que pudieron ser contrastados con los registros teóricos y científicos existentes en los últimos cinco años.

La investigación fue financiada con recursos propios de los investigadores y el respaldo de la Universidad Autónoma de Sinaloa al brindar la infraestructura digital que ofrece la Dirección General de Bibliotecas para el uso y gestión de la información científica.

8. REFERENCIAS

- Aguirre, E. (2024). Tecnologías innovadoras digitales en apoyo a la participación de las pymes en el comercio electrónico transfronterizo, Documentos de Proyectos (LC/TS.2023/169), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). DOCUMENTO BASE PARA EL ARTÍCULO
- Armenia, S.; Franco, E.; Iandolo, F.; Maielli, G. & Vito, P. (2024). Zooming in and out the landscape: Artificial intelligence and system dynamics in business and management, *Technological Forecasting and Social Change*, 200 (123131), pp. 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123131>
- Azmi, M.; Mansour, A. & Azmi, C. (2023). A Context-Aware Empowering Business with AI: Case of Chatbots in Business Intelligence Systems, *Procedia Computer Science*, 224 (1), pp. 479-484. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.09.068>
- Baabdullah, A.M.; Alalwan, A.A.; Slade, E.L.; Raman, R. & Khatatneh, K.F. (2021). SMEs and artificial intelligence (AI): antecedents and consequences of AI-based B2B practices, *Industrial Marketing Management*, 98 (September), pp. 255–270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2021.09.003>
- Basole, R.C.; Park, H. & Seuss, C. D. (2024). Complex business ecosystem intelligence using AI-powered visual analytics, *Decision Support Systems*, 178 (114133), pp. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2023.114133>
- Boukraa, L.; Essahraoui, S.; Makkaoui, K. E.; Ouahbi, I. & Esbai, R. (2023). Intelligent Intrusion Detection in Software-Defined Networking: A Comparative Study of SVM and ANN Models, *Procedia Computer Science*, 224 (1), pp. 26-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.09.007>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2021). Tecnologías digitales para un nuevo futuro. (LC/TS.2021/43) Santiago.
- Drydakakis, N. (2022). Artificial intelligence and reduced SMEs' business risks. A Dynamic capabilities analysis during the COVID-19 pandemic, *Information Systems Frontiers*, 24 (4), pp. 1223–1247. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10249-6>
- Garcia-Macias, J.A. (2023). Transport in the IP-based Internet of Things: status report, *Procedia Computer Science*, 224 (1), pp. 18-25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.09.006>

- Hajipour, V.; Hekmat, S. & Amini, M. (2023). A value-oriented Artificial Intelligence-as-a-Service business plan using integrated tools and services, *Decision Analytics Journal*, 8 (100302), pp. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100302>
- Hashed Abdullah, A.A. & Almaqtari, F. A. (2024). The impact of artificial intelligence and Industry 4.0 on transforming accounting and auditing practices, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10 (1), pp. 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100218>
- Islam, T.; Hasan, M.; Redwanuzzaman & Hossain, K. (2024). Practices of artificial intelligence to improve the business in Bangladesh, *Social Sciences & Humanities Open*, 9 (100766), pp. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100766>
- Ku, E.C.S. & Chen, C.-D. (2024). Artificial intelligence innovation of tourism businesses: From satisfied tourists to continued service usage intention, *International Journal of Information Management*, Available online 25 January 2024, pp. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2024.102757>
- Lada, S.; Chekima, B.; Abdul Karim, M.R.; Fabeil, N.F.; Ayub, M.S.; Amirul, S.M.; Ansar, R.; Bouteraa, M.; Lim Ming Fook, L.M. & Zaki, H.O. (2023). Determining factors related to artificial intelligence (AI) adoption among Malaysia's small and medium-sized businesses, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9 (4), pp. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100144>
- Liu, B. (2023). Integration of novel uncertainty model construction of green supply chain management for small and medium-sized enterprises using artificial intelligence, *Optik*, 273 (170411), pp. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.170411>
- Madanaguli, A.; Sjödin, D.; Parida, V. & Mikalef, P. (2024). Artificial intelligence capabilities for circular business models: Research synthesis and future agenda, *Technological Forecasting and Social Change*, 200 (123189), pp. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123189>
- Maroufkhani, P.; Tseng, M.-L.; Iranmanesh, M.; Wan Ismail, W.K. & Khalid, H. (2020). Big data analytics adoption: determinants and performances among small to mediumsized enterprises, *International Journal of Information Management*, 54 (102190), pp. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102190>
- Pires da Silva, F.; Mateus Jerónimo, H.; Lopes Henriques, P. & Ribeiro J. (2024). Impact of digital burnout on the use of digital consumer platforms, *Technological Forecasting and Social Change*, 200 (123172), pp. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123172>

- Qi, B., Shen, Y. & Xu, T. (2023). An artificial-intelligence-enabled sustainable supply chain model for B2C E-commerce business in the international trade, *Technological Forecasting and Social Change*, 191 (122491), pp. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122491>
- Qin, W. (2024). How to unleash frugal innovation through internet of things and artificial intelligence: Moderating role of entrepreneurial knowledge and future challenges, *Technological Forecasting and Social Change*, 202 (123286), pp. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123286>
- Ragazou, K.; Passas, I.; Garefalakis, A. & Zopounidis, C. (2023). Business intelligence model empowering SMEs to make better decisions and enhance their competitive advantage, *Discover Analytics*, 1 (2), pp. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44257-022-00002-3>
- Sadeghi R. K.; Ojha, D.; Kaur, P.; Mahto, R.V. & Dhir, A. (2024). Explainable artificial intelligence and agile decision-making in supply chain cyber resilience, *Decision Support Systems*, 180 (114194), pp. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2024.114194>
- Sahoo, S.; Kumar, S.; Donthu, N. & Singh Alok, K. (2024). Artificial intelligence capabilities, open innovation, and business performance – Empirical insights from multinational B2B companies, *Industrial Marketing Management*, 117, February, pp. 28-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2023.12.008>
- Sjödin, D.; Parida, V. & Kohtamäki, M. (2023). Artificial intelligence enabling circular business model innovation in digital servitization: Conceptualizing dynamic capabilities, AI capacities, business models and effects, *Technological Forecasting and Social Change*, 197 (122903), pp. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122903>
- Trzaska, R. & Sus, A. (2023). Industry 4.0 business strategic risks based on the scalability 4.0 concept. *Artificial Intelligence área, Procedia Computer Science*, 225, pp. 3255-3264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.319>
- Tóth, Z. & Markus B. (2024). Ethical compass: The need for Corporate Digital Responsibility in the use of Artificial Intelligence in financial services, *Organizational Dynamics*, Available online 29 February 2024 (101041), pp. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2024.101041>
- Wu, Q.; Yan, D. & Umair, M. (2023). Assessing the role of competitive intelligence and practices of dynamic capabilities in business accommodation of SMEs, *Economic Analysis and Policy*, 77 (march), pp. 1103–1114. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2022.11.024>

- Zhan, Y.; Xiong, Y.; Han, R.; Lam, H. K.S. & Blome, C. (2024). The impact of artificial intelligence adoption for business-to-business marketing on shareholder reaction: A social actor perspective, *International Journal of Information Management*, Available online 16 February 2024, 102768, pp. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2024.102768>
- Zhong, Y.; Chen, X.; Wang, Z. & Fang-Ying Lin, R. (2024). The nexus among artificial intelligence, supply chain and energy sustainability: A time-varying análisis, *Energy Economics*, 132 (107479), pp. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107479>

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO DETONANTE DEL DESARROLLO DE EMPRENDEDORES EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

JUAN MIGUEL AHUMADA CERVANTES

Universidad Autónoma de Sinaloa

MÓNICA LILIANA RIVERA OBREGÓN

Universidad Autónoma de Sinaloa

1. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA), la cual, de acuerdo con John McCarthy (2007), "es la ciencia e ingeniería de hacer máquinas inteligentes, especialmente programas informáticos inteligentes. Se relaciona con la tarea similar de usar equipos para comprender la inteligencia humana, pero la IA no tiene que ajustarse a los métodos biológicos observables" (p. 2). Se ha convertido en una fuerza transformadora en prácticamente todos los aspectos de la vida, desde la manera en que se interactúa con la tecnología hasta cómo se abordan los desafíos globales. Al respecto en un artículo emitido por la revista digital Entrepreneur en español en el 2023, se indica que:

La inteligencia artificial (IA) tiene sus raíces en la década de los 50, cuando los científicos comenzaron a investigar cómo las máquinas podrían imitar la inteligencia humana, y aunque el desarrollo de ésta fue lento durante varias décadas, en los últimos años ha habido un avance significativo gracias a la disponibilidad de gran cantidad de datos y la capacidad de procesarlos de manera más eficiente. Actualmente la IA está cambiando la forma en que las empresas operan, interactúan con sus clientes y compiten en el mercado. A medida que las tecnologías de IA evolucionan y mejoran, las oportunidades y retos que presenta para las empresas también aumentan. Actualmente, la inteligencia artificial ya está siendo utilizada por muchas empresas en diferentes industrias

para aumentar su eficiencia, automatizar procesos y mejorar la toma de decisiones (Entrepreneur, 2023, p. 12).

Sin duda, “la IA ha transformado rápidamente diversos sectores de la sociedad, y la educación superior no es una excepción. La integración de la IA en la educación superior plantea tanto desafíos como oportunidades para las Instituciones de Educación Superior (IES), profesores y estudiantes” (Vera, 2023, p. 19). Ante este contexto, las instituciones de educación superior enfrentan la tarea crucial de preparar a los futuros emprendedores para un mundo cada vez más impulsado por la tecnología. En este sentido Zamora y Mendoza (2023), infieren que “las instituciones educativas deben diseñar programas de capacitación para el docente, que les permita identificar los productos obtenidos por IA y, al mismo tiempo, ayudarlo con estrategias y métodos que le posibiliten implementar de forma adecuada el uso de estas herramientas en las clases” (p. 12). Así mismo, “añadir al currículo una materia que capacite a los alumnos en la comprensión y el uso de la IA, bajo lineamientos éticos encaminados a la aplicación práctica en su campo laboral” (Del puerto y Esteban, 2022, p. 349).

En un artículo publicado por El economista (2023), se comenta que:

El uso de Inteligencia Artificial (IA) constituye la segunda ola de la transformación digital. Compañías de todo el mundo están aprovechando las nuevas capacidades que, técnicas como machine learning, pueden aportarles en la optimización de su operación actual o en la generación de nuevos modelos de negocio. En ese sentido, y gracias a la proliferación de grandes volúmenes de datos; la capacidad de procesarlos de forma barata; la investigación abierta y el financiamiento masivo; el aprovechamiento de la IA se ha convertido en una tendencia, un círculo virtuoso que no ha hecho sino acelerarse en los últimos años.

Es importante mencionar que los emprendedores basados en IA se enfrentan a retos como la escasez de talento especializado; la falta de datos para entrenar; algunos de los clientes de los emprendedores, desconfían de los productos y servicios basados en IA. La aplicación de IA está en pleno auge, sin embargo, creemos que es necesario llevar a cabo acciones desde el mundo empresarial, el sector público, el sector

educativo y la sociedad civil para apoyar y acelerar el uso de la IA. Estamos convencidos de que ésta tiene gran potencial a futuro, no sólo a nivel global, sino también en América Latina. Hoy por hoy miles de organizaciones usan técnicas de IA como elemento clave o como complemento de su negocio (El economista, 2023, p.1).

Como se puede observar, el papel de la inteligencia artificial como catalizador del desarrollo emprendedor en las instituciones educativas superiores es de suma importancia en la era actual. La convergencia de la IA con la educación superior ofrece una gama de oportunidades sin precedentes para fomentar la innovación, promover la creatividad y cultivar una mentalidad empresarial entre los estudiantes.

Por ello, en esta ponencia, se explora el impacto de la IA como catalizador del desarrollo de emprendedores en las Instituciones de Educación Superior (IES). Cómo la inteligencia artificial está transformando la educación superior, proporcionando a los emprendedores del mañana las herramientas necesarias para abordar los desafíos del siglo XXI. Se Analizan los beneficios, los desafíos y las oportunidades que la IA presenta en el contexto del desarrollo empresarial en las instituciones educativas superiores, como está transformando y redefiniendo los paradigmas tradicionales del emprendimiento, ofreciendo nuevas oportunidades y desafíos para aquellos estudiantes que buscan iniciar y hacer crecer sus propios negocios. Además, se examinan casos de éxito, mejores prácticas y estrategias para integrar eficazmente la inteligencia artificial en los programas académicos, la investigación y las iniciativas empresariales dentro de las universidades y colegios para aprovechar plenamente el potencial de la IA en la formación de emprendedores.

2. OBJETIVOS

En el contexto de la creciente influencia de la inteligencia artificial (IA) en la educación superior y el emprendimiento, es crucial establecer objetivos claros y precisos para comprender y aprovechar plenamente el potencial de esta tecnología.

Al respecto, en un panel organizado por la ANUIES en 2023 denominado “La Inteligencia Artificial, oportunidad para el desarrollo de la

Educación Superior” se asumieron diversas posturas sobre la IA en la Educación Superior tales como:

González Placencia expresó que la Inteligencia Artificial del futuro tendrá un papel cada vez más importante en la vida cotidiana, se espera que desempeñe un papel clave en el desarrollo de soluciones innovadoras para la automatización de procesos, la mejora y la eficiencia de la educación.

Kyle Bowen, destacó que la Inteligencia Artificial, lidera los esfuerzos universitarios estratégicos para el uso eficaz de la tecnología para promover el crecimiento institucional y acelera la experiencia de aprendizaje y la innovación disruptiva.

Angels Fitó, rectora de la Universidad Abierta de Cataluña, sostuvo que la Inteligencia Artificial se ha convertido en el centro del debate en los sistemas educativos por lo que las universidades deben generar procesos de adaptación para darle un uso de provecho, construir conocimientos, complementarlos para que los jóvenes tengan un mejor proceso educativo y hacer el aprendizaje más atractivo.

Los ponentes comentaron que los beneficios de contar con Inteligencia Artificial es la automatización de procesos, así como agilizar tareas cuya ejecución puede resultar aburrida o requerir mucho tiempo a los seres humanos, acelerar la toma de decisiones, fomenta la creatividad y mejorar la precisión.

Agregaron, además, que los sistemas de Inteligencia Artificial podrían analizar las técnicas de enseñanza en tiempo real, ofreciendo retroalimentación instantánea y sugerencias para mejorar lo que aceleraría el desarrollo profesional de los educadores y elevaría la calidad general de la enseñanza (ANUIES, 2023, p. 1).

Por ello en esta sección, se delinearán los objetivos principales que guiarán la investigación sobre cómo la IA puede impulsar el desarrollo de emprendedores en las instituciones de educación superior.

El objetivo principal de esta ponencia es Analizar y demostrar cómo la inteligencia artificial detona el desarrollo de emprendedores en las instituciones de educación superior y qué estrategias efectivas pueden

implementarse para aprovechar su potencial como catalizador del espíritu empresarial y la innovación. Buscando en todo momento durante el desarrollo de la misma: identificar que herramientas de inteligencia artificial están utilizando actualmente las IES para el desarrollo de emprendedores, explorar los resultados que estas han obtenido derivado del uso de las herramientas de inteligencia artificial actuales para el desarrollo de emprendedores y analizar cómo puede la inteligencia artificial desarrollar el espíritu creativo, innovador, emprendedor y empresarial en los estudiantes, y facilitar el desarrollo de proyectos innovadores en las IES.

Al establecer estos objetivos, se busca proporcionar una guía estructurada y significativa para la exploración sobre el papel de la inteligencia artificial en el desarrollo de emprendedores en las instituciones de educación superior.

3. METODOLOGÍA

En este apartado, se detalla la metodología utilizada para abordar la investigación sobre el impacto de la inteligencia artificial (IA) en el desarrollo de emprendedores en las instituciones de educación superior. La selección de una metodología apropiada es fundamental para garantizar la validez y la fiabilidad de los hallazgos, así como para proporcionar una base sólida para las conclusiones y recomendaciones.

Como parte de la estrategia metodológica diseñada para abordar de manera integral este estudio, se optó por el procedimiento científico, el método cualitativo y un enfoque documental el cual permitió adentrarse en la diversidad de la información disponible. La cual, comprendió la consulta de diversas bibliografías a través del manejo de una variedad de buscadores de información, especialmente motores de búsqueda académicos.

Para el desarrollo más eficiente de la investigación se plantearon las siguientes categorías y subcategorías de estudio:

Categoría 1: El uso de la inteligencia artificial como detonante para el desarrollo de emprendedores en las IES.

Subcategorías:

- Herramientas de inteligencia artificial utilizadas actualmente en las IES para el desarrollo de emprendedores.
- Resultados obtenidos por las IES derivados del uso de las herramientas de inteligencia artificial actuales para el desarrollo de emprendedores.

Categoría 2: Herramientas y estrategias de inteligencia artificial que podrían ser utilizadas en las IES para el desarrollo de emprendedores.

Subcategorías:

- Herramientas de inteligencia artificial que podrían ser utilizadas en las IES para el desarrollo de emprendedores.
- Estrategias de inteligencia artificial que podrían ser implementadas en las IES para detonar el desarrollo de emprendedores.

Cabe señalar, que, durante el desarrollo de la investigación, se realizó una exhaustiva revisión de la literatura académica y profesional relacionada con el tema de estudio. Esta revisión permitió comprender el estado actual del conocimiento sobre la integración de la IA en la educación superior y su impacto en el desarrollo emprendedor. Además, ayudo a identificar tendencias, desafíos y oportunidades relevantes para la investigación.

Además, para ilustrar cómo la IA está siendo implementada en las instituciones de educación superior para impulsar el desarrollo empresarial, se realizó un análisis detallado de casos de estudio seleccionados. Estos casos proporcionan ejemplos concretos de cómo diferentes universidades y programas están utilizando la IA para fomentar la innovación, el espíritu empresarial y la colaboración interdisciplinaria.

De igual forma, se analizó la información obtenida, lo cual, permitió identificar patrones, tendencias y relaciones significativas, así como extraer insights clave que alimentaran las conclusiones y recomendaciones.

Finalmente, se validaron los hallazgos y conclusiones a través de un proceso de revisión y consulta minucioso para garantizar la credibilidad

y la robustez de los resultados y contribuir a la relevancia y aplicabilidad de las recomendaciones.

Al seguir esta metodología integral y multidisciplinaria, se buscó ofrecer una comprensión completa y rigurosa del papel de la inteligencia artificial como catalizador del desarrollo emprendedor en las instituciones de educación superior.

4. RESULTADOS

En este apartado, se presentan los resultados obtenidos de la investigación sobre el papel de la inteligencia artificial (IA) como detonante en el desarrollo de emprendedores en las instituciones de educación superior. Estos resultados se basan en el análisis de datos recopilados a través de una variedad de métodos. A través de este proceso, se han identificado tendencias, patrones y prácticas destacadas que ilustran cómo la IA está impulsando el espíritu empresarial en el ámbito universitario.

Durante la investigación, se ha explorado cómo la inteligencia artificial no solo transforma los modelos de negocio establecidos, sino que también impulsa la innovación y potencia el crecimiento empresarial dentro del entorno académico. A través de una minuciosa revisión de literatura y análisis de tendencias, se han identificado una serie de hallazgos clave que ilustran claramente el papel fundamental de la inteligencia artificial en el desarrollo de emprendedores en las IES.

Los rápidos avances tecnológicos en Inteligencia Artificial (IA), así como otras tecnologías en desarrollo como la robótica, la computación en la nube y el Internet de las cosas, están transformando disciplinas, economías e industrias, y desafiando las ideas sobre lo que significa ser humano.

La IA tiene un enorme potencial para el bien social y la promoción de la consecución de los ODS si se desarrolla de una manera que beneficie a la humanidad, respete las normas y estándares mundiales y esté anclada en la paz y el desarrollo (UNESCO, 2023, P. 1).

En un artículo publicado por la revista digital Emprendedores (2023) se comparten las formas más destacadas en las que la inteligencia artificial

(IA) está transformando el mundo del emprendimiento. Siendo las tendencias más notables:

1. Automatización Inteligente: La IA está liberando a los emprendedores de las tareas repetitivas y manuales, permitiéndoles enfocarse en la innovación y la estrategia de negocios.
2. Personalización de Experiencias: Gracias a la IA, los emprendedores pueden personalizar las experiencias de sus clientes como nunca antes. Esto conduce a una mayor retención y compromiso de los clientes.
3. Eficiencia Operativa: La IA está optimizando procesos empresariales, desde la gestión de inventario hasta la logística, lo que conlleva una reducción de costos y un aumento de la eficiencia.
4. Innovación Basada en Datos: La IA está impulsando la creación de productos y servicios innovadores basados en datos, como aplicaciones de salud, sistemas de recomendación y soluciones de aprendizaje automático.
5. Apoyo Estratégico: Los emprendedores están utilizando la IA para tomar decisiones estratégicas más fundamentadas, gracias a análisis en tiempo real y escenarios futuros (Emprendedores, 2023, p. 1).

En el mismo artículo también se comenta, “la IA no solo está transformando cómo hacemos negocios, sino que también está creando nuevas oportunidades para aquellos que abrazan esta tecnología. Estar al tanto de estas tendencias y adaptarse a ellas puede marcar la diferencia en el éxito de su emprendimiento” (Emprendedores, 2023, p. 2).

La revista digital *Emprendices* (2023) en su artículo titulado “El Emprendimiento y la Inteligencia Artificial: Un Puente Hacia el Futuro Competitivo” comenta que:

En la era contemporánea, donde la digitalización y la innovación se han convertido en el lema de las empresas exitosas, los emprendedores se enfrentan al reto de mantenerse a la vanguardia. Uno de los aliados más prometedores en esta travesía es la Inteligencia Artificial (IA). Esta

tecnología, que alguna vez fue considerada el dominio exclusivo de las corporaciones gigantes, ahora está al alcance de los emprendedores, brindando una plataforma para competir, innovar y prosperar en el mercado. Siendo las áreas donde más se destaca su aplicación:

Optimización de Operaciones: La IA puede ser el cerebro detrás de operaciones más eficientes. A través del análisis de grandes volúmenes de datos, los emprendedores pueden obtener insights valiosos para optimizar procesos, reducir costos y mejorar la eficiencia. Por ejemplo, la IA puede ayudar a automatizar tareas repetitivas y administrativas, liberando tiempo para que el equipo se enfoque en actividades más estratégicas.

Mejora en la Toma de Decisiones: Los emprendimientos pueden beneficiarse enormemente de la capacidad de la IA para analizar patrones complejos y generar información accionable. Al proporcionar análisis predictivos y prescriptivos, la IA apoya la toma de decisiones informada, permitiendo a los emprendedores anticiparse a las tendencias del mercado y responder de manera proactiva a los desafíos emergentes.

Experiencia del Cliente Personalizada: En un mundo donde la personalización es clave para la satisfacción del cliente, la IA se destaca. Los sistemas de IA pueden analizar el comportamiento del cliente para personalizar ofertas, recomendaciones y servicios. Esto no solo mejora la experiencia del cliente, sino que también puede aumentar la lealtad y la retención.

Desarrollo de Nuevos Productos y Servicios: La IA abre puertas a la innovación. Con la capacidad de analizar rápidamente datos y tendencias, los emprendedores pueden identificar nuevas oportunidades de mercado y desarrollar productos y servicios innovadores. Además, la IA puede acelerar el ciclo de desarrollo a través de la simulación y el testing automatizado.

Marketing Eficiente: La segmentación del mercado, el análisis del comportamiento del consumidor y la optimización de campañas publicitarias son aspectos en los que la IA puede jugar un papel transformador. Los emprendedores pueden utilizar la IA para dirigir sus recursos de marketing de manera más efectiva, asegurando un mejor retorno de la inversión.

Conclusión: La IA no es una moda pasajera; es una herramienta poderosa que está redefiniendo el paisaje empresarial. Para los emprendedores, adoptar la IA no es solo acerca de mantenerse competitivo, sino de liderar en un mundo impulsado por datos y tecnología. Con una inversión estratégica en IA, los emprendedores pueden desbloquear un vasto potencial, facilitando el camino hacia un crecimiento sustentable y un éxito duradero en el mercado contemporáneo. (Emprendices, 2023, p. 1).

En lo que tiene que ver con tecnologías de inteligencia artificial en la educación para el emprendimiento, sin duda, estas:

Afectan al emprendimiento teniendo impactos directos e indirectos en la educación empresarial y emprendedora. Sin embargo, la IA aplicada a la educación emprendedora necesita diseños pedagógicos más sofisticados en el diagnóstico, la predicción, la intervención, la prevención y la recomendación, combinados con contenidos específicos de aprendizaje y procedimiento emprendedores, obedeciendo a la pedagogía emprendedora (Chen, Ifenthaler y Sun, 2024, p. 23).

A continuación, se presenta un concentrado de como varias universidades están utilizando la inteligencia artificial (IA) como parte de sus esfuerzos para impulsar el desarrollo de emprendedores y las herramientas y estrategias que utilizan para hacerlo:

Universidad de Stanford (Stanford University):

“Stanford Technology Ventures Program (STVP): STVP ofrece cursos y programas que integran la IA en el desarrollo de habilidades empresariales. Utiliza herramientas de IA para analizar datos de mercado, identificar tendencias emergentes y desarrollar estrategias comerciales” (Stanford University, 2024, p. 1).

Massachusetts Institute of Technology (MIT):

“MIT Innovation Initiative: El MIT Innovation Initiative incluye programas como MIT Sandbox, que brinda a los estudiantes acceso a recursos financieros y mentoría para desarrollar sus ideas empresariales, incluidas aquellas que utilizan IA. Además, el MIT Media Lab realiza investigaciones pioneras en IA y su aplicación en campos como la

salud, la educación y la creatividad empresarial” (Massachusetts Institute of Technology, 2024, p. 1).

Universidad de California, Berkeley:

“Sutardja Center for Entrepreneurship & Technology (SCET): SCET ofrece programas como el curso de ciencia de datos aplicada y el Laboratorio de Innovación Blockchain, que permiten a los estudiantes explorar el potencial de la IA en la innovación empresarial. Además, SCET colabora con la industria para desarrollar proyectos empresariales basados en tecnología” (Universidad de California, Berkeley, 2024, p. 1).

Universidad de Harvard (Harvard University):

“Harvard Innovation Labs (i-lab): i-lab ofrece programas y recursos para apoyar a emprendedores en todas las etapas de desarrollo de su empresa. Utiliza herramientas de IA para análisis de datos, pronósticos de mercado y optimización de procesos empresariales” (Harvard University, 2024, p.1).

Universidad de Toronto:

“Creative Destruction Lab (CDL): CDL es un programa de aceleración de empresas que utiliza IA para mejorar el proceso de selección y el apoyo a las empresas participantes. También ofrece programas de formación en emprendimiento tecnológico y colabora con empresas líderes en IA para brindar mentoría y apoyo técnico” (Universidad de Toronto, 2024, p.1).

En el caso de México, varias universidades están adoptando la inteligencia artificial (IA) como parte de sus esfuerzos para fomentar el desarrollo de emprendedores. Aquí hay algunas universidades mexicanas destacadas y las herramientas y estrategias que utilizan para integrar la IA en este contexto:

Tecnológico de Monterrey (ITESM):

“Centro de Inteligencia Artificial para la Innovación Empresarial (CIA): El ITESM cuenta con el CIA, que promueve la investigación, el desarrollo y la aplicación de la IA en la innovación empresarial. Utiliza herramientas como análisis de datos, aprendizaje automático y procesamiento de lenguaje natural para apoyar a emprendedores en la creación y crecimiento de sus empresas” (ITESM, 2024, p.1).

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM):

“Instituto de Ingeniería de la UNAM: El Instituto de Ingeniería de la UNAM realiza investigaciones en áreas como inteligencia artificial, robótica y sistemas inteligentes. A través de sus proyectos y colaboraciones, proporciona a los emprendedores acceso a herramientas y conocimientos en IA para aplicaciones empresariales innovadoras” (UNAM, 2024, p.1).

Instituto Politécnico Nacional (IPN):

“Centro de Investigación en Computación (CIC): El CIC del IPN es un centro de investigación reconocido por su trabajo en inteligencia artificial y tecnologías de la información. Ofrece programas de formación, asesoramiento y apoyo técnico a emprendedores interesados en utilizar la IA en sus proyectos empresariales” (IPN, 2024, p. 1).

Universidad de las Américas Puebla (UDLAP):

“Centro de Investigación en Ciencias Computacionales (CICC): El CICC de la UDLAP se enfoca en investigaciones en áreas como inteligencia artificial, computación cognitiva y análisis de datos. A través de sus proyectos y colaboraciones con la industria, apoya el desarrollo de emprendedores que utilizan la IA en sus iniciativas empresariales” (UDLAP, 2024, p.1).

Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL):

“Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Sistemas (CITIS): El CITIS de la UANL realiza investigaciones en áreas como inteligencia artificial, computación móvil y análisis de datos. Proporciona a los emprendedores acceso a recursos y conocimientos en IA para impulsar el desarrollo de sus empresas” UANL, 2024, p. 1).

Como podemos identificar, las principales herramientas y estrategias que las universidades mencionadas utilizan para integrar la IA en el desarrollo de emprendedores, algunas de las más comunes incluyen:

- Ofrecer cursos y programas especializados en emprendimiento tecnológico y ciencia de datos.
- Proporcionar acceso a herramientas y plataformas de IA para análisis de datos, aprendizaje automático y desarrollo de prototipos.
- Facilitar la colaboración entre estudiantes, investigadores y profesionales de la industria en proyectos empresariales que utilizan IA.

- Organizar eventos, conferencias centradas en la innovación empresarial y la aplicación de la IA.
- Proporcionar mentoría y asesoramiento personalizado a emprendedores que trabajan en proyectos basados en IA.
- Fomentar la creación de redes y la colaboración entre emprendedores, inversores y empresas tecnológicas interesadas en la IA.

En conjunto, estas herramientas y estrategias ayudan a las universidades a crear un ecosistema empresarial dinámico y colaborativo que aprovecha el poder de la IA para impulsar la innovación y el crecimiento empresarial.

Como se observa, los hallazgos revelan que cada vez más instituciones de educación superior están integrando la IA en sus programas académicos para promover el desarrollo de habilidades emprendedoras entre los estudiantes. Desde cursos especializados en IA para emprendedores hasta programas de incubación de empresas impulsados por IA, se observa una tendencia creciente hacia la incorporación de esta tecnología en el plan de estudios universitario.

Además, se identifica una amplia gama de aplicaciones de la IA en la investigación empresarial dentro de las instituciones de educación superior. Desde el análisis predictivo para la identificación de tendencias de mercado hasta la optimización de procesos empresariales mediante algoritmos de aprendizaje automático, la IA está siendo utilizada de manera innovadora para impulsar la innovación y la competitividad empresarial.

Los resultados también resaltan el papel de la IA en fomentar la colaboración interdisciplinaria entre estudiantes, profesores e investigadores en las instituciones de educación superior. La IA actúa como un catalizador para la creación de equipos multidisciplinarios que trabajan en proyectos empresariales innovadores, aprovechando diversas perspectivas y habilidades para abordar desafíos complejos.

Sin embargo, los hallazgos también señalan desafíos emergentes, como la necesidad de garantizar la equidad y la ética en el uso de la IA en la educación superior, así como oportunidades futuras para expandir el alcance y el impacto de esta tecnología en el desarrollo emprendedor.

Al presentar estos resultados, se busca proporcionar una visión holística y actualizada del papel transformador que la inteligencia artificial desempeña en el fomento del espíritu empresarial en las instituciones de educación superior. Estos hallazgos informarán las conclusiones y recomendaciones finales, contribuyendo así a la comprensión y promoción continuas de la IA en el ámbito educativo y empresarial.

5. DISCUSIÓN

La integración de la inteligencia artificial (IA) en las instituciones de educación superior ha desencadenado una serie de transformaciones significativas en el desarrollo de emprendedores. “La IA está revolucionando la educación al proporcionar herramientas y recursos que transforman la forma en que enseñamos y aprendemos. La IA en la educación tiene el potencial de empoderar a los estudiantes, fomentar la creatividad y el pensamiento crítico” (Aparicio, 2023, p. 226). En esta sección, se exploran las implicaciones prácticas y teóricas de cómo la IA está impactando el ecosistema empresarial dentro del ámbito universitario y se profundiza en el análisis de cómo la inteligencia artificial está transformando el panorama del emprendimiento en las IES, explorando las implicaciones y desafíos que surgen de la integración de esta tecnología en el área del emprendimiento. Así mismo se examina cómo la IA está redefiniendo los roles tradicionales del emprendedor universitario, así como las oportunidades emergentes y las posibles barreras que enfrentan aquellos que buscan aprovechar su potencial, enfrentando los desafíos y aprovechando las oportunidades que surgen en este contexto.

Garay (2022), comenta que en definitiva los beneficios del uso de la IA en el emprendimiento se resumen a los siguientes:

- Incremento de la eficiencia para descubrir relaciones en los datos, que por los medios tradicionales estarían ocultas o no serían evidentes sin utilizar modelos complejos.
- Incremento de la precisión a la hora de definir claramente procesos que de otra forma implicaría un gran volumen de tareas manuales.

- Habilidad para tratar con grandes cantidades de datos con muchos atributos. Ejemplos de esta situación serían los datos del comportamiento de los clientes, los datos de las interacciones multicanal y multidispositivo, datos complejos del uso de los productos o la detección del fraude.
- Actualización frecuente de los algoritmos, incluso varias veces al día, que permitan capturar los cambios en el comportamiento de los clientes o del mercado (Garay, 2022, p. 47).

La discusión sobre la integración de la IA en las instituciones de educación superior plantea una reflexión profunda sobre cómo esta tecnología está transformando la educación emprendedora. La capacidad de la IA para personalizar el aprendizaje, proporcionar retroalimentación adaptativa y simular entornos empresariales realistas está revolucionando la forma en que se adquieren y desarrollan habilidades emprendedoras. Sin embargo, surge el debate sobre el equilibrio entre la automatización de procesos y la necesidad de fomentar la creatividad y el pensamiento crítico en los estudiantes.

Al respecto Bonnet y Westerman (2021), infieren que “la Inteligencia artificial utilizada correctamente en el emprendimiento universitario se puede convertir en un aliado para innovaciones en nuevas ideas de negocio, generadas por parte de todos los actores pertenecientes al ecosistema educativo, (docentes, estudiantes, directivos y equipo logístico entre otros).

Ante lo ya comentado se puede asumir que un punto crucial de discusión es el impacto de la IA en la innovación y la competitividad empresarial dentro de las instituciones de educación superior. La capacidad de la IA para analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones y predecir tendencias ofrece nuevas oportunidades para la generación de ideas empresariales y la mejora de la eficiencia operativa. Sin embargo, surgen desafíos en términos de acceso equitativo a la tecnología y la capacitación necesaria para aprovechar plenamente su potencial.

La discusión sobre la integración de la IA en el desarrollo de emprendedores también abarca consideraciones éticas y responsabilidad. La recopilación y el uso de datos personales, la discriminación algorítmica y la

complejidad en los procesos de toma de decisiones son cuestiones que deben abordarse de manera crítica para garantizar un entorno empresarial justo y ético. La importancia de promover la alfabetización digital y ética desde una edad temprana se vuelve evidente en este contexto.

Finalmente, la discusión también se centra en la colaboración y la sinergia entre la academia, la industria y otros actores relevantes en el ecosistema empresarial. La integración de la IA en las instituciones de educación superior requiere una colaboración estrecha entre diferentes partes interesadas para garantizar la relevancia y la aplicabilidad de los programas educativos y las iniciativas empresariales. La creación de redes de colaboración y la promoción de la transferencia de conocimientos y tecnología son elementos clave para aprovechar al máximo el potencial de la IA en el desarrollo de emprendedores.

En resumen, la integración de la inteligencia artificial en las instituciones de educación superior representa un cambio de paradigma en el desarrollo de emprendedores. Si bien presenta una serie de desafíos y consideraciones éticas, también ofrece oportunidades emocionantes para fomentar la innovación, la creatividad y la competitividad empresarial en el ámbito universitario y más allá.

6. CONCLUSIONES

A manera de conclusión, en este apartado, se recapitulan los principales hallazgos y se destacan las tendencias emergentes que delinean el futuro del emprendimiento en las IES en la era de la inteligencia artificial. Además, se resumen las implicaciones clave para los emprendedores, las empresas y la sociedad en general, de igual forma se sugieren posibles áreas de investigación futura y acciones para fomentar un ecosistema emprendedor inclusivo y sostenible en la educación cada vez más impulsado por la IA.

A continuación, se presenta un resumen de los principales resultados obtenidos con el desarrollo de la investigación:

Categoría 1: El uso de la inteligencia artificial como detonante para el desarrollo de emprendedores en las IES.

Subcategorías:

1. Herramientas de inteligencia artificial utilizadas actualmente en las IES para el desarrollo de emprendedores.

- Análisis de Datos y Big Data.
- Aprendizaje Automático (Machine Learning).
- Asistentes Virtuales y Chatbots.
- Plataformas de Recomendación y Filtrado.
- Modelos Predictivos y Simulaciones.
- Plataformas de Colaboración y Networking.

1.1. Resultados obtenidos por las IES derivados del uso de las herramientas de inteligencia artificial actuales para el desarrollo de emprendedores.

- Mejora en la calidad del apoyo y la orientación lo que ayuda a los emprendedores a tomar decisiones más informadas y estratégicas.
- Aumento en la tasa de éxito empresarial en empresas creadas por los estudiantes y graduados de las IES.
- Mayor acceso a recursos y oportunidades por parte de los emprendedores para el crecimiento y la sostenibilidad de sus empresas.
- Innovación en el proceso educativo.
- Fortalecimiento del ecosistema emprendedor, al facilitar la conexión entre emprendedores, mentores, inversores y otros actores clave del ecosistema emprendedor.

Categoría 2: Herramientas y estrategias de inteligencia artificial que podrían ser utilizadas en las IES para el desarrollo de emprendedores.

Subcategorías:

1. Herramientas de inteligencia artificial que podrían ser utilizadas en las IES para el desarrollo de emprendedores.

- Asistentes virtuales avanzados.
- Análisis predictivo de tendencias de mercado.
- Plataformas de simulación empresarial.
- Reconocimiento de patrones en datos empresariales.
- Sistemas de recomendación personalizados que ofrezcan sugerencias personalizadas a los emprendedores sobre recursos, oportunidades y conexiones relevantes.
- Colaboración virtual en proyectos empresariales utilizando plataformas de trabajo colaborativo basadas en IA.

11. Estrategias de inteligencia artificial que podrían ser implementadas en las IES para detonar el desarrollo de emprendedores.

- Sistemas de IA para personalizar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes emprendedores, lo cual, le permita desarrollar las competencias empresariales necesarias de manera más efectiva.
- Sistemas de mentoría virtual basados en IA que conecten a los estudiantes emprendedores con mentores expertos en sus campos de interés.
- Incubadoras virtuales de empresas que proporcionen a los emprendedores acceso a recursos, orientación y apoyo durante el proceso de desarrollo de sus startups.
- Análisis predictivo de viabilidad empresarial.
- Técnicas de gamificación impulsadas por IA para involucrar a los estudiantes en actividades empresariales y fomentar la creatividad, la colaboración y el pensamiento estratégico.
- Herramientas de IA para analizar datos de redes sociales y facilitar la colaboración entre estudiantes emprendedores.

Como se puede observar, la inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como un poderoso catalizador del desarrollo de emprendedores en las instituciones de educación superior, ofreciendo nuevas perspectivas,

herramientas y oportunidades para estudiantes, profesores y líderes empresariales. Tras analizar en profundidad el impacto de la IA en este ámbito, se pueden extraer varias conclusiones significativas:

La integración de la IA en los programas académicos ha transformado el proceso de enseñanza y aprendizaje, proporcionando experiencias más personalizadas y adaptativas que promueven el desarrollo de habilidades emprendedoras entre los estudiantes. La IA ha permitido la creación de entornos educativos innovadores que fomentan la creatividad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas, preparando a los emprendedores del futuro para los desafíos de un mundo cada vez más digitalizado.

La IA ha impulsado la innovación y la competitividad empresarial dentro de las instituciones de educación superior al facilitar la identificación de oportunidades de mercado, optimizar procesos operativos y mejorar la toma de decisiones estratégicas. La capacidad de la IA para analizar grandes volúmenes de datos y extraer insights relevantes ha permitido a los emprendedores universitarios desarrollar ideas empresariales más sólidas y escalables.

A medida que la IA se integra más profundamente en el desarrollo de emprendedores, es crucial abordar las consideraciones éticas y la responsabilidad asociadas con su uso. Es necesario establecer marcos éticos y legales sólidos que protejan los derechos de los individuos y promuevan la equidad en el acceso a la educación y oportunidades empresariales. Además, se deben promover prácticas transparentes y responsables en el diseño, desarrollo y aplicación de soluciones basadas en IA.

La colaboración entre la academia, la industria y otros actores relevantes es fundamental para maximizar el impacto de la IA en el desarrollo de emprendedores. La creación de redes de colaboración y la promoción de la transferencia de conocimientos y tecnología son elementos clave para aprovechar al máximo el potencial de la IA en el ámbito universitario. Al fomentar la sinergia entre diferentes partes interesadas, se pueden impulsar iniciativas innovadoras y sostenibles que beneficien a la sociedad en su conjunto.

En resumen, la inteligencia artificial ha emergido como un habilitador clave del desarrollo de emprendedores en las instituciones de educación superior, ofreciendo una amplia gama de beneficios y oportunidades. Sin embargo, es crucial abordar los desafíos y consideraciones éticas asociadas con su uso, y promover una cultura de colaboración y responsabilidad que garantice su aplicación ética y responsable en el ámbito universitario y más allá. Con un enfoque centrado en el desarrollo humano y el bienestar social, la inteligencia artificial puede continuar desempeñando un papel transformador en la formación de los emprendedores del mañana.

7. REFERENCIAS

- ANUIES (2023). La Inteligencia Artificial, oportunidad para el desarrollo de la Educación Superior. ANUIES. <http://www.anui.es.mx/noticias/la-inteligencia-artificial-oportunidad-para-el-desarrollo-de-la>
- Aparicio, W. O. (2023). La Inteligencia Artificial y su Incidencia en la Educación: Transformando el Aprendizaje para el Siglo XXI. Ed&TIC Research Center. 3 (2). DOI: 10.51660/ripie.v3i2.133, <https://www.researchgate.net/publication/372053496>.
- Bonnet, D. y Westerman, G. (2021). Los nuevos elementos de la transformación digital. MIT Sloan Management Review. Boston, United State. <https://hbsp.harvard.edu/product/SMR852-PDF-ENG>
- Chen, L. Ifenthaler, D. y Sun, W. (2024). Inteligencia artificial en la educación para el emprendimiento: una revisión exploratoria. Educación + Formación. ISSN: 0040-0912, <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ET-05-2023-0169/full/htm>
- Del Puerto, D. & Esteban, P. (2022). La Inteligencia Artificial como recurso educativo durante la formación inicial del profesorado. RIED: Revista Iberoamericana De Educación a Distancia, 25(2). 347-362. ISSN 1138-2783, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8485808>.
- El economista (2023). Inteligencia Artificial, clave para el emprendimiento latino. <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Inteligencia-Artificial-clave-para-el-emprendimiento-latino->
- Emprendedores (2023). Cómo la inteligencia Artificial está Revolucionando el Emprendimiento. Revista digital. <https://www.emprendeores.com/pulse/c%C3%B3mo-la-inteligencia-artificial-est%C3%A1-revolucionando>

- Emprendices (2023). El Emprendimiento y la Inteligencia Artificial: Un Puente Hacia el Futuro Competitivo. Revista digital.
<https://www.emprendices.com/pulse/el-emprendimiento-y-la-inteligencia-artificial-un-puente>
- Entrepreneur (2023). El papel de la inteligencia artificial en los negocios: oportunidades y retos. Revista digital.
<https://www.entrepreneur.com/es/tecnologia/el-papel-de-la-inteligencia-artificial-en-los-negocios/449815>
- Garay, L.M. (2022). Inteligencia Artificial: El futuro de las empresas y las personas. Cómo y por qué incorporar inteligencia artificial al emprendimiento empresarial. Dykinson S.L.
DOI:10.2307/j.ctv2gz3w9c.97.
https://www.researchgate.net/publication/359895350_Inteligencia_Artificial_El_futuro_de_las_empresas_y_las_personas_Como_y_por_que_incorporar_inteligencia_ar
- Harvard University (2024). Laboratorio de innovación de Harvard. Harvard University <https://innovationlabs.harvard.edu/>
- Instituto Politécnico Nacional (2024). Centro de Investigación en Computación (CIC). IPN. <https://www.cic.ipn.mx/index.php>
- Massachusetts Institute of Technology (2024). Iniciativa de Innovación del MIT. Massachusetts Institute of Technology.
<https://innovation.mit.edu/resource/mit-innovation-initiative/>
- McCarthy, J. (2007). What is artificial intelligence?. Computer Science Department Stanford University. <https://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf>
- Stanford University (2024). Centro de emprendimiento de Stanford. Stanford University. <https://stvp.stanford.edu/>
- Tecnológico de Monterrey (2024). Centro de Inteligencia Artificial para la Innovación Empresarial (CIA). ITESM. <https://tec.mx/es>
- UNESCO (2023). Inteligencia Artificial. UNESCO.
<https://www.unesco.org/es/artificial-intelligence>
- Universidad Autónoma de Nuevo León (2024). Centro de Innovación, Investigación y Desarrollo en Ingeniería y Tecnología (CIIDIT). UANL.
https://www.uanl.mx/centros_inv/centro-de-innovacion-investigacion-y-desarrollo-en-ingenieria-y-tecnologia/
- Universidad de California, Berkeley (2024). Centro Sutardja para el Emprendimiento y la Tecnología (SCET). Universidad de California, Berkeley. <https://scet.berkeley.edu/>

- Universidad de las Américas Puebla (2024). Centro de Investigación en Ciencias Computacionales (CICC). UDLAP. <https://www.udlap.mx/web/>
- Universidad Nacional Autónoma de México (2024). Instituto de Ingeniería de la UNAM. UNAM. <https://www.iingen.unam.mx/es-mx/Paginas/Splash/Default.aspx>
- Universidad de Toronto (2024). Creative Destruction Lab (CDL). Universidad de Toronto. <https://creativedestructionlab.com/>
- Vera, F. (2023). Integración de la Inteligencia Artificial en la Educación superior: Desafíos y oportunidades. *Revista Electrónica Transformar*. Vol 4 (1), P. 19, ISSN 2735-6302, <https://revistatransformar.cl/index.php/transformar/article/view/84/44>
- Zamora Varela, Y. & Mendoza Encinas, M. C. (2023). La inteligencia artificial y el futuro de la educación superior: Desafíos y oportunidades. *Horizontes Pedagógicos*, 25 (1), 1-13. ISSN 0123-8264, <https://horizontespedagogicos.iberu.edu.co/article/view/25101>

EL DESAFÍO DE LA IA PARA LAS AGENCIAS DE PUBLICIDAD: UN ENFOQUE CONTRONTRADO ENTRE CATALUÑA Y RÍO DE JANEIRO

SÍLVIA ESPINOSA-MIRABET
Universidad de Girona (UdG)

MARIA ALICE DE FARIA NOGUEIRA
Universidad Federal do Rio de Janeiro (ECO-UFRJ)

MÒNICA PUNTÍ-BRUN
Universidad de Girona (UdG)

RAMON MARTÍN-GUART
Universidad de Girona (UdG)

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace años, los algoritmos se han instalado en el sector de la publicidad y proporcionan a las agencias, y a los clientes, información fiable a partir de datos. Así se miden, por ejemplo, tanto comportamientos como audiencias y se segmentan mercados (Calle García et al., 2023). La tecnología es una herramienta indispensable en el campo de la publicidad y no solo en la vertiente más creativa. Las tecnologías digitales generativas que han puesto al alcance de todos, y de forma muy fácil, la creación en manos de los llamados *adprosumidores* (Túñez López, 2021) o usuarios creadores de anuncios; o la co-creación (Ortiz Morales, Aguilar y Giraldo Marín, 2016) entre otros argumentos han revolucionado el panorama existente. Esta relación entre tecnología y personas ha despertado ya suspicacias y debates entre profesionales y en los medios, por tanto, no parece descabellado llevar el debate a las aulas. El contexto comunicativo y publicitario demanda un replanteamiento a partir de ahora y, por ende, la Academia debe repensar también cómo y de qué manera debe formar a los futuros publicitarios.

El prestigioso periódico brasileño *O Globo* en una publicación reciente (05/05/2024) destacaba en un reportaje que la IA está transformando la enseñanza superior en América Latina:

Desde 1980, la Inteligencia Artificial (IA) ha estado presente en la educación superior de los países latinoamericanos, aunque en los últimos años su uso se ha ido expandiendo paulatinamente en las aulas: una evolución que ha traído oportunidades para nuevas formas de aprendizaje, pero al mismo tiempo desafíos sobre cómo la tecnología podría afectar la forma tradicional de enseñar (Pichardo, 2024).

Por otro lado, y tomando el campo profesional de la publicidad, el director de comunicación y marketing digital de la agencia española Roman, Pablo Gallego, defendía en la revista del sector publicitario *Control Publicidad* (24/03/2024) que no hay que tener miedo a la Inteligencia Artificial. Postulándose como abanderado en el tema, Gallego (2024) aventuraba que “en los próximos diez años no habrá agencia o departamento de marketing y/o comunicación que no use su propia inteligencia artificial entrenada con su *know-how*”. Meneses (02/02/2024) coincidía con esa posición y escribía en el renombrado rotativo español *El País*: “se cree que más del 80% de las empresas habrán implementado programas, modelos y aplicaciones de IA generativa en sus sistemas de aquí a 2026, según la consultora Gartner”.

Son sólo un par de ejemplos sobre cómo el debate de la irrupción de la IA en publicidad y marketing (y, por ende, su impacto en la formación de los futuros publicitarios) es ahora protagonista en el terreno social y en los medios.

1.1. LA IA Y LA PUBLICIDAD, EN TEORÍA

En publicidad, se está empezando a explorar y a estudiar el terreno de las oportunidades y los desafíos que plantea esta tecnología. Algunas de las aplicaciones de la IA, a través del aprendizaje automático, se centran en el *targeting*, es decir, en la identificación de segmentos de audiencia, la personalización de estrategias de marketing, la creación de contenidos y la optimización de anuncios (Gao et al., 2023). También, como se mencionaba anteriormente, se identifican estudios sobre la co-creación en publicidad, con técnicas como anuncios inteligentes, interactivos y

automatizados (Ezzat, 2024). El potencial de la IA generativa también se está investigando para mecanizar ciertas tareas creativas, aunque es improbable que reemplacen completamente la creatividad y el juicio estratégico humano en un futuro cercano (Routray, 2024).

Basándonos en la investigación de Tahoun y Taher (2023), la inteligencia artificial (IA) se convierte en un recurso indispensable en diversas fases del proceso publicitario, que se puede desglosar en cinco etapas fundamentales: (1) obtención de *insights* sobre el consumidor, (2) creación de anuncios, (3) planificación y adquisición de medios, (4) monitoreo y evaluación de los anuncios y (5) evaluación de la efectividad publicitaria en línea.

En la fase inicial de obtención de *insights* sobre el consumidor, la IA facilita la segmentación del público objetivo o *targeting* (Gao et al., 2023). Esta comprensión más profunda de la audiencia permite una entrega más eficiente de los anuncios a sus destinatarios, aumentando así la probabilidad de alcanzar los objetivos de la campaña. Además, la personalización de los anuncios (Gao et al., 2023), adaptados específicamente a las características de las audiencias, se vuelve factible mediante el análisis de la percepción del consumidor.

En la segunda etapa del proceso, la creación de anuncios, la IA despliega su potencial al permitir la generación automatizada de contenido publicitario o incluso la co-creación de anuncios con la participación del público objetivo (Ezzat, 2024). Esta dinámica transforma a los consumidores en *adprosumidores* (Túñez López, 2021), contribuyendo activamente a la producción de contenido publicitario.

En la fase de planificación y adquisición de medios (Fase 3 del proceso), la IA ofrece una gama de herramientas que facilitan la tarea de las agencias de publicidad. Desde la optimización del rendimiento de los anuncios (Gao et al., 2023) hasta la planificación de la participación publicitaria del público objetivo (Ford et al., 2023), las tecnologías de IA ofrecen soluciones cada vez más sofisticadas. La co-creación emerge como una opción valiosa para las agencias, brindando la oportunidad a los públicos objetivos de involucrarse en el proceso publicitario. Es importante destacar que en esta etapa se consideran diversas

opciones tecnológicas, incluyendo la publicidad dirigida (Shah et al., 2020), programática y automatizada (Ford et al., 2023), así como los anuncios inteligentes, interactivos, conductuales y automatizados (Ezzat, 2024).

En la etapa de monitoreo y de evaluación de la efectividad publicitaria (Fase 4), la IA facilita una gestión eficiente de las campañas, permitiendo a las agencias evaluar el impacto emocional de los anuncios, la percepción de marca y la generación de actitudes positivas hacia la misma (Ferruz-González, Sidorenko-Bautista y Santos López, 2023) que son elementos indispensables y frecuentemente complicados de registrar de una forma un tanto objetiva. Finalmente, en la fase de análisis de la efectividad publicitaria (Fase 5) y la confianza generada en los públicos objetivos, las empresas demandan cada vez más *insights* para justificar sus inversiones en campañas y evaluar el alcance del mensaje.

1.2. DESAFÍOS, LÍMITES Y ÉTICA EN EL USO DE LA IA EN PUBLICIDAD

1.2.1. La ética preocupa

Actualmente, se sabe que la IA puede mejorar procesos y personalizar anuncios, explorando nuevas posibilidades creativas en la industria publicitaria (Leszczynski, Salamon y Zieliński, 2022). Sin embargo, su implementación también plantea problemas éticos graves relacionados con la desigualdad social y económica, la invasión de la privacidad, el uso indebido de datos personales, y la propagación de anuncios falsos (Micaletto-Belda, Polo Serrano y Martín-Ramallal, 2023). O incluso, el uso o la recopilación de materiales sin permisos de autor.

Uno de los aspectos más controvertidos que destaca la literatura revisada es la preocupación por la publicidad dirigida y personalizada, puesto que, aunque incrementa la relevancia de los anuncios para los consumidores, también aumenta el riesgo de violaciones de privacidad y protección de datos (Nogueira, 2019). La recopilación masiva de datos personales para alimentar algoritmos que personalizan anuncios no es una práctica nueva. Incluso hoy en día, el desarrollo de herramientas digitales y de aplicaciones de IA puede provocar discriminaciones basadas en sesgos de datos históricos, aplicando precios injustos o

excluyendo ciertos grupos demográficos por motivos tan relevantes como género o raza. Además, la falta de transparencia y la posible caída de estos datos en manos de terceros sin consentimiento son preocupaciones éticas significativas (O’Neil, 2016).

Los términos y condiciones, a menudo largos y complejos, complican que los usuarios comprendan cómo se utilizarán sus datos, cuestionando si el consentimiento otorgado es realmente informado y voluntario. Con el objetivo de defender a los consumidores del uso indiscriminado de sus datos personales por parte de las empresas comerciales y marcas, existe, desde 2020 en Brasil, la Ley General de Protección de Datos (LGPD). Esta ley regula la forma en que los datos son tratados por personas físicas o jurídicas de derecho público y privado. Desde el inicio de la discusión, incluso antes de la creación de aplicaciones de IA, se trataba de contener la circulación de información personal utilizada con fines comerciales por las empresas, como era la práctica en el país.

Pero es que además la IA abre otro debate cuando permite difuminar, al menos técnicamente de forma impecable, las fronteras entre lo creado con finalidades comerciales y lo creado para informar o formar. En este sentido, se abre otra línea de controversia que provoca algunos planteamientos de futuro, algunos tan disruptivos como los que apunta Anzanello (2020): “Quizás, forzada por un holocausto nuclear, la publicidad tendrá que desintegrarse en el futuro y volver a territorializarse, mostrándose claramente, para que no se confunda sin otra forma (incluso híbrida) de comunicación, y así convocar al público explícitamente como en sus inicios”.

Es evidente que todo lo expuesto hasta este momento resalta la necesidad de un replanteamiento en la formación de futuros profesionales en la Academia, para que sean capaces de manejar esas complejidades y fomentar una publicidad ética y transparente. Pero antes, habrá que hablar con el sector productivo para saber, hoy en día, cuáles son sus usos de la IA, sus miedos y sus necesidades.

1.2.2. UE pionera en legislar

En mayo de 2024, entró en vigor la primera ley mundial sobre Inteligencia Artificial (IA) firmada por la Unión Europea (UE). El texto busca regular la inteligencia artificial para garantizar mejores condiciones en su desarrollo y uso, haciendo hincapié en la protección de las personas. Así, tal como publica el Parlamento Europeo, la nueva normativa:

Propone que los sistemas de IA que puedan utilizarse en distintas aplicaciones se analicen y clasifiquen según el riesgo que supongan para los usuarios. Los distintos niveles de peligro implicarán una mayor o menor regulación. (...) La prioridad del Parlamento es garantizar que los sistemas de IA utilizados en la UE sean seguros, transparentes, trazables, no discriminatorios y respetuosos con el medio ambiente. Los sistemas de IA deben ser supervisados por personas, en lugar de por la automatización, para evitar resultados perjudiciales (Parlamento Europeo, 2024).

El texto explicita claramente qué no será aceptable: todo lo que pueda dañar y amenazar a las personas y considera de “alto riesgo” los sistemas de IA que afecten negativamente a la seguridad o a los derechos fundamentales. A partir de este estado más restrictivo se define lo que se considera perjudicial para las personas y por tanto prohibido. La IA no podrá usarse para:

1.-manipulación cognitiva del comportamiento de personas o grupos vulnerables específicos: por ejemplo, juguetes activados por voz que fomentan comportamientos peligrosos en los niños. 2.-puntuación social: clasificación de personas en función de su comportamiento, estatus socioeconómico o características personales. 3.-sistemas de identificación biométrica en tiempo real y a distancia, como el reconocimiento facial (Parlamento Europeo, 2024).

En Brasil, la legislación es diferente que, en Europa, ya que todavía es posible utilizar herramientas de reconocimiento facial como instrumentos de seguridad. Sucedió, por ejemplo, en Nochevieja o en un reciente concierto de Madonna en Copacabana (mayo, 2024).

1.2.1. ¿Vale la pena resistirse?

A pesar de que algunos directivos puedan resistirse a adoptar completamente la IA por la percepción de que no remplazará el trabajo creativo, las consecuencias de la no adopción pueden ser graves, incluyendo

la pérdida de posición competitiva en el mercado (Leszczynski, Salamon y Zieliński, 2022). A estas alturas, ya no es posible trabajar en publicidad (y casi en ningún sector) sin usar herramientas de IA: “Las empresas que han adoptado la inteligencia artificial en sus estrategias publicitarias experimentan un aumento de un 30% en las ventas y reducciones de hasta un 20% en los costos de marketing. Asombrosamente, el 80% de los especialistas de marketing afirman que la IA ha tenido un impacto positivo en sus campañas” (Puro marketing, 2024).

En la Academia, es sabido que el uso de la IA ha sido empleado de forma pionera por los estudiantes para agilizar sus tareas adelantándose así y, en muchos casos, al uso de IA que realizan sus profesores. (Europa Press, 2024). Se utiliza especialmente en la producción de material audiovisual en carreras de comunicación y publicidad.

A pesar de que el cuerpo docente se ha sumergido en la instrucción del uso de las herramientas de IA de forma mayoritaria, autónomamente o vía formaciones académicas especiales en los centros de formación continua que las universidades tienen para los PDI, el caso es que la institución que se dedica a enseñar a los futuros publicitarios necesita repensar la formación que despliega en sus aulas, puesto que algunos expertos, tal como ha recogido Meneses, ya detallan la necesidad de tener profesionales formados en competencias técnicas y habilidades blandas, que resume de esta forma:

- 1.-Competencia en analítica de datos. Los profesionales deben ser capaces de recopilar, analizar e interpretar grandes volúmenes de datos. Las herramientas de análisis de datos y la comprensión de indicadores clave permiten medir el rendimiento de las campañas y ajustar las estrategias en tiempo real.
- 2.-La gestión eficiente de las redes sociales, entendiendo las mediciones y algoritmos específicos de cada plataforma.
- 3.-Familiaridad con tecnologías emergentes, como la IA y el aprendizaje automático.
- 4.-Habilidad para crear y gestionar contenido digital.
- 5.-Comprensión del comportamiento del consumidor, lo que implica entender las preferencias y necesidades del público y estar al tanto de los cambios y las tendencias emergentes (Meneses, 2024).

2. OBJETIVOS

Por todos los motivos esgrimidos hasta aquí, la Escola de Comunicação (ECO-UFRJ) y los Estudios de Comunicación de la Facultad de Turismo (UdG) se han unido para llevar a cabo una investigación con dos claros objetivos:

- Primero, identificar las herramientas de inteligencia artificial generativas que las agencias de publicidad usan normalmente, para entender sus aplicaciones y rutinas en la producción publicitaria.
- Y, en segundo lugar, estudiar qué implicaciones deben tener estas nuevas prácticas en la formación de los futuros graduados en Publicidad, y no sólo en el terreno de los planteamientos éticos.

3. METODOLOGÍA

Para llevar a término los objetivos de investigación planteados, se realizará un trabajo básicamente cualitativo. En una primera fase de la investigación se compararon los mercados publicitarios de las regiones implicadas en el estudio, asimilables a nivel de habitantes: Cataluña (España) y la ciudad de Río de Janeiro (Brasil) con el fin de poder identificar agencias de publicidad de tamaños diferentes (grandes, medianas y pequeñas), pero comparables entre sí, que serán la muestra del trabajo. La identificación se hizo atendiendo a criterios de volumen de negocio, arraigo territorial (local, o más global) e investigando la relevancia de sus clientes.

En ambos países se realizaron entrevistas en profundidad semiestructuradas a directivos y a directores creativos (unidades de análisis) de agencias parecidas en Brasil y España en cuanto a número de clientes, recursos humanos y facturación, como se ha advertido. Para este primer acercamiento al tema de estudio, se ha considerado hacer un abordaje inicial con una muestra más reducida, se seleccionan 2 agencias brasileñas y dos catalanas. En ambos casos se trata de una empresa multinacional y de otra local. Así se ha entrevistado a los máximos dirigentes de la multinacional McCann Brasil y España y a los CEOs y directores

creativos de dos agencias pequeñas Camisa 10 (Brasil) y Minimilks (España).

1. McCann Brasil/Río de Janeiro. Se entrevista al CEO Márcio Borges, vicepresidente ejecutivo y Director de McCann Brasil-Río. En Brasil, McCann emplea a 103 personas, el 73% son mujeres.
2. McCann España/Barcelona. Se entrevista a la Directora de estrategia. En España, McCann tiene 500 empleados, de los cuales 150 trabajan en Cataluña (Barcelona).

McCann gestiona las campañas de publicidad de anunciantes como Mapfre, Ikea, L’Oreal, Iberia, Nestlé, Coca Cola y San Miguel entre otras grandes marcas. En 2021, fue reconocida como Agencia del Año en los Premios Eficacia y, en 2023, es reconocida como la agencia creativa con mejor percepción en el mercado, según el estudio ‘Agency Scope’ realizado por Scoppen. Con relación al ranking de agencias creativas de Infoadex, McCann vuelve a liderar un año más esta clasificación con un volumen de negocio de 301,3 millones de euros en 2020.

3. Minimilks. Girona/España. Se trata de una empresa de tamaño pequeño y local. Actualmente tiene 3 trabajadores en plantilla: CEO, Directora Creativa y Gestora de proyectos (todas mujeres) y 8 colaboradores externos que se contratan según necesidades. Se entrevista a la CEO, Anna Suades, y a la directora creativa, Anna Torner.

Minimilks es una agencia local de comunicación creativa de Girona que ha trabajado con anunciantes como el Patronato de Turismo Costa Brava Girona, la Diputación de Barcelona, la Escuela de Basket de Marc Gasol o el Ayuntamiento de Girona. En funcionamiento, des del año 2012, Minimilks se vincula a la comunicación, la publicidad y el márketing *online* y *offline*, además del diseño gráfico. Ocupa el ranking 1.927 de empresas del sector “agencias de publicidad”, según la CNAE.

4. Camisa 10. Río de Janeiro/Brasil. Es una empresa de 10 trabajadores que contrata a personas externas en función de la demanda de los proyectos. Se entrevista a Victor Vicente, director creativo, y a Bruno Richter, CEO.

Camisa 10 es una agencia con más de 18 años de experiencia en el campo de la publicidad *offline* y *online* en Río de Janeiro, galardonada con premios tan importantes como el León de Cannes o El Ojo de Iberoamérica. Entre sus clientes destacan: Universal TV, AquaRío, Delete o Petrobras.

Son en total 6 entrevistas de perfiles diferentes relacionados con la gestión y la creatividad. Para todas, se usa un mismo cuestionario *Google forms* de 50 preguntas. Los cuestionarios son resueltos en persona por los investigadores durante la entrevista, presencial o virtual, para poder captar así todos los matices. El diseño del cuestionario incluye campos para desarrollar respuestas largas y preguntas, más objetivas, requeridas a modo de Escala de Likert. De esta manera, posteriormente se pueden cruzar las diferentes percepciones entorno a cinco puntos, considerados clave, según los investigadores y a tenor de la revisión bibliográfica previa:

1. Las herramientas de IA que más se usan en su agencia y su finalidad.
2. La afectación del uso de IA en los diferentes departamentos de su agencia.
3. La formación sobre IA que reciben los trabajadores de la agencia.
4. Los códigos éticos de la agencia en relación con la IA.
5. Los requisitos de formación que necesitan los nuevos egresados.

4. RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos con las entrevistas se puede afirmar que las empresas de publicidad, independientemente del continente en el que se ubiquen y de presentar tamaños significativamente distintos, tienen un comportamiento y una visión muy parecida frente a la irrupción de las herramientas de IA en su negocio. No se detectan discrepancias a pesar de que vienen de países, culturas, lenguas y volúmenes de

negocio muy divergentes. Las cuatro agencias de publicidad estudiadas coinciden en 3 grandes aspectos:

1. El uso del ChatGPT.
2. La necesidad ética de regulación de la IA para proteger derechos.
3. El departamento de producción es el área donde más impacto tendrá el uso de la IA y donde habrá más cambios laborales, de las agencias.

Los datos obtenidos explican, a su vez que la formación sobre IA que reciben los trabajadores de las agencias es un hecho indiscutible y que se proyecta como indispensable puesto que los cambios en la tecnología son continuos.

El ChatGPT es la IA más utilizada, por su versatilidad y facilidad. Las empresas lo usan tanto por parte de los equipos directivos para la redacción de proyectos, propuestas o algún plan de comunicación, como en el Departamento creativo, especialmente en Brasil para realizar *brainstorming* o *copys*, aunque tal como matiza Vicente: “Para escribir textos a escala: 10 correos electrónicos de marketing sobre el mismo tema, pero con pequeñas diferencias en el texto” (Vicente, entrevista personal, 2024).

En el terreno más creativo, Midjourney se postula como herramienta más usada, así como el paquete de Adobe, que, en las agencias pequeñas es especialmente importante, destacando de entre todos sus productos el uso de Photoshop para tratamiento fotográfico.

El poder económico de la agencia condiciona la tecnología IA de que se dispone. En este sentido, solo McCann ha desarrollado una herramienta corporativa para todos sus centros de trabajo. Se trata de (Ai)magination, pero a parte de esa coincidencia, se aprecian diferencias sustanciales entre McCann Río y Barcelona. En España, es donde la multinacional despliega un más amplio surtido de herramientas de IA generativas para trabajar: Sora, Leonardo, Craion o Synesthesia. En Brasil, tanto en McCann como en Camisa 10 se detectan concurrencias en el uso de Adobe Firefly.

Donde la convergencia de opiniones es más acusada es en lo referente a la necesidad de regular la IA en un plano ético y normativo. En España, tanto las corporaciones mayores como las más pequeñas se alinean con las directivas europeas y coinciden en la necesidad de una regulación dura: “La normativa debería ser muy dura. No se puede engañar, ni suplantar identidades” (Suades, entrevista personal, 2024). En McCann se apuesta por regular todos los aspectos, cosa que a su entender dotará de un valor especial a los trabajos realizados de uno u otro modo. Así lo explica la Directora de estrategia en España:

Los derechos de autor son un gran desafío (ya que la IA suele compilar cosas procedentes de otros sitios existentes para crear cosas nuevas tanto a nivel de textos como de imágenes). De forma relacionada, hasta hoy se compraba el ‘talento’ personal de los equipos (en la industria de la publicidad vendemos ideas y las ideas dependen de las personas), la IA puede alterar la valoración diferencial entre diferentes agencias.

Para McCann Río, los límites son claros: “(...) uno de los principios del uso de la IA generativa está relacionado con el hecho de que su uso no contribuirá a la desinformación y a los *deepfakes*, ni dañará a la sociedad ni a la humanidad [en el sentido de ser humano]. Estas reglas fueron creadas por la agencia junto con sus clientes y son una directiva global” (Borges, entrevista personal, 2024).

En las corporaciones de menor tamaño es donde las piezas publicitarias elaboradas con IA sí que pueden llegar al cliente final. En este caso hay dos condicionantes importantes: nunca vulneran derechos de autor y siempre tienen un retoque de algún especialista. “Nosotros lo usamos. Si no genera ningún problema de derechos de autor, no hay problemas. También en el caso de clientes pro-bono ya utilizamos piezas completamente terminadas en IA, aunque la idea era ‘humana’” (Richter, entrevista personal, 2024).

De un tamaño parecido, en Minimilks se procede casi igual. Se usa IA, pero para acabar, siempre es un creativo quien da el toque final al trabajo que se entrega al cliente. Ambas agencias coinciden en que normalmente estas herramientas se pueden utilizar para obtener conocimientos y ejecutar ideas, pero teniendo cuidado con las cuestiones éticas. La implementación de la IA es tan reciente que las empresas más

pequeñas todavía no han elaborado sus propios códigos éticos de uso y, tal como explica la directora creativa de Minimilks, “usamos nuestra ética personal y el sentido común que siempre hemos aplicado” (Torner, entrevista personal, 2024).

Otra uniformidad entre las opiniones de los entrevistados es en los cambios que sufrirá el Departamento de Producción. Todas las agencias coinciden en este mantra esbozado en Brasil: “El área menos afectada será Creatividad, porque la creatividad es humana” (Richter, entrevista personal, 2024). “De todas las áreas, la más afectada será: Producción ya que los trabajos de editaje, pruebas de sonido, etc. serán más rápidos con IA y se precisará menos personal”, según la Directora de estrategia de McCann España, por otra parte, añade que “El área menos afectada será: Cuentas porque la relación con el cliente y las negociaciones a todos los niveles mantendrán el toque humano” (entrevista personal, 2024). Su opinión coincide plenamente con Vicente de Camisa 10: “Gran parte de la producción y acabado de piezas se realiza ya con herramientas de inteligencia artificial. Menos impacto en: Servicio y Creación. Estas son áreas donde todavía se necesitan humanos”. Es la idea que comparten desde McCann/Brasil:

En este sentido, la publicidad que pase ‘a través de humanos’ tendrá un alto valor, porque la tendencia es a automatizará. (...) se automatizarán puestos y tareas repetitivas, en medios, revisión, investigación y pruebas, entre otras áreas, desaparecerán. Pero el negocio principal, que es la creación y difusión de mensajes, sigue siendo inversamente proporcional a los que fueron reemplazados.

En Minimilks se apuntan dos nuevas visiones: la reducción de las horas de trabajo gracias a estas herramientas y la pérdida de talento: “No creo que desaparezcan, reduciremos horas de trabajo, pero siempre necesitamos una persona que revise la creatividad, el tratamiento de las fotos etc.” (Suades, entrevista personal, 2024). “Nos afecta puesto que podemos hacer las cosas creativas de forma más rápida. Algo que antes nos llevaba dos horas ahora es un minuto”, explica Torner. Y añade un ejemplo: “en campañas internacionales, antes usábamos traductores *freelance*, ahora con el Chat no nos hacen falta”. Explica que también ha afectado a los ilustradores: “Ahora para cosas o proyectos pequeños

ya no se contractan ilustradores puesto que con IA se hace y más rápido, pero estamos perdiendo talento” (Torner, entrevista personal, 2024).

Finalmente, se detecta la única discrepancia entre todos los investigadores. Para tener datos correlativos al segundo objetivo de esta investigación, es decir cómo la Academia debe reorientar sus planes de estudio para conseguir una formación más acorde con los retos de la IA, los preguntados en España, independientemente del tamaño de su empresa, coinciden en la necesidad de una formación más instrumental, mientras que en Brasil se apuesta por una necesidad formativa basada en la interpretación crítica y ética de la sociedad, sin desmerecer la necesidad de conocer el uso de las herramientas IA. Creen que los estudiantes están preparados, pero no saben explicarlo:

Están muy preparados, pero no son del todo aptos para su uso. ¿Qué vas a decir sobre la herramienta? ¿Cuál es el repertorio? ¿Cuáles son las referencias para realizar las indicaciones? Culturalmente no están preparados. Necesitan tener una mezcla de técnica y cultura. (...) creo que en todas las disciplinas deberían considerar la cultura. Especialmente en las asignaturas de inicio de curso, de forma más general; y en las asignaturas de fin de carrera, debería ponerse el énfasis en las herramientas, pensando en la formación para prácticas y el trabajo (Richter, entrevista personal, 2024).

Su compatriota de McCann es mucho más contundente:

Ningún plan de estudios académico podrá seguir el ritmo de los instrumentos. Por lo tanto, las universidades no deberían capacitar a los estudiantes en el uso de herramientas, ya que la obsolescencia será cada vez más rápida. Sin embargo, un perfil crítico será raro. (...) La Academia tiene que formar críticamente. El utillaje dependerá de la persona. La formación crítica es formar a una persona para pensar, capaz de construir [ideas, narrativas] para seres humanos [en publicidad, para emocionar], pero por supuesto la persona tiene que estar abierta a buscar y a aprender sobre las herramientas también” (Borges, entrevista personal, 2024).

El manejo de las herramientas es el punto que aleja más Brasil de España. En Europa se apuesta más por el dominio de la tecnología como materia universitaria, según la Directora de estrategia de McCann España: “Las universidades deberían incorporar asignaturas especializadas porque el futuro sí o sí utilizará IA y las nuevas generaciones para salir bien formadas deberían saber manejar estas nuevas herramientas para poderse habituar a las que vayan naciendo (esto no ha hecho más

que empezar)” (entrevista personal, 2024). Y enumera necesidades de formación: “Una sólida formación en manejo de herramientas IA (de textos, de imagen, de sonido, de investigación,) y en los requisitos legales de su uso (...) hasta dónde llega y cuáles son las áreas de exploración futura en el ámbito regulatorio”.

5. DISCUSIÓN

A partir de las entrevistas realizadas se observa cómo y cuándo se usan y para qué las tecnologías generativas de inteligencia artificial. Se aprecia cómo los parámetros éticos a pesar de que importan mucho todavía no tienen un “Manual de implementación” en las empresas consultadas, que se rigen, en este campo, por la ética de sus trabajadores que ya se “venía aplicando desde siempre” y por las legislaciones vigentes sobre derechos de autor, por ejemplo. Finalmente, se identifica un consenso en el campo dónde la IA está impactando más directamente: la producción de las piezas publicitarias, y contrariamente se vislumbra el departamento de creatividad como un feudo humano. Todas coinciden en señalar que la IA, de momento, no puede sustituir la creatividad humana y además explican de forma concordante que los profesionales del área siempre deben revisar los trabajos finales, que en las agencias pequeñas se pueden realizar en buena parte con IA (con retoques mínimos de revisión final), mientras que, en las grandes corporaciones, la IA no se usa para trabajos finales, sí para bocetos o tareas internas. El hecho de que las tecnologías generativas permitan acortar de forma eficiente los tiempos de las producciones publicitarias es un logro y una rutina muy extendida en las agencias, tanto si son multinacionales, como si son locales.

Hasta el momento actual y a tenor de la investigación, muchos interrogantes siguen abiertos en el sector y por tanto eso dificulta, por ahora, obtener una idea clara sobre las necesidades formativas que deberán impartirse en las universidades con grados sobre publicidad y marketing. Pero sí que, en este sentido, se vislumbran las diferencias entre ambos países. Formación en tecnología (España) o fomentar el espíritu crítico (Brasil). Son las dos fórmulas que esgrimen los investigados. Son grandes diferencias, que representan dos enfoques docentes muy distintos que llevan a otros cuestionamientos en la investigación: en el caso de la enseñanza basada en las herramientas de IA, qué desdoblamientos

surgen en la formación de los profesores, que también se deben actualizar tecnológicamente para mantenerse activos en clase. Por eso, la discusión no se puede cerrar sino, llevar a un terreno futuro, que quizás sí que culminará con respuesta a algunos de estos interrogantes.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con esta investigación prospectiva arrojan dos claras conclusiones. Las agencias de publicidad enfocan la eclosión de la IA de un modo similar en sus empresas, pero discrepan sobre cómo debería ser la formación ideal de los futuros profesionales en la universidad, con la aparición de la inteligencia artificial.

Las agencias de publicidad, independientemente de su tamaño o ubicación territorial comparten muchos puntos sobre el impacto de las herramientas de inteligencia artificial (IA) generativas en sus negocios. Coinciden en señalar que la Creatividad, emblema por excelencia de las agencias de publicidad, no se verá, de momento, afectada por la irrupción de la IA, “puesto que es una actividad humana” pero afirman también que la Producción de piezas sí que sufrirá un gran revés con el cambio de paradigma que implica la IA.

Tanto en Brasil como en España se considera necesaria una regulación sobre todos los campos en los que la IA puede aplicarse y que además esa regulación debe ser estricta y esgrimen que, a pesar de no tener manuales sobre ética en sus corporaciones (sí en las mayores), los empleados actúan bajo el paraguas de la ética profesional, tal como siempre han estado haciendo. Concretando en las herramientas que más facilitan su trabajo, es decir, las IA que les acortan sus tareas, les permiten *brainstormings* más eficaces, bocetos más rápidos o la escritura de planes o propuestas para los clientes de forma más eficiente, el Chat GPT es la herramienta más utilizada tanto en Brasil como en España y el Midjourney, la segunda preferida, especialmente por los creativos preguntados.

La única discrepancia importante detectada se da en el campo de la formación universitaria que deberían recibir los futuros egresados en carreras de publicidad y marketing para afrontar el reto profesional que les supondrá la IA en su incorporación al mercado laboral. En este sentido, sí que la prospección realizada ha identificado que, en Brasil, a las agencias les gustaría que los universitarios del sector publicitario recibiesen

una formación más estricta en lo social y cultural en términos de conocimiento de IA, buscando ese perfil más crítico con la ética y los usos. Contrariamente, en España es diferente. Las agencias españolas demandan de los futuros profesionales una formación clara y potente en términos instrumentales. Se buscan publicitarios que dominen las herramientas de IA y que tengan una especialización clara en los diferentes roles u oficios que la IA proporciona dentro de una agencia de publicidad.

7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Este trabajo es el primero de una serie de investigaciones proyectadas con la finalidad de aprender más sobre la relación entre las herramientas generativas de IA y la publicidad para poder crear materiales educativos universitarios que sirvan de apoyo a los profesores que dan clases en grados sobre publicidad y márketing, tanto en Brasil como en España. Por ello, los autores del trabajo se han unido en el grupo *PUBCOMTEC: Publicidade, Comunicação e Tecnologia*, que suma además a los investigadores Jordi Serra (UdG) y Sandro de Azevedo Tôrres (ECO/UFRJ).

8. REFERENCIAS

- Calle García, A.J., Quimis Vera, M.C., Vargas, Piguave Vargas, M.T. y Zambrano Luzardo, J.S. (2024). La inteligencia artificial como herramienta en la segmentación de mercado. *Ciencia y Desarrollo*, 27(1), pp. 193-202. Recuperado 8/05/2024. <https://bit.ly/44zY2fi>
- Carrascoza, J. A. (2020). Lágrimas na chuva: a publicidade no futuro e o futuro da publicidade. *Galáxia (São Paulo)*, pp. 207-222. <https://doi.org/10.1590/1982-25532020345012>
- Direito Digital Cast (2020). Linha do tempo da LGPD. Jusbrasil. Recuperado 8/05/2024. <https://bit.ly/3wqJTEU>
- Europa Press (2024). Los universitarios españoles utilizan la IA Generativa el doble que sus profesores: 75% frente al 36%. Recuperado 8/05/2024. <https://bit.ly/4abPDAI>
- Gallego, P. (2024). No tengamos miedo a la Inteligencia Artificial. *Control Publicidad*. <https://bit.ly/3WwU2e0>
- Ezzat, R. (2024). Enhance the advertising effectiveness by using artificial intelligence (AI). *Journal of Art, Design and Music*, 3 (1), pp. 217-230. <https://doi.org/10.55554/2785-9649.1021>

- Ford, J., Jain, V., Wadhvani, K. y Gupta, D. G. (2023). AI advertising: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 166. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.114124>
- Ferruz-González, S. A., Sidorenko-Bautista, P. y Santos López, C. (2023). Neuromarketing e inteligencia artificial: el caso de la campaña 'con mucho acento'd e Cruzcampo. *Index. comunicación: Revista científica en el ámbito de la Comunicación Aplicada*, 13(2), pp. 147-169. <https://doi.org/10.33732/ixc/13/02Neurom>
- Gao, B., Wang, Y., Xie, H., Hu, Y. y Hu, Y. (2023). Artificial Intelligence in Advertising: Advancements, challenges, and ethical considerations in targeting, personalization, content creation, and ad optimization. *SAGE Open*, 13(4). <https://doi.org/10.1177/21582440231210759>
- Lim, C.V., Zhu, Y.P., Omar, M. y Park, H. W. (2024). Decoding the Relationship of Artificial Intelligence, Advertising, and Generative Models. *Digital*, 4(1), pp. 244-270. <https://doi.org/10.3390/digital4010013>
- Meneses, N. (2024). La IA y las estrategias digitales marcan las tendencias en 'marketing' y publicidad para 2024. *El País*. Recuperado 8/05/2024. <https://bit.ly/3WvHWIa>
- Micaletto-Belda, J.P., Polo Serrano, D. y Martín-Ramallal, P. (2023). La inteligencia artificial y su papel en la evolución del marketing digital y la publicidad. En: Gálvez de la Cuesta, M.C., Gertrudis Casado, M.C. y Ventura-Salom, B. (Coords.) (2023). *Comunicación, creación artística y audiovisual: un marco para la innovación educativa* (pp. 197-212). Dykinson. Recuperado 8/05/2024. <https://bit.ly/4b9mRkX>
- Nogueira, M. A. de F. (2019). Do marketing direto à publicidade data-driven: big data, algoritmos e a falta de privacidade do marketing orientado por dados. En: Nogueira, M. A. de F. (2019) *Comunicação e Tecnologia*. SESES (pp. 7-121).
- O'Neil, C. (2016). *Weapons of Math Destruction: how big data increases inequality and threatens democracy*. Crown.
- Parlamento Europeo (2024). Ley de IA de la UE: primera normativa sobre inteligencia artificial. Recuperado 8/05/2024. <https://bit.ly/4bsTmKL>
- Pichardo, C. (2024). IA está transformando ensino superior na América Latina. *O Globo*. <http://glo.bo/3UwIPGc>
- Routray, B. B. (2024). *The Spectre of Generative AI Over Advertising, Marketing, and Branding*. Authorea Preprints. <http://doi.org/10.22541/au.170534566.63147021/v1>
- Shah, N., Engineer, S., Bhagat, N., Chauhan, H. y Shah, M. (2020). Research trends on the usage of machine learning and artificial intelligence in advertising. *Augmented Human Research*, 5, pp. 1-15. <https://doi.org/10.1007/s41133-020-00038-8>

PERITAJE CON IA DE OBRAS DE ARTE FEMENINO CONTEMPORÁNEO DE CARÁCTER EFIMERO E INTANGIBLE

PALOMA RODERA MARTÍNEZ
UDIT. Universidad de Diseño y Tecnología

1. INTRODUCCIÓN

El arte contemporáneo y sus diferentes formatos suponen un reto a la hora de su peritaje. En este capítulo nos proponemos abarcar las características principales de algunas de las manifestaciones artísticas más comunes como pueden ser las propuestas artísticas creadas *ad hoc* como las obras *site-specific*, las piezas de arte efímero, las obras de arte urbano o algunas experiencias que presentan proyectos de carácter temporal, como sucede en el caso de la performance y el arte transmedia. Una vez expuesta su idiosincrasia nos centraremos en el análisis de algunos estudios de caso con el fin de ocuparnos de una metodología que permite estructurar soluciones plausibles para el peritaje de estas obras de arte con sus peculiaridades y especificidades. Veremos los casos de éxito y con especial incidencia en contemplar las prácticas que han funcionado hasta ahora. Por último, estableceremos unas conclusiones que relacionan directamente la conservación y restauración de esta tipología de piezas con la influencia de su peritaje y posicionamiento en el Mercado del Arte actual. Una de las características principales del arte contemporáneo que va a tener su origen en los nuevos formatos que surgen a mediados del siglo XX es la multiplicidad y el carácter efímero de muchas de las mismas.

El peritaje con inteligencia artificial (IA) de obras de arte contemporáneo de carácter efímero e intangible presenta varios desafíos y consideraciones específicas debido a la naturaleza única de este tipo de obras. Presentamos algunas reflexiones sobre estos procesos de trabajo:

1. Definición de parámetros de evaluación: Es crucial establecer criterios claros y específicos para evaluar obras de arte contemporáneo efímero e intangible. Esto puede incluir elementos como la originalidad, el impacto emocional, la innovación técnica, la relevancia contextual y la calidad conceptual.
2. Implementación de algoritmos y modelos especializados: Se necesitan algoritmos y modelos de IA especializados para analizar y comprender este tipo de obras. Estos modelos podrían entrenarse en una amplia variedad de ejemplos de arte contemporáneo para desarrollar una comprensión profunda de las características clave y los estilos asociados con este campo.
3. Recopilación de datos: Se requiere una extensa base de datos que contenga información sobre obras de arte contemporáneo efímero e intangible, incluyendo descripciones detalladas, imágenes y metadatos relevantes. Estos datos serían fundamentales para entrenar y validar los modelos de IA.
4. Consideración del contexto y la interpretación humana: Aunque la IA puede proporcionar análisis objetivos basados en datos, la interpretación y comprensión del arte contemporáneo a menudo requiere un entendimiento más profundo del contexto cultural, histórico y conceptual. Por lo tanto, sería importante complementar el análisis de IA con la experiencia y el juicio humano de expertos en arte contemporáneo.
5. Adaptación a la naturaleza efímera e intangible del arte: Dado que muchas obras de arte contemporáneo efímero e intangible no existen en forma física o tienen una duración limitada, el proceso de peritaje con IA puede requerir la capacidad de analizar documentación visual, testimonios de testigos, registros de eventos y otros materiales para comprender y evaluar la obra en su contexto.
6. Evaluación de la relevancia y el impacto cultural: Además de evaluar la calidad estética y técnica de una obra de arte, el peritaje con IA también podría incluir la evaluación de su relevancia cultural y su impacto en la sociedad contemporánea. Esto podría implicar el análisis de la recepción crítica, la participación del público y la influencia en el discurso artístico más amplio.

El peritaje con IA de obras de arte contemporáneo efímero e intangible requeriría un enfoque multidisciplinario que combine la tecnología de IA con la experiencia humana en arte y cultura. Si bien la IA puede proporcionar herramientas poderosas para analizar y comprender estas obras, sigue siendo fundamental la perspectiva y el juicio crítico de los expertos en el campo del arte contemporáneo.

1.1. CARACTERÍSTICAS DEL ARTE CONTEMPORÁNEO ACTUAL QUE AFECTAN A SU PERITAJE

A continuación, vamos a enunciar algunas de las notas que son parte de la idiosincrasia de estas manifestaciones y que intervienen de forma directa en su valoración y en su clasificación:

En primer lugar, la propia multiplicidad de formatos, duraciones, registros y otras pautas propias de qué es una obra de arte, se encuentran en la base de lo que significa poder establecer una estimación sobre el valor de las piezas de arte contemporáneo.

En segundo lugar, se debe atender a un caso particular, que cada vez se encuentra más extendido en las piezas de arte contemporáneo que se trata de las manifestaciones relacionadas con las artes vivas y todas aquellas de carácter efímero que tienen una duración acotada en el tiempo y de las que nos quedan residuos y algunos vestigios en forma de fotografía, video, espacio sonoro y otros rastros de que sucedió.

En tercer lugar, y siguiendo lo establecido en el punto dos, nos vamos a encontrar con una problemática específica, aquella que se deriva de la conservación cuando no existen soportes físicos.

Lo vemos con un ejemplo: Si tenemos una obra de arte que se establece como performance con un tiempo y espacio limitados, que haya sido registrada en vídeo y con fotografías digitales, estamos eliminando cualquier tipo de soporte físico de la misma, por lo que la conservación, en este caso trata de archivos, es decir, no tiene por qué haber ninguna conservación que ocupe ni un tiempo ni un espacio limitados, tal y como sí sucedía hasta que se ha trabajado de forma exclusiva con vídeo y fotografía analógica, donde el residuo que quedaba, era un poso físico, que

sí generaba una conservación específica y ante la que estábamos en condiciones de posibilidad de generar una tasación por la misma.

Del modelo de análisis de manifestaciones artísticas contemporáneas basado en parámetros teatrales^[3], se extrae la idea de poder generar una serie de condiciones de posibilidad para la clasificación de manifestaciones culturales que nos permita estar en la situación de poder establecer rasgos que, a su vez, generen convenciones para su tasación y peritaje.

En cualquier caso, siempre estará sujeto a las fluctuaciones del mercado del arte y la demanda que este proponga a artistas y coleccionistas.

Antes de terminar debemos apuntar dos reflexiones que nos permiten seguir pensando en un futuro sobre la valoración de piezas de arte contemporáneo y los nuevos formatos que se están utilizando en nuestros días:

Por un lado, el hecho de que instituciones como la Biblioteca Nacional Española está generando un archivo para acoger un patrimonio digital inmenso que posee nuestro país y que requerirá de programas específicos para su conservación y valoración.

Y, por otro lado, la realidad a la que estamos asistiendo en el mundo del cómic, donde al empezar a crearse directamente en digital, se pierde el original, tal y como lo hemos concebido hasta ahora. Este hecho afecta directamente a su valor y a los mecanismos que intervienen en su peritaje y puesta a la venta en el mercado.

El arte contemporáneo y sus diferentes formatos suponen un reto a la hora de su peritaje. En este capítulo nos proponemos abarcar las características principales de algunas de las manifestaciones artísticas más comunes como pueden ser las propuestas artísticas creadas *ad hoc* como las obras *site-specific*, las piezas de arte efímero, las obras de arte urbano o algunas experiencias que presentan proyectos de carácter temporal, como sucede en el caso de la performance y el arte transmedia.

Una vez expuesta su idiosincrasia nos centraremos en el análisis de algunos estudios de caso con el fin de ocuparnos de una metodología que permite estructurar soluciones plausibles para el peritaje de estas obras de arte con sus peculiaridades y especificidades. Veremos los casos de

éxito y con especial incidencia en contemplar las prácticas que han funcionado hasta ahora.

Por último, estableceremos unas conclusiones que relacionan directamente la conservación y restauración de esta tipología de piezas con la influencia de su peritaje y posicionamiento en el Mercado del Arte actual.

Una de las características principales del arte contemporáneo que va a tener su origen en los nuevos formatos que surgen a mediados del siglo XX es la multiplicidad y el carácter efímero de muchas de las mismas.

Primeramente, debemos remitirnos al propio hecho de coleccionar y fijar la atención sobre el aspecto que engloba él atesorar como punto de partida para el inicio de una colección. Dentro del valor de una pieza existen varios aspectos que es importante atender:

Por un lado, el valor material que se relaciona directamente con lo físico y que da cuenta de lo que puede ser pagado por los materiales de los que está compuesta la pieza en cuestión. Tradicionalmente este ha sido uno de los factores que más peso ha tenido a la hora de valorar una obra para su puesta a la venta. A este valor material debe unirse el valor simbólico, que es aquel que dota de especial atención una pieza de arte e imprime el carácter del artista en el bien. Podríamos decir que este segundo parámetro es el que hace llamar a un objeto, más allá del valor de sus materiales, como arte.

Por último, podemos hablar del valor de la experiencia, del propio hecho de comprar una pieza a todo aquello que de espectáculo adquiere el arte y que ha ido cambiando de modelo según ha ido evolucionando la Historia del Arte. El modelo tradicional ha unido el valor de la experiencia del arte a la contemplación de la obra. En el siglo XX nos encontramos con experiencias que pasan por la participación del público y del comprador como parte de la pieza. Y hoy, que estamos en un momento, el actual, en el que ya no es, como veremos en los estudios de caso, el artista el que propone un concepto acotado y cerrado que nosotros como público contemplamos, o un evento del que nosotros participamos, si no que se sitúa a ese espectador en el centro de la pieza convirtiéndolo en un eje más de la creación de la obra de arte. La obra no existe si este espectador no es parte activa y creadora de la pieza de arte.

Cuando tenemos algo físico que conservar, todo valor es justificable y depende de fluctuaciones del Mercado del Arte, pero adjunto a certificaciones, podemos mostrar ese valor material que comentábamos antes, cuando en realidad, la verdadera obra de arte es siempre la experiencia, no el residuo material, un cuadro es en sí mismo la obra de arte, pero el valor de considerarlo como tal, es el que se produce por esa contemplación, esa participación o esa creación del espectador.

En los años sesenta del pasado siglo XX nos encontramos con formatos como la performance, el fluxus o los happenings. Son obras de arte en directo. Son efímeras. Lo que queda es el residuo: una fotografía, un vídeo, que son testimonios de lo que ocurrió mientras producía la obra de arte. Por tanto, estamos ante la documentación de un suceso, no ante el suceso en sí mismo. No nos encontramos ante la obra de arte, sino ante el vestigio que queda de ella.

Pero ¿qué ocurre cuando pagamos la entrada de una obra de teatro o un concierto? Son formatos de otras disciplinas artísticas que están más cercanas a la idea de experiencia por su idiosincrasia, que el arte plástico o visual.

El Mercado del Arte tiene otros mecanismos diferentes, porque se juega con la idea de ser un ejemplar único o como mucho parte de una composición seriada y limitada. No se contempla la repetición que se programa en las artes vivas, porque las piezas de arte están ahí.

A lo largo del capítulo vamos a ver algunas de las situaciones de nuestra contemporaneidad como las obras experienciales de Tino Sehgal, el juego para los visitantes del MACBA de Dora García, la montaña de caramelos de Félix González-Torres, fresas en descomposición en La Casa Encendida de Madrid de una exposición de Generaciones o Banksy y el graffiti como parte del mercado del arte, pervirtiendo las reglas tradicionales de funcionamiento de este.

¿Qué está ocurriendo con el formato de cómic? Que, al crearse las tablas en digital, ya no hay originales como tales, porque los archivos funcionan de otro modo, y por lo tanto se pierde una parte del coleccionismo, unido a lo material, que consiste en conservar originales o primeras ediciones. Con los *bits* esta situación cambia y cuanto menos debe repensarse. No nos referimos a los NFTs, ni otras derivaciones de

arte intangible digital o que existe en la nube, si no a la evolución de todos esos formatos artísticos del siglo XX y de la obra de artistas que han evolucionado sus lenguajes con las nuevas situaciones a las que se enfrenta su arte.

Cuando se empieza a considerar el video como un formato para ser expuesto en una sala de exhibición, estamos ante vídeoartes que, en cualquier caso, se conservan en un soporte físico: un pendrive o un DVD. Pero hoy en día estos soportes están empezando a desaparecer y lo que compramos, conservamos, exhibimos, y que por tanto tasamos, no son más que *bits*, un conjunto de ceros y unos que están en la nube, ¿puede algo así comprarse, venderse o ser susceptible de ser valorado en euros?

A continuación, vamos a enunciar algunas de las notas que son parte de la idiosincrasia de estas manifestaciones y que intervienen de forma directa en su valoración y en su clasificación.

En primer lugar, la propia multiplicidad de formatos, duraciones, registros y otras pautas propias de qué es una obra de arte, se encuentran en la base de lo que significa poder establecer una estimación sobre el valor de las piezas de arte contemporáneo.

En segundo lugar, se debe atender a un caso particular, que cada vez se encuentra más extendido en las piezas de arte contemporáneo que se trata de las manifestaciones relacionadas con las artes vivas y todas aquellas de carácter efímero que tienen una duración acotada en el tiempo y de las que nos quedan residuos y algunos vestigios en forma de fotografía, video, espacio sonoro y otros rastros de que sucedió.

En tercer lugar, y siguiendo lo establecido en el punto dos, nos vamos a encontrar con una problemática específica, aquella que se deriva de la conservación cuando no existen soportes físicos.

Lo vemos con un ejemplo: Si tenemos una obra de arte que se establece como performance con un tiempo y espacio limitados, que haya sido registrada en vídeo y con fotografías digitales, estamos eliminando cualquier tipo de soporte físico de la misma, por lo que la conservación, en este caso trata de archivos, es decir, no tiene por qué haber ninguna conservación que ocupe ni un tiempo ni un espacio limitados, tal y como sí

sucedía hasta que se ha trabajado de forma exclusiva con vídeo y fotografía analógica, donde el residuo que quedaba, era un poso físico, que sí generaba una conservación específica y ante la que estábamos en condiciones de posibilidad de generar una tasación por la misma.

Del modelo de análisis de manifestaciones artísticas contemporáneas basado en parámetros teatrales, se extrae la idea de poder generar una serie de condiciones de posibilidad para la clasificación de manifestaciones culturales que nos permita estar en la situación de poder establecer rasgos que, a su vez, generen convenciones para su tasación y peritaje.

En cualquier caso, siempre estará sujeto a las fluctuaciones del mercado del arte y la demanda que este proponga a artistas y coleccionistas.

Antes de terminar debemos apuntar dos reflexiones que nos permiten seguir pensando en un futuro sobre la valoración de piezas de arte contemporáneo y los nuevos formatos que se están utilizando en nuestros días:

Por un lado, el hecho de que instituciones como la Biblioteca Nacional Española está generando un archivo para acoger un patrimonio digital inmenso que posee nuestro país y que requerirá de programas específicos para su conservación y valoración.

Y, por otro lado, la realidad a la que estamos asistiendo en el mundo del cómic, donde al empezar a crearse directamente en digital, se pierde el original, tal y como lo hemos concebido hasta ahora. Este hecho afecta directamente a su valor y a los mecanismos que intervienen en su peritaje y puesta a la venta en el mercado.

2. OBJETIVOS

A continuación, vamos a exponer los objetivos de la investigación:

1. Evaluar la eficacia de los algoritmos de IA en la identificación y análisis de obras de arte contemporáneo efímero e intangible: Este objetivo se centra en determinar en qué medida los algoritmos de IA pueden ser útiles para identificar y comprender obras de arte que poseen características efímeras e

- intangibles, como instalaciones interactivas, arte digital, performances y obras conceptuales.
2. Explorar la capacidad de la IA para interpretar el contexto cultural y conceptual de las obras de arte contemporáneo: Aquí, el enfoque está en comprender hasta qué punto la IA puede comprender y contextualizar adecuadamente las obras de arte en términos de su relevancia cultural, sus influencias y su contribución al discurso artístico contemporáneo.
 3. Analizar la viabilidad de la IA para proporcionar criterios de evaluación objetiva y subjetiva: Este objetivo se centra en determinar si los algoritmos de IA pueden proporcionar criterios de evaluación objetiva y subjetiva que sean consistentes con las prácticas de evaluación establecidas por expertos en arte contemporáneo.
 4. Investigar la complementariedad entre la IA y la experticia humana en el peritaje de arte contemporáneo efímero e intangible: Aquí, se busca comprender cómo la IA puede complementar y mejorar la capacidad de los expertos humanos en la evaluación de obras de arte contemporáneo que poseen características efímeras e intangibles.
 5. Explorar las implicaciones éticas y culturales del uso de la IA en el peritaje de arte contemporáneo: Este objetivo se centra en examinar las implicaciones éticas y culturales de utilizar la IA en el proceso de peritaje de obras de arte, especialmente en lo que respecta a la preservación del valor artístico, la diversidad cultural y la autonomía creativa.
 6. Proporcionar recomendaciones para la implementación ética y efectiva de la IA en el peritaje de arte contemporáneo: Este objetivo busca ofrecer orientación práctica sobre cómo utilizar la IA de manera ética y efectiva en el peritaje de obras de arte contemporáneo, incluyendo sugerencias para la recopilación y el procesamiento de datos, el diseño de algoritmos y modelos de IA, y la integración de la experticia humana en el proceso de evaluación.

Estos objetivos proporcionan un marco para investigar y abordar los desafíos y oportunidades asociados con el uso de la IA en el peritaje de obras de arte contemporáneo efímero e intangible.

3. METODOLOGÍA

Desde una perspectiva de género, el peritaje con inteligencia artificial de obras de arte contemporáneo de carácter efímero e intangible puede explorar cómo las obras creadas por artistas femeninas contemporáneas son evaluadas, reconocidas y valoradas en comparación con las obras de artistas masculinos. Aquí hay algunos aspectos clave a considerar:

1. Equidad en la representación y reconocimiento: La IA en el peritaje de arte contemporáneo podría ayudar a identificar y abordar posibles sesgos de género en la representación y el reconocimiento de artistas femeninas. Esto podría implicar el análisis de patrones de exhibición, la asignación de premios, y la atención mediática hacia obras de arte efímero e intangible creadas por mujeres en comparación con las de sus colegas masculinos.
2. Exploración de temas y narrativas feministas: Las obras de arte contemporáneo efímero e intangible creadas por artistas femeninas a menudo exploran temas relacionados con la identidad de género, la sexualidad, la maternidad, el cuerpo y el patriarcado. La IA podría ayudar a identificar y analizar estas narrativas feministas, así como su impacto en el discurso artístico y cultural contemporáneo.
3. Análisis de la percepción del valor artístico: Desde una perspectiva de género, el peritaje con IA podría examinar cómo se percibe y valora el trabajo de las artistas femeninas en comparación con el de sus homólogos masculinos. Esto podría incluir la evaluación de factores como la calidad estética, la originalidad, la innovación técnica, y la relevancia cultural de las obras de arte efímero e intangible.
4. Consideración de las barreras y desafíos para las artistas femeninas: La IA en el peritaje de arte contemporáneo también

podría ayudar a identificar y abordar las barreras y desafíos específicos que enfrentan las artistas femeninas en el campo del arte efímero e intangible, como la falta de visibilidad, la discriminación de género, y la desigualdad de oportunidades de exposición y financiamiento.

5. Promoción de la diversidad y la inclusión: El peritaje con IA podría contribuir a promover la diversidad y la inclusión en el campo del arte contemporáneo al reconocer y valorar la contribución de artistas femeninas a través de la identificación y promoción de su trabajo en exposiciones, galerías y colecciones.

En resumen, desde una perspectiva de género, el peritaje con inteligencia artificial de obras de arte contemporáneo de carácter efímero e intangible puede ayudar a abordar y mitigar posibles sesgos y desigualdades en la representación, reconocimiento y valoración del trabajo de artistas femeninas en el campo del arte contemporáneo.

4. RESULTADOS

Los resultados de una investigación sobre el peritaje con inteligencia artificial de obras de arte contemporáneo de carácter efímero e intangible podrían variar dependiendo de los objetivos específicos y del enfoque metodológico utilizado. Aquí hay algunos posibles resultados que podrían surgir de esta investigación:

1. Eficacia de los algoritmos de IA: Los resultados muestran la eficacia de los algoritmos de IA en la identificación y análisis de obras de arte contemporáneo efímero e intangible, demostrando su capacidad para reconocer patrones, características estilísticas y temas comunes dentro de este tipo de arte.
2. Interpretación del contexto cultural y conceptual: La investigación revela hasta qué punto la IA puede interpretar adecuadamente el contexto cultural y conceptual de las obras de arte contemporáneo, destacando sus influencias, conexiones con movimientos artísticos y relevancia dentro del discurso artístico más amplio.

3. Criterios de evaluación proporcionados por la IA: Los resultados muestran que la IA puede proporcionar criterios de evaluación objetiva y subjetiva consistentes con las prácticas de evaluación establecidas por expertos en arte contemporáneo, lo que podría ayudar a mejorar la objetividad y la consistencia en el proceso de peritaje.
4. Complementariedad entre la IA y la experticia humana: La investigación revela cómo la IA puede complementar y mejorar la capacidad de los expertos humanos en el peritaje de obras de arte contemporáneo efímero e intangible, destacando cómo la combinación de análisis automatizado y juicio humano puede producir evaluaciones más completas y precisas.
5. Implicaciones éticas y culturales: Los resultados pueden identificar las implicaciones éticas y culturales del uso de la IA en el peritaje de arte contemporáneo, destacando cuestiones como la preservación del valor artístico, la diversidad cultural, la representación equitativa de género y la autonomía creativa de los artistas.
6. Recomendaciones prácticas: Basándose en los resultados obtenidos, la investigación proporciona recomendaciones prácticas para la implementación ética y efectiva de la IA en el peritaje de arte contemporáneo, ofreciendo orientación sobre cómo integrar la tecnología de manera responsable y aprovechar sus beneficios potenciales mientras se mitigan los posibles riesgos y desafíos.

En conjunto, los resultados de la investigación proporcionan una comprensión más profunda de cómo la IA puede ser utilizada de manera efectiva en el peritaje de obras de arte contemporáneo efímero e intangible, así como las implicaciones que esto puede tener para el campo del arte y la cultura en general.

5. DISCUSIÓN

Aludimos a las problemáticas en el peritaje de arte contemporáneo con estudios de caso. Son muchas las cuestiones que requieren atención con

respecto al arte contemporáneo y su peritaje. En los estudios de caso que presentamos en este capítulo veremos con Tino Sehgal: el hecho de que no haya materialidad hasta sus últimas consecuencias, ni siquiera en los contratos para su adquisición. O González-Torres: La obra “infinita” y sus permeabilidades al hablar de reproducibilidad y no de originales cuyo valor sea material. Y Banksy entendiendo la destrucción como acto creativo y transformador. El artista y sus manifestaciones están fuera de toda lógica de conservación y sigue sus propias dinámicas en el arte contemporáneo. Pensemos la performance subastada de Abramovic dentro de lo que se va a denominar realidad mixta. Estos son los estudios de caso que suponen nuevos retos para el peritaje en la actualidad y que recogemos en el capítulo.

6. CONCLUSIONES

Llegamos a las conclusiones de este capítulo quizás con más preguntas abiertas que al principio. Pero es cierto que hemos conseguido ofrecer una panorámica de la situación actual con respecto a las dificultades y situaciones por las que está atravesando la historia del peritaje. Al mismo tiempo hemos podido realizar una reseña de algunos de los artistas clave de los cambios y giros que está teniendo el mercado y los formatos del arte contemporáneo. Por último, queremos establecer algunas conclusiones a esta investigación, así como trazar posibles futuras líneas de investigación en este campo.

Pero antes señalaremos la particularidad de las piezas trasmedia, el auge del cómic en el mercado del arte y la relevancia que han adquirido los videojuegos dentro de la ecuación del patrimonio.

Las obras de arte transmedia, que buscan lo que ya pretendían con la obra de arte total en la ópera, pero que trasciende el formato clásico de obra de arte, fuera de los límites físicos de la misma.

Marshall McLuhan ya dijo a mediados de los setenta que “el medio es el mensaje” y Bourriaud hablaba en los años noventa sobre el arte relacional o Baudrillard alude a la cultura del simulacro

En enero de 2022 aparece la noticia de un récord a tenor de una venta que registrará un nuevo hito. Se compra la página número 25 de “Secret Wars”, de 1984. Se han pagado casi tres millones de euros por ella. Y es que, tal y como señala Ballester (2018: 104) “el cómic ha conseguido perfeccionar su lenguaje comunicativo y expresivo, así como su temática; ganando en prestigio y abriéndose paso en el panorama cultural contemporáneo”.

Los videojuegos encuentran su espacio entre manuscritos e incunables. La Biblioteca Nacional abre el archivo en el que ha comenzado a almacenar algunos de los títulos que hoy forman parte de la historia de los juegos electrónicos en España. El diario El País en su edición del 03/04/2021 señala que “Lo electrónico y lo digital como nuevos formatos del patrimonio que han de ser conservados”.

Siguiendo a Delgado (2019) podemos establecer la existencia de una serie de parámetros tradicionales que nos permiten establecer de forma correcta la pericia de una pieza. Estos son la antigüedad y la historia de una obra, en primer lugar. En este caso, con las manifestaciones a las que hemos aludido, nos damos cuenta de que podemos hablar de historia si nos referimos a la espectacularización, a ese “halo” que rodea la pieza y su evolución, en cualquiera de los casos citados, pero que, de ninguna forma, se adscribe a un concepto tradicional de este parámetro.

Por otro lado, unido a esa idea de espectáculo, podemos enlazar el valor cultural que, una vez más, no va a ser entendido desde un modelo de pericia tradicional, pero que, reintentando el concepto, sí se próxima a ser un valor cultural en sí mismo.

En cuanto a técnicas, materiales y formatos, ya hemos desarrollado a lo largo del capítulo, la innovación que este tipo de prácticas suponen. Así como lo intangible y las transiciones por las que pasan cada una de las piezas de arte contemporáneo analizadas.

En relación con el estado de conservación también observamos un punto conflictivo con respecto al concepto tradicional de conservación. En algunos casos observamos deconstrucciones y destrucciones que son parte del proceso creativo.

En el caso de la validación y firmas, observamos que no es uno de los parámetros importantes a la hora de evaluar el valor de una pieza en el arte contemporáneo, ya que no siempre existe esta de forma tangible.

Para las críticas recibidas, sí que podemos observar que se trata de uno de los parámetros a tener muy en cuenta. En muchas ocasiones, la unión de la pieza a su espectacularización es la clave para poder entender el valor aparentemente desorbitado de la misma. Elementos como el misterio, la propia experiencia vivida junto o en la pieza por parte del espectador o la repercusión que pueda tener la transformación de la obra, se convierten en parte fundamental del trabajo de peritaje para establecer su valor.

Las reglas del juego para el peritaje de esta tipología, tan difícil de agrupar, de piezas de arte contemporáneo, están definidas por el mercado y las decisiones artísticas de sus creadores.

Podemos observar que los cambios que se suceden a lo largo de la historia a nivel social y cultural son determinantes para los que se producen en la definición de arte.

Los cambios producidos en los marcos socioculturales también son responsables de esa redefinición. En algunos casos, el arte contemporáneo apela a una instrumentalización del objeto, haciendo visible su vertiente más práctica, que no resta ni un ápice de su posible valor simbólico o experiencial.

Por último, señalamos que es una nota característica la diferencia que existe en el arte contemporáneo y que refuerza el concepto de valor cultural, la diferencia que se establece entre piezas que siguen una narración y la que lo hacen con un concepto. Las primeras buscan generar una acción que acaba siendo el eje de la historia que desean transmitir. Mientras que las secundan trabajo en torno a una palabra o una idea más o menos abstracta. Siguiendo a Morón de Castro, esta clasificación nos permite entender los dos modelos contemporáneos que refuerzan la valoración de las piezas hoy en día.

7. REFERENCIAS

- Delgado, M. T. (2019). Arte, participación y comunidad: " El Campo de Cebada" como ejercicio de intervención crítica en el espacio público.
- Cunchillos, A. R. (2017). Coleccionando arte contemporáneo japonés en España: El caso de Alfonso González-Calero. *Mirai. Estudios Japoneses*, (1), 317-331.
- Guzmán, D. A. (2021) Expertizaje, peritaje y tasación. La problemática de la conservación-restauración en el ecosistema del mercado español del arte contemporáneo.
- Delgado, L. (2019). El Peritaje de obras de arte. Tirant Lo Blanch.
- Giménez, L. G. (2003). Museos de arte contemporáneo y galerías de arte. Centros de exposiciones temporales. *Museo: Revista de la Asociación Profesional de Museólogos de España*, (8), 159-165.
- Martínez Caulín, P. (2013). ¿ Público yo?, ¡ público tú! vs ¡ Público ya!, ¿ Público tú[3] [4]? [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Valencia] <https://riunet.upv.es/handle/10251/27946>
- Moureau, N., Zenou, B. (2014). El capital social, el arte contemporáneo y las carreras. *Redes. Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 25(2), 106-124.
- Morón de Castro, M. F. (2003). Valoración y tasación de obras de arte. *Cuadernos de los Amigos de los Museos de Osuna*, 2, 65-70.
- Rodera Martínez, P. (2015). Lo posmoderno y sus símbolos en la escena de lo cotidiano: Matadero Madrid, escenario teatral de la cultura, [Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid].

INCONSISTENCIAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL ANÁLISIS SINTÁCTICO DE EXPRESIONES DE BÚSQUEDA PARA EL MARKETING CULTURAL

JORGE SERRANO-COBOS

Universitat Politècnica de València

ÁNGELES CALDUCH LOSA

Universitat Politècnica de València

CRISTINA I. FONT JULIÁN

Universitat Politècnica de València

JOSÉ-ANTONIO ONTALBA-RUIPÉREZ

Universitat Politècnica de València

1. INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial Generativa ha irrumpido en pleno siglo XXI como un cambio de paradigma que trastoca muy diversos aspectos de la sociedad actual. Abanderada por la herramienta ChatGPT (OpenAI, 2022), es una tecnología que amenaza con sustituir muy distintos perfiles laborales, especialmente dentro de sectores tecnológicos o que emplean la tecnología de forma intensiva, entre otros, el de las industrias culturales.

Sus posibilidades son inmensas, máxime si se considera el hecho de que su aparición en una versión suficientemente madura como para generar impacto tecnológico es el equivalente al descubrimiento del fuego por parte del ser humano. El camino hacia adelante es portentoso, por lo que en estos momentos sólo alcanzamos a vislumbrar algunas de sus más inmediatas aplicaciones (Reuters, 2023).

Pero parte de ese camino necesita de experimentos y aprendizaje, en el que técnicos, especialistas, científicos y público en general aporten sus puntos de vista para seguir mejorando sus prestaciones. Es preciso entender las limitaciones de este tipo de Inteligencia Artificial, para no

dar pie a usos indiscriminados, manipulaciones o efectos indeseados (Singhal y Kalra, 2021).

Es en este contexto en el que se ha desarrollado un experimento, para conocer de primera mano las posibilidades de la Inteligencia Artificial en el análisis científico, en particular, en el análisis lingüístico.

2. OBJETIVO

Determinar, a través de un análisis de contenido, la consistencia o inconsistencia, y de ahí la utilidad objetiva, del uso de la Inteligencia Artificial Generativa como herramienta para el análisis lingüístico de expresiones de búsqueda en motores de búsqueda, como parte de estudios de mercado, en concreto del análisis de demanda de información que pudiera servir como base para el diseño de una campaña de marketing cultural en el sector de industrias culturales, en concreto para el sector del libro, la edición y/o la lectura.

3. METODOLOGÍA

Diversos autores han testado la herramienta ChatGPT en distintos marcos de trabajo. Autores como Hanna y Levic (2023), realizan un estudio para detectar alucinaciones (“hallucinations” en la literatura analizada) que son respuestas de la herramienta en las que crea material objetivamente erróneo, engañoso o falso. En otros casos, se evalúa su capacidad para trabajar con datos (Laskar et. al., 2023) Martínez et. al. (2023) estudian la cantidad y variedad de palabras con las que puede trabajar ChatGPT. Haider (2023) estudia si esta herramienta se puede expresar de forma adecuada con los humanos, y en ese sentido, realiza una aproximación a uno de los posibles problemas que se podrían detectar en la evaluación del presente artículo, si el modelo de expresión del análisis realizado por el sistema es pertinente. Pero una cosa es estudiar cómo se expresa la herramienta ante las consultas de un ser humano, y otra cómo analiza o “entiende” un texto, lo que estudian Kuo, et. al. (2023) al analizar grandes modelos de lenguaje, su comprensión del lenguaje formal, y sus habilidades de razonamiento complejo, investigaciones que han sido muy valiosas para establecer un punto de partida para el

siguiente estudio. No se ha detectado sin embargo, ningún análisis de la forma en que ChatGPT realiza un análisis sintáctico en castellano, y mucho menos comparando las respuestas entre cuentas distintas, para comprender el grado de estabilidad en las respuestas, y por tanto, si esta Inteligencia Artificial Generativa genera o aplica una lógica interna homogénea en sus respuestas.

Como ejemplo de la aplicación de ChatGPT al análisis sintáctico en el análisis de demanda de información de usuarios potenciales de literatura, en el marco de prácticas de marketing digital en el sector de industrias culturales, se ha extraído de *Google Keywords Planner* un listado de palabras clave o frases de búsqueda de entre las relativas a “El Principito”, una obra clásica de la literatura mundial. Ese listado de frases explicita las necesidades de un público potencial para una editorial, un autor, una librería, una biblioteca, o cualquiera interesado en obtener posicionamiento en buscadores para ese tipo de demanda comercial / cultural (Serrano-Cobos, 2019).

Del listado inicial, formado por 521 expresiones o frases de búsqueda, se extrajeron aleatoriamente 44 frases. Esto fue debido a que ChatGPT sólo permitía realizar consultas de forma gratuita a ese conjunto, pues más allá de ese número, cortaba la respuesta.

A partir del mismo, se ha elaborado un *prompt* para pedir a la Inteligencia Artificial Generativa de ChatGPT, en su versión gratuita, que realice un análisis lingüístico, en concreto un análisis sintáctico, de cada frase. El mismo *prompt* se ha pedido desde 4 cuatro cuentas diferentes, y se han comparado los resultados. Dos de las cuatro cuentas realizaron sus consultas en ordenadores distintos, pero bajo la misma IP general de la Universidad. Las otras dos, desde otras cuentas; pero, además, desde distintas IPs.

El *prompt* (orden en lenguaje natural) que se utilizó para pedir a la herramienta el análisis sintáctico fue el siguiente: “Aquí te paso una lista de frases. Transfórmala en una tabla con dos columnas. En la columna de la izquierda pon las frases. Para cada frase, a su derecha, en la columna de la derecha, realiza un análisis sintáctico de la frase. Aquí está la lista:”

A partir de ahí, ChatGPT ofreció una respuesta en el que las expresiones de búsqueda se situaban a la izquierda, y los análisis sintácticos de esa frase se alojaban a su derecha, tal y como se había pedido. Para cada consulta se trasladó la respuesta a una tabla comparativa, para la que cada frase de búsqueda se usaba como vínculo de comparación.

De resultas, los modelos A y B generaron el mismo resultado exacto, a saber:

- análisis literario del principito: Sustantivo (análisis) + Adjetivo (literario) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)
- análisis del cuento del principito: Sustantivo (análisis) + Preposición (del) + Sustantivo (cuento) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)
- árbol que aparece en el principito: Sustantivo (árbol) + Pronombre relativo (que) + Verbo (aparece) + Preposición (en) + Artículo (el) + Sustantivo (principito)
- autor del principito biografía: Sustantivo (autor) + Preposición (del) + Sustantivo (principito) + Sustantivo (biografía)
- bibliografía del libro el principito: Sustantivo (bibliografía) + Preposición (del) + Sustantivo (libro) + Artículo (el) + Sustantivo (principito)
- biografía del autor del principito: Sustantivo (biografía) + Preposición (del) + Sustantivo (autor) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)
- características del principito: Sustantivo (características) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)
- cuento del principito completo: Sustantivo (cuento) + Preposición (del) + Sustantivo (principito) + Adjetivo (completo)
- cuento del principito resumido: Sustantivo (cuento) + Preposición (del) + Sustantivo (principito) + Adjetivo (resumido)

- descargar el libro del principito: Verbo (descargar) + Artículo (el) + Sustantivo (libro) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)
- descargar película el principito: Verbo (descargar) + Sustantivo (película) + Artículo (el) + Sustantivo (principito)
- diálogo del principito y el zorro: Sustantivo (diálogo) + Preposición (del) + Sustantivo (principito) + Conjunción (y) + Artículo (el) + Sustantivo (zorro)
- el principito argumento: Artículo (el) + Sustantivo (principito) + Sustantivo (argumento)
- el principito cuento completo: Artículo (el) + Sustantivo (principito) + Sustantivo (cuento) + Adjetivo (completo)
- el principito descargar: Artículo (el) + Sustantivo (principito) + Verbo (descargar)
- el principito dibujos para colorear: Artículo (el) + Sustantivo (principito) + Sustantivo (dibujos) + Preposición (para) + Verbo (colorear)
- el principito domesticar: Artículo (el) + Sustantivo (principito) + Verbo (domesticar)
- el principito la película descargar: Artículo (el) + Sustantivo (principito) + Artículo (la) + Sustantivo (película) + Verbo (descargar)
- el principito libro completo: Artículo (el) + Sustantivo (principito) + Sustantivo (libro) + Adjetivo (completo)
- el principito película: Artículo (el) + Sustantivo (principito) + Sustantivo (película)
- el principito resumen breve: Artículo (el) + Sustantivo (principito) + Sustantivo (resumen) + Adjetivo (breve)

- ensayo del principito por capítulos: Sustantivo (ensayo) + Preposición (del) + Sustantivo (principito) + Preposición (por) + Sustantivo (capítulos)
- ensayo el principito: Sustantivo (ensayo) + Artículo (el) + Sustantivo (principito)
- ficha bibliográfica del principito: Sustantivo (ficha) + Adjetivo (bibliográfica) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)
- frases del principito libro: Sustantivo (frases) + Preposición (del) + Sustantivo (principito) + Sustantivo (libro)
- idea principal del principito: Sustantivo (idea) + Adjetivo (principal) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)
- la biografía del autor del principito: Artículo (la) + Sustantivo (biografía) + Preposición (del) + Sustantivo (autor) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)
- leer el principito gratis: Verbo (leer) + Artículo (el) + Sustantivo (principito) + Adjetivo (gratis)
- libro completo del principito: Sustantivo (libro) + Adjetivo (completo) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)
- libro el principito completo: Sustantivo (libro) + Artículo (el) + Sustantivo (principito) + Adjetivo (completo)
- personajes del cuento el principito: Sustantivo (personajes) + Preposición (del) + Sustantivo (cuento) + Artículo (el) + Sustantivo (principito)
- personajes principales del principito: Sustantivo (personajes) + Adjetivo (principales) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)
- personajes secundarios del principito: Sustantivo (personajes) + Adjetivo (secundarios) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)

- principito: Sustantivo (principito)
- principito libro completo: Sustantivo (principito) + Sustantivo (libro) + Adjetivo (completo)
- principito saint exupéry: Sustantivo (principito) + Sustantivo (libro) + Adjetivo (completo)
- qué árbol aparece en el principito: Pronombre interrogativo (qué) + Sustantivo (árbol) + Verbo (aparece) + Preposición (en) + Artículo (el) + Sustantivo (principito)
- quién escribió el principito: Pronombre interrogativo (quién) + Verbo (escribió) + Artículo (el) + Sustantivo (principito)
- reseña crítica del principito: Sustantivo (reseña) + Adjetivo (crítica) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)
- reseña del libro del principito: Sustantivo (reseña) + Preposición (del) + Sustantivo (libro) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)
- resumen corto del principito: Sustantivo (resumen) + Adjetivo (corto) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)
- resumen del principito por capítulos: Sustantivo (resumen) + Preposición (del) + Sustantivo (principito) + Preposición (por) + Sustantivo (capítulos)
- sinopsis del principito: Sustantivo (sinopsis) + Preposición (del) + Sustantivo (principito)

En el modelo C, se emplea un formato de salida distinto, donde se distingue entre “sujeto”, “predicado” y “complemento”:

- análisis literario del principito: Sujeto: análisis literario / Predicado: del principito / Complemento: -
- análisis del cuento del principito: Sujeto: análisis / Predicado: del cuento / Complemento: del principito

- árbol que aparece en el principito: Sujeto: árbol / Predicado: aparece / Complemento: que / Complemento: en el principito
- autor del principito biografía: Sujeto: autor / Predicado: biografía / Complemento: del principito
- bibliografía del libro el principito: Sujeto: bibliografía / Predicado: del libro / Complemento: el principito
- biografía del autor del principito: Sujeto: biografía / Predicado: del autor / Complemento: del principito
- características del principito: Sujeto: características / Predicado: del principito / Complemento: -
- cuento del principito completo: Sujeto: cuento / Predicado: del principito / Complemento: completo
- cuento del principito resumido: Sujeto: cuento / Predicado: del principito / Complemento: resumido
- descargar el libro del principito: Sujeto: - / Predicado: descargar / Complemento: el libro / Complemento: del principito
- descargar película el principito: Sujeto: - / Predicado: descargar / Complemento: película / Complemento: el principito
- diálogo del principito y el zorro: Sujeto: diálogo / Predicado: del principito y el zorro / Complemento: -
- el principito argumento: Sujeto: argumento / Predicado: de el principito / Complemento: -
- el principito cuento completo: Sujeto: cuento / Predicado: de el principito / Complemento: completo
- el principito descargar: Sujeto: - / Predicado: descargar / Complemento: el principito
- el principito dibujos para colorear: Sujeto: dibujos / Predicado: para colorear / Complemento: de el principito

- el principito domesticar: Sujeto: - / Predicado: domesticar / Complemento: el principito
- el principito la película descargar: Sujeto: - / Predicado: descargar / Complemento: la película / Complemento: el principito
- el principito libro completo: Sujeto: libro / Predicado: completo / Complemento: de el principito
- el principito película: Sujeto: - / Predicado: película / Complemento: de el principito
- el principito resumen breve: Sujeto: resumen / Predicado: breve / Complemento: de el principito
- ensayo del principito por capítulos: Sujeto: ensayo / Predicado: de el principito por capítulos / Complemento: -
- ensayo el principito: Sujeto: ensayo / Predicado: de el principito / Complemento: -
- ficha bibliográfica del principito: Sujeto: ficha / Predicado: bibliográfica / Complemento: de el principito
- frases del principito libro: Sujeto: frases / Predicado: de el principito / Complemento: libro
- idea principal del principito: Sujeto: idea principal / Predicado: de el principito / Complemento: -
- la biografía del autor del principito: Sujeto: biografía / Predicado: de el autor / Complemento: del principito
- leer el principito gratis: Sujeto: - / Predicado: leer / Complemento: el principito / Complemento: gratis
- libro completo del principito: Sujeto: libro / Predicado: completo / Complemento: del principito
- libro el principito completo: Sujeto: libro / Predicado: completo / Complemento: de el principito

- personajes del cuento el principito: Sujeto: personajes / Predicado: del cuento / Complemento: el principito
- personajes principales del principito: Sujeto: personajes principales / Predicado: de el principito / Complemento: -
- personajes secundarios del principito: Sujeto: personajes secundarios / Predicado: de el principito / Complemento: -
- principito: Sujeto: principito / Predicado: - / Complemento: -
- principito libro completo: Sujeto: principito / Predicado: libro completo / Complemento: -
- principito saint exupéry: Sujeto: principito / Predicado: saint exupéry / Complemento: -
- qué árbol aparece en el principito: Sujeto: qué árbol / Predicado: aparece / Complemento: en el principito
- quién escribió el principito: Sujeto: quién / Predicado: escribió / Complemento: el principito
- reseña crítica del principito: Sujeto: reseña crítica / Predicado: de el principito / Complemento: -
- reseña del libro del principito: Sujeto: reseña / Predicado: del libro / Complemento: de el principito
- resumen corto del principito: Sujeto: resumen corto / Predicado: de el principito / Complemento: -
- resumen del principito por capítulos: Sujeto: resumen / Predicado: de el principito por capítulos / Complemento: -
- sinopsis del principito: Sujeto: sinopsis / Predicado: de el principito / Complemento: -

Finalmente, en el modelo D, el análisis se centra en clasificar palabras o conjuntos de ellas, entre “sujeto” y “complemento”:

- análisis literario del principito: Sujeto: análisis literario
Complemento: del principito
- análisis del cuento del principito: Sujeto: análisis del cuento
Complemento: del principito
- árbol que aparece en el principito: Sujeto: árbol Complemento:
que aparece en el principito
- autor del principito biografía: Sujeto: autor del principito
Complemento: biografía
- bibliografía del libro el principito: Sujeto: bibliografía
Complemento: del libro el principito
- biografía del autor del principito: Sujeto: biografía Complemento:
del autor del principito
- características del principito: Sujeto: características Complemento:
del principito
- cuento del principito completo: Sujeto: cuento del principito
Complemento: completo
- cuento del principito resumido: Sujeto: cuento del principito
Complemento: resumido
- descargar el libro del principito: Sujeto: descargar Complemento:
el libro del principito
- descargar película el principito: Sujeto: descargar película
Complemento: el principito
- diálogo del principito y el zorro: Sujeto: diálogo Comple-
mento: del principito y el zorro
- el principito argumento: Sujeto: el principito Complemento:
argumento
- el principito cuento completo: Sujeto: el principito cuento
Complemento: completo

- el principito descargar: Sujeto: el principito Complemento: descargar
- el principito dibujos para colorear: Sujeto: el principito dibujos Complemento: para colorear
- el principito domesticar: Sujeto: el principito Complemento: domesticar
- el principito la película descargar: Sujeto: el principito la película Complemento: descargar
- el principito libro completo: Sujeto: el principito libro Complemento: completo
- el principito película: Sujeto: el principito Complemento: película
- el principito resumen breve: Sujeto: el principito resumen Complemento: breve
- ensayo del principito por capítulos: Sujeto: ensayo del principito Complemento: por capítulos
- ensayo el principito: Sujeto: ensayo Complemento: el principito
- ficha bibliográfica del principito: Sujeto: ficha bibliográfica Complemento: del principito
- frases del principito libro: Sujeto: frases del principito Complemento: libro
- idea principal del principito: Sujeto: idea principal Complemento: del principito
- la biografía del autor del principito: Sujeto: la biografía Complemento: del autor del principito
- leer el principito gratis: Sujeto: leer Complemento: el principito gratis
- libro completo del principito: Sujeto: libro completo Complemento: del principito

- libro el principito completo: Sujeto: libro el principito Complemento: completo
- personajes del cuento el principito: Sujeto: personajes del cuento Complemento: el principito
- personajes principales del principito: Sujeto: personajes principales Complemento: del principito
- personajes secundarios del principito: Sujeto: personajes secundarios Complemento: del principito
- principito: Sujeto: principito
- principito libro completo: Sujeto: principito libro Complemento: completo
- principito saint exupéry: Sujeto: principito saint exupéry
- qué árbol aparece en el principito: Sujeto: qué árbol Complemento: aparece en el principito
- quién escribió el principito: Sujeto: quién Complemento: escribió el principito
- reseña crítica del principito: Sujeto: reseña crítica Complemento: del principito
- reseña del libro del principito: Sujeto: reseña del libro Complemento: del principito
- resumen corto del principito: Sujeto: resumen corto Complemento: del principito
- resumen del principito por capítulos: Sujeto: resumen del principito Complemento: por capítulos
- sinopsis del principito: Sujeto: sinopsis Complemento: del principito

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ChatGPT muestra distintos formatos de salida para las mismas preguntas en diferentes cuentas y sesiones. Es más, incluso cuando se compara frase a frase según el mismo sistema o formato de salida, muestra respuestas distintas para cada cuenta, y en un porcentaje significativo, genera análisis erróneos, al ser evaluados por humanos ante la luz de las normas gramaticales en español actual.

Así, si comparamos los cuatro formatos o modelos de salida, podemos observar cuáles son iguales, distintos o parecidos:

TABLA 1. Comparativa entre pares de modelos de análisis sintáctico de ChatGPT desde cuentas distintas.

| AyB | AyC | AyD | ByC | ByD | CyD |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
| MISMO | DISTINTO | DISTINTO | DISTINTO | DISTINTO | PARECIDO |

Los modelos A y B fueron idénticos, realizados desde cuentas distintas cuentas de usuario, pero usando ordenadores que estaban en la misma red de la universidad. Sin embargo, los modelos C y D, realizados desde cuentas diferentes, pero además, desde ordenadores que operaban bajo IPs distintas, muestran otro tipo de modelo de análisis, parecido pero no exactamente igual, y completamente distinto al modelo usado por A y B.

TABLA 2. Comparativa de modelos de análisis sintáctico de ChatGPT desde cuentas distintas (ejemplo)

| Frase a analizar | Análisis Sintáctico A | Análisis Sintáctico B | Análisis Sintáctico de C | Análisis Sintáctico D |
|-----------------------------------|--|--|---|--|
| análisis literario del principito | Sustantivo (análisis) + Adjetivo (literario) + Preposición (del) + Sustantivo (principito) | Sustantivo (análisis) + Adjetivo (literario) + Preposición (del) + Sustantivo (principito) | Sujeto: análisis literario / Predicado: del principito / Complemento: - | Sujeto: análisis literario Complemento: del principito |

Como se puede comprobar, el modelo usado en A y B es idéntico, donde la herramienta clasifica palabra a palabra si es “sustantivo”, “adjetivo”, “preposición”, etc. En cambio, en los modelos C y D, el formato de respuesta clasifica ciertas palabras, dentro de la frase, como “sujeto”, como “predicado” y como “complemento”, en el modelo C, y sólo como “sujeto” o como “complemento”, en el modelo D. Por tanto, son modelos parecidos, en tanto que no utilizan la jerga “sustantivo”, “adjetivo”, etc., sino “sujeto”, “complemento”, etc. Pero mientras en C sí se usan los tres aspectos, en el modelo D sólo se usa “sujeto” y “complemento”.

De hecho, como se puede comprobar en la tabla 3, en los casos C y D el sistema clasifica de forma diferente a cada elemento, donde sólo coincide la asignación de “sujeto” a la palabra “principito”, mientras que el resto de palabras devienen asignaciones diferentes.

TABLA 3. Comparativa de análisis sintáctico de ChatGPT entre los modelos C y D (ejemplo).

| Frase a analizar | Análisis Sintáctico C | Análisis Sintáctico D |
|---------------------------|---|---|
| principito libro completo | Sujeto: principito / Predicado: libro completo / Complemento: - | Sujeto: principito libro Complemento: completo |

Por otro lado, ninguno de los modelos de análisis sintáctico está realmente bien realizado, si lo comparamos con el que nos puede ofrecer una herramienta de análisis sintáctico que no use inteligencia artificial, pero se ha comprobado manualmente la coherencia interna de los análisis.

En este sentido, los modelos A y B, como se señalaba era idénticos, y en ambos casos la coherencia interna ha sido del 100%. Cada palabra era asignada correctamente a su rol dentro del modelo, bien fuera “sustantivo”, “adjetivo”, etc.

En el caso de los modelos C y D, la homogeneidad y acierto han sido dispares, siendo del 27% en el modelo C, y del 5% en el modelo D. Una vez más, hay que decir que estos porcentajes se obtienen de observar en qué medida eran fieles a su lógica interna. En el caso del modelo C, de nuevo el análisis es incorrecto en general o incompleto, porque el sistema diferencia entre “predicado” y “complemento”, donde en

realidad, un “complemento” estaría inserto dentro de “predicado”. En el caso del modelo D, no contempla el uso del “predicado”.

En cualquier caso, en ambos modelos el comportamiento ha sido bastante errático, y denota que ChatGPT sabe hacer bien tareas más sencillas como identificar clases para palabras sueltas (clasificar “del” como “preposición”, o “literario” como “adjetivo”, pero no trabajar con constructos más complicados, analizando con una lógica basada en conocimiento complejo anterior. Para mostrar cómo la forma de trabajar de una Inteligencia Artificial Generativa tiene más de “generativa” que de “inteligencia”, se le pidió que definiera “sujeto”, “predicado” y “complemento”, lo que hizo sin problemas. Además, ofreció un ejemplo bien desarrollado de una frase compleja en la que el sistema mostraba la diferencia entre “predicado” y “complemento”, y que el segundo era una parte del primero.

De hecho, su respuesta incluye esta explicación, que parecería mostrar que ChatGPT sabe realizar un análisis sintáctico completo:

“Por ejemplo, en la oración "Juan le da un libro a María en la biblioteca", el sujeto es "Juan", el predicado es "le da un libro a María en la biblioteca", el complemento directo es "un libro", el complemento indirecto es "a María", y el complemento circunstancial es "en la biblioteca". En resumen, el sujeto y el predicado son las dos partes principales de la oración, mientras que el complemento es una parte que completa la información proporcionada por el verbo, el adjetivo o el sustantivo en la oración.”

Sin embargo, como se ha visto, esta explicación no se ve reflejada en la adquisición de una lógica interna que pueda emplear para generar análisis completos, sino sólo detectar correctamente la asignación de palabras sueltas a clases o categorías gramaticales, lo que coincide con investigaciones anteriores (Ronan y Schneider, 2023; Ankerstein, 2024). ChatGPT, en su versión gratuita y al menos en 2024, no acumula o no aplica este tipo de conocimiento complejo.

5. CONCLUSIONES

ChatGPT, en su versión gratuita, no es una herramienta útil en 2024, por inconsistente, para realizar análisis sintácticos, de corpus lingüísticos en español. A lo sumo se puede utilizar para ahorrar tiempo en el

análisis, generar un patrón de análisis, y verificar manualmente cada salida o respuesta del sistema. Asimismo, puede ser útil para trabajar con estudios palabra a palabra. Pero la IA generativa no está pensada para analizar en sí, sino para generar un contenido que, en ocasiones, es incorrecto, donde la inteligencia rellena los huecos por probabilidad de aparición, lo que se denomina en la literatura, una “alucinación”.

La Inteligencia Artificial Generativa supone una disrupción en muy distintos sectores, incluidas las industrias culturales. Pero muestra inconsistencias entre respuestas, tanto en cuanto a modelos de respuesta, como a la lógica expresada. Sus respuestas demuestran que no “entiende” lo que hace y no genera constructos a partir de conocimiento complejo interconectado, sino por probabilidad y entrenamiento concretos.

Por tanto, aunque es muy útil y su potencial presente y futuro es evidente, tiene limitaciones que deben ser entendidas, para no emplearse como un oráculo con acierto total, sin supervisión humana, sino como una herramienta a la que hay que dar instrucciones muy claras y concretas. Su uso debe ser tomado con prudencia para realizar este tipo de estudios, aunque pueda ayudar a acortar tiempos de desarrollo.

7. REFERENCIAS

- Ankerstein, C. A. (2024). A machine that still doesn't quite understand us: Putting ChatGPT to the test. *English Today*, 1-9.
doi:10.1017/S0266078423000433
- Haider, H. (2023). Is Chat-GPT a grammatically competent informant?. Manuscrito. Salzburg University. url: <https://lingbuzz.net/lingbuzz/007285>.
- Hanna, E. y Levic, A. (2023). Comparative Analysis of Language Models: hallucinations in ChatGPT: Prompt Study. [Trabajo de Fin de Grado, Linneus University]. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:lnu:diva-121267>
- Kuo, M. T., Hsueh, C. C., y Tsai, R. T. H. (2023). Large Language Models on the Chessboard: A Study on ChatGPT's Formal Language Comprehension and Complex Reasoning Skills. arXiv preprint arXiv:2308.15118.
- Laskar, M. T. R., Bari, M. S., Rahman, M., Bhuiyan, M. A. H., Joty, S., y Huang, J. X. (2023). A systematic study and comprehensive evaluation of ChatGPT on benchmark datasets. arXiv preprint arXiv:2305.18486.

- Martínez, G., Conde, J., Reviriego, P., Merino-Gómez, E., Hernández, J. A., y Lombardi, F. (2023). How many words does ChatGPT know? The answer is ChatWords. arXiv preprint arXiv:2309.16777.
- OpenAI (2022). ChatGPT: Optimizing Language Models for Dialogue. <https://openai.com/blog/ChatGPT>
- Reuters (2023). ChatGPT sets record for fastest-growing user base. <https://shorturl.at/kuyQX>
- Ronan, P. y Schneider, G. (2023). Can Chat GPT solve a Linguistics Exam?. arXiv preprint arXiv:2311.02499.
- Serrano-Cobos, J. (2019). Hábitos de recuperación de información en motores de búsqueda sobre lectura, libro y bibliotecas en España (2004 – 2016). [Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza]. <https://zaguan.unizar.es/record/83967>
- Singhal S. y Kalra BS. (2021). Publication ethics: Role and responsibility of authors. *Indian J Gastroenterol.* 40(1):65–71. <https://doi.org/10.1007/s12664-020-01129-5>

TRANSFORMACIONES EMPRESARIALES EN LAS INDUSTRIAS CULTURALES Y CREATIVAS POR LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

SILVIA MARIA GONZÁLEZ FERNÁNDEZ
Universidad de Oviedo

1. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) está revolucionando la forma en que vivimos y trabajamos, abarcando desde la gestión de la salud hasta la composición musical, el diseño creativo y la segmentación de audiencias. Su impacto se extiende por toda la sociedad, transformando la manera en que interactuamos con nuestro entorno. La IA automatiza tareas repetitivas y mejora la productividad en el trabajo. ¿Puede la IA ayudarnos a potenciar nuestra creatividad y a realizar tareas que nos resulten más satisfactorias?

Las industrias creativas y la inteligencia artificial son dos áreas en constante crecimiento que han comenzado a converger en los últimos años. La inteligencia artificial se refiere al desarrollo de sistemas y tecnologías que pueden realizar tareas que normalmente requerirían la intervención humana, como reconocimiento de voz, traducción automática, análisis de datos, entre otros. Las ICCs se caracterizan porque incluyen una alta diversidad de subsectores incluyendo las actividades culturales tangibles e intangibles, diseño, arquitectura, museos, artes escénicas, música, software, etc... Según Eurostat las ICCs emplearon a más de 7,7 millones de personas en el 2022 (3,8%) del empleo en donde la innovación y la originalidad son fundamentales. En este contexto, la integración de la inteligencia artificial dentro de las industrias creativas tiene el potencial de transformar la forma en que se producen y consumen los productos y servicios creativos, generando nuevas oportunidades y desafíos (Comisión Europea, 2022). El formato de las ICCs se ha visto modificado con la IA y cada vez más rápido producen un impacto

en la cadena de valor, desde la creación hasta la distribución. Hay algunos sectores de las ICCs que son más fáciles de digitalizar (aquellos relacionados con los audiovisuales, los videojuegos, la comunicación...). Sin embargo, las artes escénicas o el patrimonio son algo más complejo y no tan fácil de adoptar tecnologías aplicadas.

1.1. EXPLORANDO EL CONCEPTO DE LAS INDUSTRIAS CREATIVAS Y LA IA

La IA ha desarrollado velozmente los dispositivos electrónicos. Desde comprender textos y leerlos en voz alta, hasta escuchar y responder con dispositivos como Siri o Alexa. La IA también ha precedido a reconocer objetos y analizar imágenes, además de desarrollar nuevos sistemas predictivos que ayudan a tomar mejores decisiones. La IA ayuda a resolver problemas complejos de la sociedad, es decir retos sociales con el fin de progresar en la sociedad. La creatividad a menudo es una competencia que considerar en este nuevo escenario donde se construyen hipótesis que hasta ahora no se habían planteado (Clark, et al., 2018).

La colaboración inteligente humano-máquina genera nuevas sinergias y ayuda a ser más eficientes. Las investigaciones en torno a la IA han aumentado considerablemente en los últimos 5 años, sobre todo en algunos países como Taiwán en la que destacan el uso de la IA para aplicaciones relacionadas con el juego, la publicidad o el marketing.

El concepto de las industrias creativas se refiere a aquellos sectores económicos que se basan principalmente en la creatividad, la originalidad y el talento humano. Estos sectores abarcan actividades como la producción cinematográfica y televisiva, la música, el diseño gráfico, la publicidad y el arte en general. Por otro lado, la inteligencia artificial se refiere al desarrollo de tecnologías que pueden simular el funcionamiento del cerebro humano para realizar tareas cognitivas complejas. La integración de la inteligencia artificial en las industrias creativas busca potenciar la creatividad y la eficiencia en la producción de contenidos, así como ofrecer nuevas experiencias y servicios a los consumidores.

Un diálogo entre la investigación científica y la práctica artística está generando múltiples perspectivas y ambas deben ser dirigidas en una sola dirección.

La IA puede fomentar la creación de contenidos en productos culturales, mejorar la calidad del desarrollo de productos, transformar la producción y ampliar los canales de comercialización. En segundo lugar, la innovación de la tecnología en las industrias creativas y su impacto en el desarrollo industrias es ampliamente debatido. La investigación indica que la ciencia del comportamiento está en auge utilizando aproximaciones interdisciplinarias de investigación al comportamiento de la IA y su impacto en la sociedad. Desde la perspectiva de la IA para mejorar la calidad y la eficiencia, se relaciona con los aspectos institucionales como el funcionamiento ordenado y eficiente, perfeccionamiento del sistema industrial para garantizar la posición de las industrias culturales de alta calidad. Habría que alentar a todo tipo de empresas culturales a explotar sus fortalezas, y participar en la división del trabajo y la cooperación de las industrias culturales internacionales (Yutong & Son, 2022).

1.2. APLICACIONES Y CASOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS INDUSTRIAS CREATIVAS

La digitalización e Internet todavía tienen que conseguir un cambio profundo en el que el camino musical es consumido, porque comienzan al final del usuario a acceder virtualmente a cualquier contenido en unos pocos minutos. En esta línea, el valor agregado de vender música y proveer grabaciones en una tienda para vender discos personalizados ha pasado a ofrecer recomendaciones personalizadas a los usuarios. Por esta razón, los sistemas de recomendación se convirtieron en una actividad central para las empresas como Spotify, Amazon, Apple... Los enfoques técnicos para este propósito han modificado métodos y son objeto de una floreciente actividad de investigación (NEM, 2019).

1.2.1. Beneficios de la inteligencia artificial en las industrias creativas

La integración de la inteligencia artificial en las industrias creativas ofrece numerosos beneficios. En primer lugar, la inteligencia artificial permite automatizar tareas repetitivas y tediosas, liberando tiempo y recursos para que los profesionales creativos se enfoquen en actividades más creativas y estratégicas. Además, la inteligencia artificial tiene

la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos y ofrecer insights y recomendaciones que pueden ayudar a los creativos a tomar decisiones más informadas. También se ha demostrado que la inteligencia artificial puede potenciar la creatividad humana al ofrecer nuevas herramientas y técnicas para la generación de ideas y la producción de contenidos.

El objetivo del informe NEM (2019) es identificar las principales áreas donde la IA está influyendo y proponiendo nuevas direcciones. Se centra en tres ejes fundamentales: Creación, producción y consumo/difusión. La creación se refiere a la construcción de nuevo contenido realizado por cualquier usuario. Puede ser desde un diseñador de videojuegos, hasta un diseñador de sonidos. La producción se refiere a la forma en que se editan los contenidos para su implementación. Esto puede ser un editor o un productor musical. Con respecto al consumo, se refiere a la interacción que el usuario final tiene con el contenido. Es decir, las recomendaciones, las sugerencias de música o de películas (NEM, 2019).

La creación de contenidos es una actividad que es propia de los artistas y diseñadores. Las historias y las narrativas respaldan muchas formas de creatividad que se encuentran presentes en el arte, los juegos, la ficción y otras formas de entretenimiento. Existen libros y guiones de cine que ya han sido escritos por IA íntegramente. (Justesen et al. 2020). La animación no solo es importante dentro de la industria del cine, sino que también juega un papel importante en los juegos y otras industrias del entretenimiento. Las tecnologías permiten que los usuarios puedan no solo seleccionar el contenido, sino que también pueden cocrearlo e interactuar con él. La IA se ha asociado desde un inicio con la práctica artística y la creatividad humana. Se ha demostrado como la IA estimula los sentidos y mejora las habilidades a través de aplicaciones de audio, imagen, video y juegos. Las aplicaciones creativas se pueden estructurar en varias categorías que incluyen: creación de contenido, análisis de información, flujos de trabajo, postproducción de contenido, extracción y mejora de la información y flujos de trabajo (Anantrasirichai & Bull, 2022).

2. OBJETIVOS

Nuestra hipótesis de partida sería conocer cómo la IA nos ayuda a ser más eficientes y mejorar la calidad de vida de nuestra vida, en nuestro tiempo de ocio a través de las ICCs.

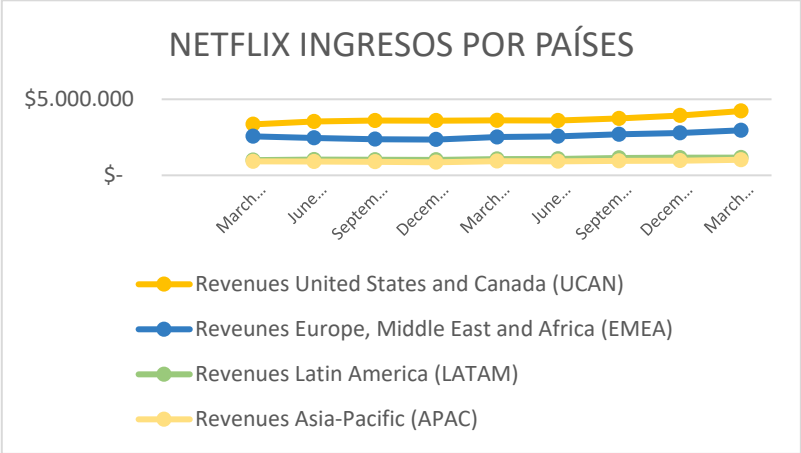
3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada ha sido un análisis de fuentes bibliográficas en diferentes plataformas científicas, como Scopus, research gate, Wiley o Web of Science. También se han utilizado varios informes de la Unión Europea que hacen referencia a las industrias creativas. Sin embargo, nos basamos en la descripción de varios casos de éxito de empresas de las ICCs que han implementado la IA en sus empresas. Hay ciertos autores que mantienen que los estudios de casos tienen ciertos sesgos subjetivos (Diamond, 1996). En todo caso, el sesgo hacia la verificación es general y ofrecen al investigador una visión amplia, aunque menos rigurosa que otros métodos (Platt, 1992). “La ventaja del estudio de casos es que pueden acercarse a situaciones de la vida real y comprobar ideas en relación directa con el fenómeno a medida que se desarrolla en la práctica” (Flyvbjerg, 2004:50).

3.1. SECTOR DEL CINE Y LA TELEVISIÓN

NETFLIX: Netflix es una empresa americana líder en el sector del entretenimiento. Tiene una plantilla actual de más de 15.000 empleados (Netflix Jobs, 2024). Utiliza la IA para analizar datos de los consumidores a través de algoritmos que recomiendan contenido personalizando a los usuarios e intenta fidelizarlos mejorando la satisfacción gracias al rastreo de sus gustos e identificar tendencias de consumo. Los usuarios interactúan en una plataforma y Netflix realiza un rastreo a través de la interfaz. Los resultados de Netflix y la rentabilidad de la empresa han aumentado considerablemente gracias a la IA y al estudio de datos de manera estratégica con el fin de ampliar la audiencia y aumentar el número de suscriptores, llegando a alcanzar 270 millones de miembros (Netflix, 2024).

GRÁFICO 1. Netflix



Fuente: Elaboración propia a través de Netflix.com (2024)

El gráfico muestra la evolución de los ingresos de Netflix por el número de suscriptores por países y desde el año 2022 hasta el año 2024. EE. UU. y Canadá comienzan con 3,350.424 millones de dólares en marzo de 2022. Ese mismo año se mantiene estable y se incrementa alcanzando 3.601.565 millones en marzo del 2023 y la rentabilidad sigue creciendo hasta alcanzar 4.224.315 millones en marzo del 2024. Con respecto a Europa, Medio Oriente y África (EMEA) se inicia en marzo del 2022 con 2.561.831 millones de dólares y desciende ligeramente alcanzando 2.350.135 millones en diciembre del 2022. Poco a poco, va aumentando los ingresos hasta alcanzar los 2.958.193 millones en marzo del 2024. América Latina se inicia con 99.948 millones en marzo del 2022 y aumenta en dos años considerablemente hasta alcanzar 1.165.008 millones en marzo del 2024. En Asia Pacífico la situación es similar, existen fluctuaciones menores y hay un crecimiento sostenido pasando de 916.754 millones en marzo del 2022 hasta alcanzar 1.022.924 millones en marzo del 2024.

La tecnología transforma la forma en la que vivimos y consumimos el ocio. La televisión sigue siendo un medio en el que invertimos gran parte del tiempo. Este es uno de los más preferidos por los europeos Hoy en día la televisión es más accesible, disponemos de subtítulos, y

es más inclusiva, ya que respeta más los estándares concernientes. Los doblajes también cobran relevancia, puesto que son un mercado muy amplio, la mayoría de las películas se traducen y generan un importante impacto económico. La IA agiliza esta traducción y permite que los canales de televisión adquieran nuevos clientes extranjeros y fomenta el multilingüismo. Gracias a ello, los contenidos son virales alcanzando grandes audiencias y públicos diversos en diferentes partes del mundo.

3.2. INDUSTRIA MUSICAL

El contenido musical podría ser la materia prima que abra paso a la reutilización del patrimonio intangible, en este caso podrían ser archivos musicales para producir creaciones musicales nuevas y diferentes. Spotify utiliza grandes volúmenes de datos y los procesa para conseguir fidelización y clientes, rastreándolos por preferencias de género musical, historial de reproducción, y segmenta los datos demográficos. Estos datos se tratan para identificar patrones y pautas de comportamiento y poder ofrecer al usuario recomendaciones basadas en sus gustos. Además, Spotify optimiza los procesos gracias a algoritmos de aprendizaje automático como derechos de autor y programación de contenido. La modalidad Premium permite escuchar música almacenada sin conexión a Internet. Spotify ha apostado por la imagen y ha comprado CrowdAlbum donde se pueden compartir vídeos y fotografías (Vuelcate, 2022). En este sentido, la IA ofrece muchas posibilidades a los artistas debido a la creciente y compleja implicación de las interacciones sociales (Caramiaux & Donnarumma).

3.3. DISEÑO Y PUBLICIDAD

Canva es un programa informático que se utiliza en el campo de la educación y la publicidad. Permite crear visualizaciones de datos y crear recursos educativos que permiten dinamizar las clases y realizarlos en equipo de forma asíncrona. Dispone de una amplia y diversa biblioteca de imágenes de stock, gráficos e iconos fáciles de implementar. Canva es un unicornio que ha convertido a dos de sus cofundadores en multimillonarios en el proceso. Recaudó más de 500 millones de dólares e ingresos anuales. En el 2021, Canva dispuso de 55 millones de usuarios

(Birch,2021). Así mismo, Canva sabe la importancia de la IA para su negocio y en el 2023 lanzó una encuesta a través de Morning Consult para conocer cómo la IA estaba transformando el entorno laboral. El 66% de los encuestados especialistas en mercadotecnia y líderes creativos consideraban que la tecnología ya era una parte de las herramientas creativas. La mitad del equipo mencionó que les permitía ahorrar entre 4 y 5 horas a la semana en proyectos creativos (Paredes, 2023).

3.4 PATRIMONIO Y CULTURA

IBM Watson es un programa que puede conversar con el arte. De alguna forma es un producto sustitutivo de las audioguías, y la diferencia es que conversa con el usuario, hay una retroalimentación y una mejora del proceso. En general, las empresas tecnológicas relacionadas con museos y sitios históricos ayudan a divulgar y replicar sitios delicados. Ayudan a llegar a una audiencia más amplia. Además de entretener y enriquecer a los individuos sobre el patrimonio cultural de una forma sostenible y atractiva, permite sensibilizarnos con un respeto mayor hacia la historia, la conservación y la comprensión del patrimonio. La realidad virtual también nos ayudaría a enriquecer la experiencia del usuario. Además, esta contribuye al branding de destinos y ofrece experiencias enriquecidas y dinámicas (Kotsopoulos et al., 2024).

3.4. FUTURO DE LAS INDUSTRIAS CREATIVAS CON LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Desde el punto de vista mercantilista (Lee, 2022), la creatividad es vista como un instrumento capitalista que deja al lado los aspectos laborales de las personas. Desde esta perspectiva, la creatividad se deshumaniza y la trata como una mercancía y las contribuciones se ven oscurecidas por la propiedad industrial. Mientras que con la IA, el concepto de creatividad se ve mermado con la réplica, esta puede llevar a innovaciones en otros campos al crear sinergias entre diversas disciplinas. Esto nos lleva a plantearnos el concepto de la creatividad humana, instándonos a considerar sus rasgos esenciales que van más allá de los aspectos económicos. La creatividad aquí se ve como algo que va a más allá del proceso y del resultado. Los debates en los aspectos de la creación por parte de la IA se centran en quién dispone de los derechos de la

propiedad intelectual (el programador, los creadores de datos, el usuario o el propio programa de la IA). Todo ello se ve sentenciado cuando la calidad de las producciones de la IA se asemeja a la de los humanos y resulta complicado identificarlas. El informe de la Unión Europea “European Media Industry Outlook” afronta retos de la propiedad intelectual para las empresas de los medios de comunicación en Europa. En este contexto, la competencia es muy alta y desde la perspectiva económica se sobrevive en estas profesiones adquiriendo y explotando los derechos de la propiedad intelectual, ya que estos son fundamentales para aumentar los ingresos, invertir y mantener la independencia.

- Desde la perspectiva económica, por un lado, la IA tiene un alto impacto económico en las empresas y en el mercado. En el caso de la industria televisiva y el mercado de la traducción de contenidos y subtítulos, existe una secuencia de subtítulos que restaura el significado del discurso del hablante y adapta las palabras, siendo respetuoso con los estándares éticos de cada país. Además, ofrece una traducción y unos subtítulos libres de errores gramaticales y una alta claridad en el contenido. Las industrias creativas ofrecen una cantidad de recursos que no temen de ser esquilados puesto que son intangibles y no son perecederos, es decir, pueden ser sostenibles en el tiempo, aunque si se pueden quedar obsoletos. El conocimiento es la única herramienta que el ser humano dispone que es sostenible y que no contamina, sin embargo, esta debe ser integral y debe ser administrada de forma responsable. El conocimiento implica una adaptación constante y un manejo de habilidades que nos permiten aprender nuevas formas de producción más sostenibles, y eficientes. La IA se utiliza en el ámbito del cine y sectores culturales como una herramienta que ayuda a ser más productivo, puesto que optimiza el uso de datos de apoyo con fuentes secundarias y documentales. Así mismo, se ha utilizado en los juegos para apoyar el diseño, la toma de decisiones más racionales a través de logaritmos y mejora la interactividad. (Justesen, 2020). La IA también se utiliza en la renderización de objetos y escenas y en la captura

de movimientos en la industria de la animación. Esta no solo se utiliza en la industria cinematográfica, sino que desempeña un papel importante en los videojuegos. La IA permite un mayor alcance y comprensión de las escenas y del espacio, permite eliminar el ruido, los fondos, y actualmente la IA puede modificar todo tipo de contenidos visuales y sonoros de tal forma que no podamos diferenciar tan claramente la realidad de la ficción. Esto hace que se vuelva peligrosa para ciertos colectivos vulnerables como pueden ser ancianos o niños.

4. RESULTADOS

Las industrias creativas han visto un crecimiento en sus inversores privados entre el 2015 y 2020. La pandemia del COVID ha provocado un retroceso en las inversiones de capital privado. La mayor inversión se destinó a videojuegos, seguida de la edición de libros. En los últimos años, se han realizado importantes inversiones para apoyar las ICCs (Comisión Europea, 2022). A pesar de los beneficios que ofrece, la integración de la inteligencia artificial en las industrias creativas también plantea desafíos y consideraciones éticas. Uno de los desafíos es el temor a la sustitución de trabajadores humanos por sistemas automatizados, lo que podría tener un impacto negativo en el empleo en estas industrias. También existe la preocupación por la privacidad y la protección de los datos personales de los consumidores, ya que la inteligencia artificial se basa en el análisis de datos. Otro desafío importante es la necesidad de asegurar que la inteligencia artificial sea imparcial y no fomente estereotipos o discriminación en la producción de contenidos. Además de los anteriores retos, la IA proporciona una realidad creada a partir del entretenimiento. Esto es peligroso en el sentido de que el individuo se aísla del mundo a través de la tecnología, ya sea con videojuegos, móviles o realidad virtual, eximiendo confrontar y solucionar los problemas reales de la vida cotidiana. Las experiencias de ocio son placenteras, ya que se utilizan para la desconexión y relajación de la mente, pero muchas veces los límites de este son sobrepasados, desequilibrando la balanza ocio-trabajo actual. Estos desafíos requieren una cuidadosa reflexión y el desarrollo de marcos éticos y legales que

guíen la integración de la inteligencia artificial en las industrias creativas. Por otro lado, se ha estudiado que la IA nos ayuda a estandarizar tareas y nos ayuda en tareas que consumen mucho tiempo, como puede ser la búsqueda en grandes bases de datos. También se ha visto como la IA ayuda en profesiones visuales a través de herramientas que mejoran el ruido, la coloración, la segmentación, el renderizado, etc.

5. CONCLUSIONES

Las industrias creativas y culturales ofrecen unas posibilidades infinitas en la educación y en las relaciones internacionales. La IA ha mejorado el camino de estas y ha supuesto un avance absoluto en la comodidad y las relaciones humanas. La IA ha actuado como agente catalizador disruptivo proponiendo nuevos sistemas de aprendizaje y de entretenimiento enfocados en el consumidor y fidelizando constantemente con nuevos contenidos adaptados y personalizados. El dilema surge cuando la IA ha provocado saltos cualitativos majestuosos. El futuro de las industrias creativas con IA se ve prometedor y lleno de oportunidades, pero su éxito dependerá de cómo se gestionen estos problemas y tensiones emergentes. Al automatizar tareas repetitivas y analizar grandes volúmenes de datos, la IA libera tiempo y recursos humanos para la creatividad y la innovación, permitiendo que los profesionales se centren en actividades más gratificantes y estratégicas. Este avance promueve la personalización y aumenta la calidad de los productos y servicios creativos, ampliando su alcance a través de nuevos canales de distribución y más accesibles al mercado final con una amplia gama y variedad de productos. Sin embargo, también plantea preocupaciones significativas relacionadas con la ética, el empleo, y la privacidad de datos. Otra de las cuestiones relevantes que plantea el uso de la IA son la necesidad de evitar los sesgos generados por esta. Puede ser que los cribados y los filtrados de información no sean coherentes y estos aspectos requieren de un marco regulatorio extenso y un diálogo amplio entre tecnólogos, creativos y legisladores que garanticen que la IA respete el tejido social y no genere grandes brechas educativas, económicas y culturales. La IA siempre debe de ir de la mano de un humano, supervisando y retroalimentando constantemente. La IA es una

herramienta de aprendizaje colaborativo que ayuda a los humanos en la creatividad, la producción, y a la entrega de contenidos diversos.

6. REFERENCIAS

- Anantrasirichai, N., & Bull, D. (2022). Inteligencia artificial en las industrias creativas: una revisión. **Artificial Intelligence Review, 55**, 589-656. <https://doi.org/10.1007/s10462-021-10039-7>
- Birch, K. (2021, April 29). C-suite spotlight: Melanie Perkins, CEO, Canva. *Forbes*. <https://www.forbes.com>
- Caramiaux, B., & Donnarumma, M. (2021). Artificial intelligence in music and performance: a subjective art-research inquiry. *Handbook of Artificial Intelligence for Music: Foundations, Advanced Approaches, and Developments for Creativity*, 75-95.
- CANVA (2024). Disponible en: www.canva.com
- Clark, G., Hancock, M., Hall, D. W., & Pesenti, J. (2018). Industrial strategy artificial sector deal. London: Department for Digital, Culture, Media & Sport and Department for Business, Energy & Industrial Strategy.
- Comisión Europea (2022). Monitoring the twin transition of industrial ecosystems CULTURAL AND CREATIVE INDUSTRIES Analytical report.
- Diamond, Jared (1996), "The Roots of Radicalism", *The New York Review of Books*, noviembre 14, pp. 4-6
- Flyvberg, Bent. (2004) Cinco malentendidos acerca de la investigación mediante los estudios de caso. 106 (33-62). Abril-Junio. Centro de investigaciones sociológicas.
- Justesen N, Bontrager P, Togelius J, Risi S (2020) Aprendizaje profundo para videojuegos. *Juegos IEEE Trans* 12(1):1-20
- Konrad, A. (2021, April 6). Canva reaches \$15 billion valuation, making cofounders Melanie Perkins and Cliff Obrecht billionaires. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/alexkonrad/2021/04/06/canva-reaches-15-billion-valuation-making-cofounders-melanie-perkins-and-cliff-obrecht-billionaires/>
- Kotsopoulos, K. I., Chourdaki, P., Tsolis, D., Antoniadis, R., Pavlidis, G., & Assimakopoulos, N. (2024). An authoring platform for developing smart apps which elevate cultural heritage experiences: A system dynamics approach in gamification. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 15(15), 1679-1695. <https://doi.org/10.1007/s12652-019-01505-w>

- Lee, H.-K. (2022). Rethinking creativity: Creative industries, AI and everyday creativity. *Media, Culture & Society*, 44(3), 601–612.
<https://doi.org/10.1177/01634437221077009>
- NEM, New European Media (2019). AI in the media and creative industries. Editada por Amato, G., Behrmann, M., Bimbot, F., Caramiaux, B., Falchi, F., Garcia, A., Geurts, J., Gibert, J., Gravier, G., Holken, H., Koenitz, H., Lefebvre, S., Liutkus, A., Lotte, F., Perkis, A., Redondo, R., Turrin, E., Vieville, T., & Vincent, E. (2019).. arXiv.
<https://arxiv.org/abs/1905.04175>
- Netflix Jobs (2024). Recuperado de: <https://jobs.netflix.com/>
- Paredes, L. M. (2023, septiembre 13). Así es como la IA transforma las industrias creativas, según Canva. CE Noticias Financieras, Spanish ed. Miami: ContentEngine LLC, a Florida limited liability company.
- Platt, J. (1992). Case Study in American Methodological Thought, *Current Sociology*, 40 (1):17-48
- Spotify (2024). Disponible en <https://open.spotify.com/intl-es>
- The European Industry Report. (2023). The European Media Outlook. Disponible en The European Media Industry Outlook | Shaping Europe’s digital future (europa.eu)
- Vuelcate (Junio, 22, 2022). La empresa que cambió las reglas de juego de la industria musical: sección cultura, creatividad y sociedad.
<https://bit.ly/4b4AlPa>
- Yutong, L. and Song, P. (2022). Creating sustainable Cultural Industries: The perspective of Artificial Intelligence and Global Value Chain. *Journal of Environmental and Public Health*.
11.<https://doi.org/10.1155/2022/6768388>

LA IA DE RENDIMIENTO ECONÓMICO, ENTRE LA JURIDIFICACIÓN Y LA ETICIDAD

EDUARDO FERNÁNDEZ GARCÍA
Universidad Isabel I

1. INTRODUCCIÓN: HIPERCONECTIVIDAD ECONÓMICA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Un volumen como este posibilita un fluido intercambio de planteamientos sobre investigaciones y reflexiones muy diversas. Así este capítulo se relaciona con la incidencia de la digitalización no tanto en las implicaciones exclusivamente éticas, sino en la confrontación entre estas y su eventual paso a la esfera jurídica.

La novedosa disciplina del Derecho Digital está proponiendo, casi podríamos decir en estos momentos que improvisando dentro del ordenamiento jurídico nacional, algunas soluciones inmediatas y provisionales para afrontar en el corto plazo el carácter disruptivo que tiene la inteligencia artificial (Martín 2022, 3643). Afortunadamente se cuenta ya en estos momentos con la guía del Reglamento europeo recién aprobado (Ruíz y Nicolás 2024; Díaz Senés 2024, 118) y que todavía demorará la puesta en marcha de algunas de sus soluciones tutelares a su plena vigencia a partir del año 2025.

Cabe felicitar ante tan compleja iniciativa al legislador europeo por la decisión de abandonar los más fáciles caminos de las directivas europeas, como ha sucedido en el caso de la ciberseguridad y la resiliencia de datos y sistemas, para abordar una más conveniente defensa de los consumidores y usuarios (Artigot 2022, 129), que a medio plazo seremos todos los que empleamos las redes informáticas, a través de un reglamento de directa aplicación en todos los Estados miembros de la Unión Europea.

Pero faltan todavía algunas cuestiones notables por precisar, habida cuenta de que la realidad social se acompasa más inmediatamente a las innovaciones tecnológicas que la regulación jurídica. Pero además, en este capítulo se pretende incidir en algunas cuestiones que revisten más carácter ético que jurídico y sobre las que no puede hurtarse a la ciudadanía una reflexión pausada en términos de beneficio individual y riesgos constitucionales.

El punto de partida es necesariamente la instauración y generalizada aceptación, entre el convencimiento y la resignación, del nuevo paradigma de la hiperconectividad como contexto relacional de las sociedades abiertas. Dos hechos que inciden particularmente sobre este paradigma: el abaratamiento de costes de las conexiones permanentes sin límites de datos y la incorporación omnicanal de vías de conexión que hasta no hace mucho tiempo requería necesariamente el uso de ordenadores y que ahora se han incorporado progresivamente a apps en teléfonos y relojes inteligentes.

En consecuencia, no es únicamente la conectividad permanente todas las horas del día en todos los días del año, sino también su relación con la multiplicación de los dispositivos de internet de las cosas susceptibles desvincularse informáticamente para la realización de muchas actividades profesionales y domésticas cotidianas, la capacidad no solo de almacenamiento sino también de procesamiento masivo de datos y la más reciente irrupción de la inteligencia artificial la que aconseja modular esta hiper conectividad de forma que no se pongan en riesgo parcelas de privacidad y seguridad a las que los ciudadanos jamás renunciarían en el mundo presencial

¿Qué aconseja abordar esta cuestión en este libro sobre el impacto de la Inteligencia Artificial en las empresas de la economía del conocimiento en un momento en el que precisamente los debates sobre la modificación de los procedimientos de regulación y control de la IA se están intensificando a escala transnacional?

Quizás haya que comenzar por un cierto desconcierto de las opiniones públicas mundiales al respecto de las capacidades que los medios de comunicación transmiten con una amplificación un tanto inexacta, para

comprender que esta no es una cuestión fácil de resolver en la oposición entre posibilidades tecnológicas cada vez más ilimitadas y límites jurídicos cada vez más ineficaces, sino que requiere un consenso ético previo.

Basta recordar que en apenas un año hemos pasado de la petición de moratoria a la expansión de diversos programas de IA a la publicitación de un sinnúmero de programas de software que se dicen asociados a búsquedas y tratamientos informáticos mediante inteligencia artificial.

Es preciso recordar que algunos de los que pidieron Insistentemente una moratoria de la comercialización de programas asequibles a todos los usuarios de IA se encuentran entre quienes la ofrecen hoy. Naturalmente muchos otros de los firmantes de la petición de moratoria estaban genuina y justificadamente preocupados por algunas de las implicaciones más disruptivas de esta tecnología en los usos y costumbres cotidianos de los ciudadanos, incluso de los que ya fueron nativos digitales.

Como siempre que se da un avance tecnológico de difusión súbita, generalizada y disruptiva se plantean riesgos tecnológicos, impactos sociales, dilemas éticos y solamente a posteriori la necesidad de que el Derecho resuelva controversias que pueden, como en este caso, afectar nada menos que a derechos constitucionalmente consagrados de la ciudadanía.

En este momento no puede sino constatarse claramente a nivel global la insuficiencia de la protección jurídica. Incluso tras la aprobación del reglamento europeo, qué ha abordado de urgencia algunas de las cuestiones más preocupantes en el caso de la inteligencia artificial de mayores riesgos, pero no ha tenido ni el sosiego técnico, ni el tiempo legislativo, ni el consenso social ni el acuerdo político para abordar cuestiones más pormenorizadas. Las voces más críticas afirman que en ausencia de soluciones nacionales, el proyecto comunitario parece aún sin rematar y se antoja parcial e incompleto.

A los efectos de este capítulo lo más preocupante es que estos debates tienden a alargarse en el tiempo mientras que la implementación práctica y la puesta a disposición de los usuarios de algunas soluciones de inteligencia artificial está resultando inmediata en el corto plazo, perentoria para unos sectores de población, y explorada por otros sectores económicos aún sin una clara conciencia de los riesgos últimos. Es decir, se

está prolongando el debate político, parlamentario y social cuando a la vez ya se monetiza una IA que puede extraer su información de datos de terceros sin consentimiento, en contra de sus intereses económicos.

¿A qué tipo de IA se alude en este capítulo? Necesariamente el comienzo de las preocupaciones sociales y del debate en algunos países, como puso de manifiesto la inmediata respuesta preventiva del Gobierno italiano, tuvo que ver con la comercialización del Chat GPT 4 de Open AI lanzado en marzo de 2023 y su complejidad mediante una versión premium.

Pero en el momento de editarse este volumen ese ya no es el principal interés o miedo de la opinión pública, sino la multiplicación de los chats especializados mediante un acceso de pago que no terminan de acreditar fehacientemente la trazabilidad de la extracción de los datos que manejan.

Son dos los ejes fundamentales explicativos de este capi. En este mismo libro hay otros ejemplos de capítulos sobre los riesgos e implicaciones éticas de la IA con carácter general. Este se centra en los programas susceptibles de intervenir en el mundo empresarial, bien por ser susceptibles de generar ingresos, bien por incidir en la normal actividad de los mercados regulados.

Unos buenos ejemplos que están ya generando dudas en la economía real es el recurso a programas de inteligencia artificial predictiva en la toma de decisiones sobre compraventas de títulos valores bursátiles (Garrido Arias 2007), en la contratación de trabajadores en el mercado laboral (Carazo 2017, 80; Mercader 2022, 74) o en la determinación de tomadores o la fijación de primas en los seguros (Górriz 2021, 270; Requeijo 2022, 164; Sobrino 2022, 204), sólo por poner tres ejemplos entre muchos posibles.

En consecuencia, el primer eje se refiere a la constatación de que en una sociedad globalizada y caracterizada por la hiperconexión carece de sentido práctico establecer en las relaciones empresariales una isla tecnológica para limitar normativamente el recurso a mecanismos de perfeccionamiento de las transacciones comerciales. Son necesarios esfuerzos explicativos más ambiciosos de adecuación del comportamiento empresarial a normas éticas de conducta ampliamente

aceptadas, más allá de las tan manidas explicaciones del sistema de recompensas y pérdidas en los mercados o de temor frente a una eventual intervención sancionadora de los reguladores. Afortunadamente la economía real transita sobre comportamientos socialmente responsables de las empresas sin tener que recurrir permanentemente a los factores coercitivos para evitar conductas de riesgo con el uso de soluciones de inteligencia artificial.

Pero conviene tomar buena nota de que son necesarios límites expresos ante la incapacidad de autorregulación tecnológica por parte de las empresas del sector, con la finalidad de optimizar las inversiones cuantiosas que requieren los desarrollos de IA. Lo cierto es que se constata fehacientemente la multiplicación de vulnerabilidades que pasan a riesgos y luego a amenazas ciertas en la confluencia de IA con big data e IoT, y en menor medida con blockchains, razón por la cual la protección jurídica no puede demorarse por más tiempo.

El segundo eje se relaciona con la necesidad de refuerzo de las previsiones ordinarias del ordenamiento jurídico que afectan a la IA para ir más allá de los tibios debates sociales que preceden a los procedimientos legislativos, puesto que en este caso nos hallamos ante un debate social previo de trasfondo moral profundo (Sanz 2023, 34). En consecuencia, no sólo tiene implicaciones administrativistas y económicas, sino también penales y, lo que es más relevante, constitucionales, por lo que al afectar a las dimensiones más elevadas del ordenamiento jurídico la necesidad de este intercambio previo de opiniones sobre los límites permisibles a los programas de inteligencia artificial resulta inaplazable.

2. OBJETIVOS: DEFINIR LOS RETOS REGULATORIOS

Siendo este el contexto social inmediato que no solo afecta a España, y ni siquiera a sus estados socios dentro de la Unión Europea, sino que a todas luces es un problema íntimamente inserto en la globalización comunicativa y empresarial, este capítulo propone como objetivo principal subrayar las implicaciones éticas de la implementación disruptiva de potentes herramientas informáticas respecto a las equivalentes relaciones económicas en general, y a las empresariales en particular producidas en

los intercambios presenciales, puesto que se parece absolutamente inadecuado calificar a estos últimos como de economía empresarial real frente a una economía digital que ha ido ganando espacios hasta albergar en algunos sectores terciarios la completa perfección de las transacciones empresariales, como ocurre precisamente con la adquisición y consumo de servicios digitales, como los de disfruten streaming de películas o música, que se agotan enteramente en la contratación, pago y difusión sin salir del ciberespacio, y que por tanto, están sujetos a una mayor vulnerabilidad ante las imperfecciones del Deep learning.

Especialmente cuando se proyectan en el horizonte inmediato algunos debates sobre el alcance y límite de capacidades tecnológicas omnímodas, bien mediante un control por normas jurídicas sustantivas del Derecho Mercantil, bien por normas procesales del Derecho Digital, bien por compromisos éticos.

Subsidiariamente otro objetivo complementario se centra las investigaciones actuales respecto al grado de profundización en el análisis de las implicaciones de la interacción persona-máquina y la autonomía en la automatización Machine Learning.

Por ello este capítulo postula que la reciente puesta en conexión de dos fenómenos tecnológicos como son la inteligencia artificial y la capacidad de tratamiento masivo que proporciona el Big Data suponen posibilidades desconocidas hasta este mismo año, pero en igual medida retos regulatorios extraordinariamente sensibles, en cuanto que pueden resultar afectados derechos fundamentales y principios rectores de la libertad empresarial constitucionalmente garantizados.

Se intuye fácilmente que las empresas que están tratando de desarrollar programas basados en inteligencia artificial tienen poco o nulo interés en normativas regulatorias intervencionistas, y asistimos al enmascaramiento de las cuestiones relativas a la seguridad bajo la advertencia de ralentización o incluso de anulación de nuevas posibilidades tecnológicas. La opinión pública no ha percibido adecuadamente los muchos matices sutiles que se hurtan en este debate, cuando lo que cabe demandar a los desarrolladores es un trabajo compatible con los estándares de

accesibilidad, integridad, privacidad y disponibilidad que ya son exigibles para otras tecnologías recientemente implantadas.

En consecuencia, se está en un debate parcialmente trucado en cuanto que no se plantea en términos de inteligencia artificial sí o no, sino de cuáles deben ser las cautelas jurídicas asociadas a las prevenciones éticas que permitan el máximo desarrollo aceptable de la inteligencia artificial con la menor invasión posible de las esferas de privacidad (Salazar 2023, 178) de los ciudadanos y con la máxima salvaguardia de los derechos económicos de terceros, particularmente en lo que se refiere al respeto integral a los derechos de propiedad industrial e intelectual de materiales que pueden haber sido subidos a la red, incluso sin su consentimiento, y que quedan definitivamente expuestos para la búsqueda automatizada por parte de los programas de inteligencia artificial, en mayor medida en el caso de los de inteligencia artificial generativa que en los de carácter predictivo.

Siendo estos riesgos ciertos en ambos casos, el impacto en términos económicos de pérdida de oportunidad para aquellos que han generado un esfuerzo de investigación y desarrollo o un resultado de carácter intelectual será mayor cuando se utilizan programas de inteligencia artificial basados en modelos de machine learning para la creación de contenido a través de desarrollos generativos que pueden estar tomando sus datos base para luego transformarlos mínimamente sin consentimiento formalizado alguno por parte de sus legítimos titulares.

La proliferación de mecanismos divulgativos de la ciencia en abierto favorece esta práctica predatoria en la recopilación de datos que a diferencia de lo que sucede con los programas de búsqueda y los motores ya conocidos, en los que siempre resulta evidente la fuente última del conocimiento, los resultados ofrecidos por el software de inteligencia artificial generativa de contenidos, ya sean textuales, ya sean sonoros o de imágenes oculta los datos sobre las fuentes. En el mejor de los casos se puede estar incurriendo directamente en un plagio inconsciente al utilizar esos materiales y en el peor pueden estarse vulnerando flagrantemente derechos de propiedad intelectual o industrial, y frente a eso el ordenamiento jurídico no puede quedar inerte ni expectante ante la posibilidad de que se promuevan códigos de buenas prácticas por las propias empresas de

IA. Sobre todo porque desde el punto de vista exclusivamente jurídico se está ante un dilema relativo a la protección de derechos regulados por el ordenamiento jurídico mercantil que no pueden quedar más desamparados ante la recopilación automática hecha por las máquinas de computación que ante la apropiación realizada por personas.

Inmediatamente se percibe que esta cuestión no se resuelve exclusivamente en el ámbito del Derecho Privado, sino que plantea serias implicaciones de Derecho Público, tanto de Derecho Administrativo en lo que se refiere al carácter regulatorio del funcionamiento, inspección y sanción de las conductas que incumplan la normativa europea o nacional, como de Derecho Penal (Romeo 2023, 58) cuando el ilícito adquiere una dimensión tal que ocasiona considerables pérdidas económicas a la empresa titular de la propiedad intelectual o industrial indebida o ilegítimamente utilizada por las máquinas en su aprendizaje. Se intuye ya una laguna de responsabilidad que afecta tanto al derecho sancionador administrativo como penal, puesto que resulta difícil llevar la trazabilidad de la imputación de los resultados hasta las personas que diseñaron los primeros algoritmos de búsqueda, particularmente si estos permiten una parcial mutación en la programación a través de modelos de Deep Learning.

La difícil precisión de la autoría y la participación en el derecho penal ante los ciber delitos es un pálido reflejo de lo que puede suceder a este respecto si no se clarifican taxativamente las conductas ilícitas y el alcance de la responsabilidad en su generación inicial o sucesiva en el aprendizaje de las máquinas.

3. METODOLOGÍA: INTERDISCIPLINARIEDAD Y DERECHOS FUNDAMENTALES

Tal vez sean convenientes unas acotaciones previas brevísimas, de carácter epistémico que condicionan la metodología que se ha seguido en la investigación de esta cuestión hasta el momento presente, y que está llamada a adaptarse a los nuevos parámetros que imponga no tanto la aprobación de la normativa nacional, que previsiblemente seguirá el esquema ya observado de la Ley Orgánica de Protección de Datos de

carácter personal respecto al Reglamento General comunitario, como la aplicación jurisprudencial de las limitaciones a las empresas que desarrollen tecnología de inteligencia artificial con carácter transnacional, particularmente si están radicadas fuera del territorio de la Unión Europea y no tienen por qué atenerse a las prescripciones sustantivas del recién aprobado Reglamento.

En primer lugar, es particularmente relevante en esta materia la delimitación del marco temporal para abordar los cambios de comprensión, abordaje e implementación de procedimientos diferentes de evaluación de la adecuación de la IA generativa, y por lo que se refiere particularmente a la inteligencia artificial predictiva se vuelve extremadamente breve. En todo caso se cifra en el corto plazo, habida cuenta de las necesidades actuales y del ritmo con el que se están desarrollando mecanismos alternativos y especializados de IA. Viendo los desajustes actuales, es esperable que en el tiempo que media entre la implementación de las próximas innovaciones profundas, cuyo lapso se mide en meses, se comience el proceso legislativo en los Estados miembros para perfeccionar el soporte básico de la normativa comunitaria. Una vez más se asistirá a un desacoplamiento entre el corto plazo tecnológico y el considerado corto plazo legislativo.

Para abordar la investigación en los términos fijados en este capítulo resulta imprescindible aceptar una perspectiva de profunda interdisciplinariedad que afecta simultáneamente tres ámbitos diferentes de conocimiento, entendido éste en sentido epistémico y no meramente académico. La interdisciplinariedad ha de partir de las necesidades gnoseológicas propias de cada una de las disciplinas o saberes involucrados: la ingeniería informática, el derecho digital y la ética. Cada una de ellas delimitará el campo máximo de acción y a la vez posibilitará la identificación de un mínimo común de intereses normativos que afectan a esas tres dimensiones tecnológica, jurídica y ética que parecen compartimentos estancos en este momento, cuando deberían estarse produciendo ya puentes que las hicieran inseparables en la finalidad protectora de la acción pública.

No se oculta que la finalidad es aproximarse a un tipo de interdisciplinariedad que posibilite adentrarse con seguridad cibernética y criterio

moralizado, puesto que la tecnología permite ya hacer muchas más cosas de las que las normas jurídicas amparan o la ética aconseja, Todo ello con un trasfondo económico en todos los medios telemáticos disponibles para las empresas, que son ya ingentes sin tener que esperar a la ansiada computación cuántica gracias a la conjunción de inteligencia artificial, blockchain y Big Data.

Así pues, con un planteamiento epistémico interdisciplinar se propone una metodología mixta en la que resultan prevalentes los enfoques cualitativos relacionados con las líneas del pensamiento económico atinentes a la libertad comercial, y una metodología complementaria de exégesis jurídica y análisis crítico del discurso para analizar las argumentaciones en torno al diseño de marcos regulatorios transversales adaptados para relaciones empresariales globalizadas. Suplementariamente se recurre a la metodología contrastiva para la comparación entre países.

Esa metodología interdisciplinar resulta particularmente propicia para desarrollar tres hipótesis de trabajo en la investigación, que se ciñen a la observación empírica actual:

1. En atención a lo observado durante el último año resulta imposible detener la implementación de sistemas de IA de uso generalizado para usuarios poco especializados, por lo que es imprescindible establecer una regulación jurídica
2. Las normas jurídicas sobre IA deben ser transnacionales, ser muy dinámicas, basarse en la experiencia empírica y tener un sustrato ético específicamente orientado hacia la actividad empresarial, con sus exigencias de libertad productiva y comercial dentro de un marco de libre competencia con garantía de la competencia y también del cumplimiento del marco de exigencias jurídicas especializadas por sectores
3. Las exigencias éticas de fondo han de prefigurar un mínimo común de respeto a los derechos humanos, la promoción del desarrollo sostenible y responsable, integridad de los sistemas, confidencialidad de los contenidos sujetos a derechos de propiedad industrial o intelectual y respeto a los derechos constitucionales.

Ahora bien ¿a qué derechos constitucionales podemos referirnos sensatamente cuando las prescripciones por las que se opte se deben aplicar a escala planetaria? Una vez más se constata la ingenua pretensión de suficiencia de las declaraciones internacionales; tomando el ejemplo de lo que se espera sea la primera resolución de la ONU en relación con la inteligencia artificial. Una vez más Naciones Unidas se mueve en el ámbito idealizado de los deseos cuando propone garantizar que esta nueva tecnología sea segura y confiable, sin avanzar en cuáles sean los mecanismos de tal garantía ni los parámetros o estándares de la seguridad a que se refiere. Menos eficaz aún parece que resultará su exigencia de que exista un igual acceso a la inteligencia artificial por parte de los estados y las personas de todo el mundo, en particular de los países en desarrollo. Ni los Estados ni las organizaciones internacionales tienen capacidad para proveer tal acceso universal, como no es generalizado el actual acceso a otras tecnologías informáticas de la comunicación imprescindibles para el desarrollo económico de los sectores comerciales locales, sin que la ONU haya conseguido en absoluto modificar este estado de desequilibrio.

La resolución de la Asamblea General se propone teóricamente contribuir al cierre de la brecha digital entre unos países y otros; parece más bien que la inteligencia artificial la ampliará inexorablemente. Y por añadidura resultará aún más arduo controlar su utilización por organizaciones dedicadas al terrorismo o el crimen organizado. De hecho, ni siquiera ha sido posible garantizar un parámetro mínimo de ciberseguridad frente a la actitud desafiante de algunos Estados que no reconocen ni límites territoriales de los programas de control ni cortapisas a su recurso a la desinformación e incluso a la beligerancia en el ciberespacio. Nada apunta que vaya a suceder cosa contraria en relación con la inteligencia artificial en las relaciones internacionales, pero esto resulta particularmente preocupante en las relaciones económicas transnacionales que pueden alterar la libre competencia de las empresas en condiciones de igual competencia.

Y dado que aquí se apuesta por la manifestación expresa de algunos parámetros éticos, no resulta precisamente un tema menor el de la relación del uso de la inteligencia artificial con el problema de la calidad

de la democracia o la dupla democracia/capitalismo en relación con los sesgos ideológicos de selección de fuentes de la IA.

En estos aspectos se pone de manifiesto, junto con el retraso en la adopción de las normas, la insuficiencia del enfoque exclusivamente jurídico, pero también a la vez el carácter insustituible de las normas positivas.

4. RESULTADOS: DESACOPLAMIENTO TECNOLÓGICO Y RETRASO JURÍDICO

Desde el comienzo de esta reflexión se advierte una cierta desconexión entre la agenda política del legislador y la agenda tecnológica de los desarrolladores informáticos. Esto no sería un problema tan grave como el que resulta en este momento si la primera a su vez no se desacoplara y retrasara también en relación con los problemas que perciben los ciudadanos como consumidores y las empresas como proveedoras de bienes y servicios en las relaciones globalizadas mediante el recurso al comercio electrónico transnacional.

En puridad este apartado no puede resultar muy prolijo porque en este momento no pueden ofrecerse sino los principios regulatorios y soluciones de compromiso del Reglamento comunitario. No es que resulte un avance irrelevante, o que la medida publicitaria de la implantación de agencias regulatorias europea y nacionales haya distraído la atención sobre algunas cuestiones de mayor calado material, sino que en el conjunto de las transacciones efectuadas entre empresas radicadas en Europa y en otros lugares del mundo la obligación erga omnes del Reglamento comunitario se ve enormemente minorada.

Hasta el momento es irregular la atención prestada a las dimensiones tecnológica, ética, jurídica y económica del recurso a la IA de aprovechamiento económico y su implantación empresarial. El decalaje entre los problemas sociales ya observados, la indefinición del marco ético y el retraso en la construcción de ordenamientos jurídicos positivos pone de relieve la necesidad de acelerar el debate social, político y económico sobre la economía de la innovación mediante IA, pero claramente Europa ha perdido la delantera a este respecto y sin que tenga que resignarse a ser un espectador pasivo, sin embargo parece enormemente

difícil que imponga sus criterios y estándares de accesibilidad y seguridad a la comunidad internacional deseosa de sacar partido económico de la inteligencia artificial.

5. DISCUSIÓN: DE LAS ADVERTENCIAS ÉTICAS A LOS LÍMITES JURÍDICOS

A la vista de la observación empírica de los académicos y sobre todo de las advertencias de las organizaciones empresariales y de los agentes sociales, tres son los aspectos centrales en la discusión. El primero de ellos tiene que ver con el impacto de los sesgos automatizados introducidos en la IA de uso económico. Esto se está verificando en este momento sin posibilidad de control y fiscalización público suficiente, bien porque los sistemas jurídico-económicos internacionales permiten que se monetice el acceso al software inteligente globalmente, bien porque admitan su despliegue en alguna etapa de las relaciones comerciales, lo que resulta particularmente delicado al casar oferta y demanda con las implicaciones de ventaja competitiva, libre concurrencia y fijación de precios en un mercado que no tiene asegurada la transparencia de los algoritmos utilizados por la inteligencia artificial predictiva aplicada a las relaciones empresariales.

El segundo aspecto capital se refiere a la fijación de estándares de exigencias éticas por debajo de las capacidades tecnológicas posibles. No existen criterios unánimemente aceptados en torno a lo que sean estas exigencias éticas de mínimos, lo que no se relaciona exclusivamente con la perspectiva ideológica adoptada ante la mayor o menor libertad de mercado, sino también con tradiciones y culturas empresariales, con factores contextuales e históricos que determinan la condición de socios preferentes comerciales y con factores muy coyunturales que tienen que ver con las políticas fiscales y monetarias.

El tercero se vincula con la correlación entre requisitos jurídicos positivos para la protección de derechos fundamentales (datos personales, derechos de propiedad intelectual e industrial, libre competencia) y socialización de los mínimos éticos, que moviéndose en dimensiones

diferentes parecen correr caminos paralelos destinados a no encontrarse en el futuro inmediato.

A los efectos de los debates y discusiones que se avecinan en el corto plazo conviene distinguir entre la controversia de naturaleza ética de fondo, preexistente e insoslayable y las posibilidades de desarrollo jurídico. Conviene apuntar cuáles pueden ser en el futuro inmediato los contenidos de ambos avances.

Por lo que se refiere a los problemas éticos de alcance económico en relación con los usos empresariales activos de la inteligencia artificial debe plantearse genéricamente una dupla de problemas prevalentes. El primero de ellos se refiere a que el recurso a herramientas digitales para transacciones empresariales no resulta neutro desde el punto de vista de la lógica de la concurrencia igualitaria, y a este respecto tiene que conjuntarse la reflexión de la agencia de inteligencia artificial en cada país con los criterios de los órganos regulatorios de competencia. El segundo, a la inexistencia actual de límites positivos prefijados en el derecho económico de la empresa y de la competencia en relación con la capacidad generativa y predictiva de la inteligencia artificial sobre los mercados de capitales y de trabajo.

En atención a lo que han avanzado los agentes económicos parecen cuatro las líneas de actuación en un futuro inmediato:

1. Asegurar transparentemente a los agentes económicos actuantes en el mercado la inteligibilidad de las selecciones en ML con aprendizaje autónomo de las máquinas para su repetibilidad en igualdad de oportunidades de libre competencia cuando se empleen soluciones de inteligencia artificial predictiva
2. Afianzar en la medida de lo posible y establecer criterios abiertamente conocidos de neutralidad que minimicen los inevitables sesgos de selección de la inteligencia artificial generativa aplicada a los estudios de mercado enfocados a las transacciones transnacionales: del sesgo tecnológico al sesgo ideológico
3. Promover simultáneamente condiciones garantistas de privacidad, confidencialidad y límites de la recopilación de datos de contenido empresarial

4. Afrontar los primeros pasos para evitar brechas digitales de inteligencia artificial que agudicen el gran problema de la equidad en las transacciones, para lo que el entorno democrático puede resultar económicamente irrelevante como se ve en la capacidad comercial de algunos países que son abiertas dictaduras, porque aunque la busca del beneficio no se detenga ante las injusticias, la inequidad genera desigualdad y tensión social global, lo que termina afectando al normal tráfico mercantil de las empresas extranjeras.

Por lo que se refiere a los problemas que ya no solamente se intuyen, sino que son planteamientos actuales (Cerrillo y Peguera 2020) en busca de soluciones jurídicas prontas, pueden señalarse los siguientes aspectos:

1. Cómo salvaguardar la inevitable asimetría económica y subsumir los impactos de las brechas tecnológicas ante unas pretensiones regulatorias que no pueden prescindir por el juego de los principios de legalidad e igualdad de la busca de la universalización jurídica.
2. Cómo garantizar estándares compatibles de ciberseguridad con las exigencias de las legislaciones nacionales, particularmente en aquellos sectores declarados expresamente como servicios esenciales o infraestructuras críticas, particularmente en relación con la ciberseguridad económica, lo que necesariamente debe ser expresivo del control de las campañas dolosas de desinformación del contenido y coyuntura nacional desde el punto de vista macroeconómico y empresarial desde el punto de vista microeconómico cuando inciden en el comportamiento de los mercados.
3. Todo ello se relaciona con una exigencia jurídica genérica que, sin embargo, despliega un conjunto de requerimientos normativos en diversas instancias territoriales y a la vez en fases diferentes de la perfección de los negocios en la práctica totalidad de los sectores, como es la exigencia de transparencia de los mercados y la lucha contra los pactos colusorios que alteran la libre competencia por concertación.

4. Como se ha advertido reiteradamente a lo largo de este capítulo uno de los principales problemas parece en este momento el insuficiente manto protector que el Derecho Mercantil tradicional plantea en relación con el respeto de los derechos económicos (Alonso García 2022) de propiedad, lo que necesariamente debe hacerse extensivo a la propiedad industrial e intelectual y al derecho de patentes y marcas.
5. Estos retos jurídicos no están exentos de una dimensión constitucional muy relevante en la medida en que algunos de los derechos genéricamente aludidos aquí están incorporados al título primero de la Constitución española y a las normas básicas de la Constitución económica. Aunque el Reglamento comunitario haya planteado ya unos primeros tibios avances en lo que se refiere a esta cuestión, la protección exigible al ordenamiento español en relación con la protección de unos derechos que requerirían la aprobación de una norma que inmediatamente se adscribiese al bloque de la constitucionalidad obliga a señalar algunos aspectos básicos que están llamados a regularse en el corto plazo en relación con la utilización de la inteligencia artificial:
 - la integridad de las comunicaciones y del domicilio empresarial en la recogida de los datos en el aprendizaje máquina a máquina
 - la garantía de las libertades de opinión y expresión concernientes a la actividad empresarial en relación con los programas de inteligencia artificial económica desarrollados en países que no son homologables a las democracias europeas
 - la limitación de los sistemas de categorización biométrica ha sido ya planteada a nivel comunitario, pero queda por resolver más detenidamente la cuestión de los sistemas de categorización de uso consentido en wearables de IoT en el ámbito de las empresas
 - la incorporación a los ordenamientos laborales de la regulación o prohibición de las capturas faciales de internet o de grabaciones de cámaras de vigilancia efectuadas en el ámbito de

los centros de trabajo para crear bases de datos de reconocimiento facial

- la responsabilidad de tipo penal ante el incumplimiento de las normas administrativas relativas a la utilización de los sistemas de reconocimiento de las emociones en el lugar de trabajo, lo que plantea la insuficiencia de la regulación por ejemplo para el reconocimiento de emociones en acciones de consumo por compras o para el ofrecimiento de servicios
- la implantación de mecanismos de control eficaces que eviten la manipulación del comportamiento humano o explotación de la vulnerabilidad de las personas, con todas las dificultades que tiene la regulación posible de un concepto jurídico tan indeterminado en la normativa comunitaria.

6. CONCLUSIONES: DESAFÍOS LEGISLATIVOS A CORTO PLAZO

La principal conclusión es que en este momento parece casi todo por hacer para dar seguridades a las transacciones económicas apoyadas en la inteligencia artificial a pesar del esfuerzo de la Unión Europea, cuando se pone en comparación el monto total de las transacciones, el número de las empresas o el volumen de negocios entre las compañías europeas y las del resto del mundo, que pueden no sentirse concernidas por la regulación comunitaria.

Por el contrario, parece estarse clarificando la posibilidad de comercialización o monetización de los chats de inteligencia artificiales de iniciativa particular amparados por las grandes plataformas, aunque solo sea porque ya comienza a generalizarse su uso especializado y porque al menos en estos existe un responsable final de la información proporcionada.

Comienzan a apreciarse las primeras brechas que tienen que ver con el volumen de negocios de las empresas, con su carácter transnacional y con las diferentes culturas digitales empresariales en relación con el recurso a

herramientas digitales para transacciones empresariales, que no resulta neutro desde el punto de vista de la lógica de la competencia igualitaria.

En cualquier caso resulta palmaria la actual insuficiencia de regulaciones positivas de Derecho Digital relativas a los usos de la IA en el marco de la economía empresarial, sin que quepa esperar que ni las empresas proveedoras de soluciones de inteligencia artificial ni tampoco las empresas productivas o comercializadoras tomen la iniciativa a este respecto, porque esta incumbe directamente a los poderes públicos que están llamados a promover un proceso legislativo y regulatorio inmediato en defensa tanto de los consumidores como de la libre competencia, para lo que urge primariamente el consenso sobre unas exigencias éticas consensuadas al menos en el seno de las organizaciones económicas internacionales.

7. REFERENCIAS

- Alonso García, N. (2022). La revolución digital y su impronta en los derechos inherentes de los ciudadanos: pinceladas al programa Europa Digital. Unión Europea Aranzadi 7.
- Artigot Golobardes, M. (2022). Mercados digitales, inteligencia artificial y consumidores. El Cronista del Estado Social y Democrático de Derecho 100, 128-135.
- Carazo Muriel, J.A. (2017). El impacto de robotización y la inteligencia artificial en el mercado laboral. Capital humano: revista para la integración y desarrollo de los recursos humanos 324, 80-83.
- Cerrillo i Martínez, A. y Peguera Poch, M. (coord.) (2020). Retos jurídicos de la inteligencia artificial. Thomson Reuters Aranzadi.
- Díaz Senés, J.P. (2024) Panorámica internacional de la regulación de la Inteligencia Artificial: Reglamento Europeo de Inteligencia Artificial (AI ACT). Revista CESCO de Derecho de Consumo 49, 117-130.
- Garrido Arias, A. (2007) Aplicación práctica de inteligencia artificial a la resolución del problema de la especulación bursátil. Universidad de Oviedo.
- Górriz López, C. (2021). Inteligencia artificial y seguros. En S. Navas Navarro (coord.) Salud e inteligencia artificial desde el Derecho privado: con especial atención a la pandemia por SARS-CoV-2 (covid-19) (pp. 269-302). Comares.

- Martín Santisteban, S. (2022). La responsabilidad de los prestadores de servicios en la era digital. *Actualidad jurídica iberoamericana extra* 16 (2), 3642-3683.
- Mercader Uguina, J.R. (2022) Algoritmos e inteligencia artificial en el derecho digital del trabajo. Tirant lo Blanch.
- Requeijo Torcal, A. (2022) La protección del asegurado como límite a la inteligencia artificial en la distribución de seguros. *Revista española de seguros: Publicación doctrinal de Derecho y Economía de los Seguros privados* 189-190, 163-188.
- Romeo Casabona, C.M. La discusión sobre la atribución de responsabilidad penal a sistemas de inteligencia artificial, en particular a sistemas autónomos. En C.M. Romeo Casabona y M.A. Rueda Martín (coord.) *Derecho penal, ciberseguridad, cibercriminosidad e inteligencia artificial* (pp. 57-82). Comares.
- Ruiz Forns, A. y Nicolás, A. (2024). Nuevo Reglamento Europeo de Inteligencia Artificial. *La Ley* 10491.
- Salazar García, I. (2023). Privacidad e Inteligencia Artificial ¿es posible su convivencia? En W. Arellano Toledo (dir.) *Derecho, Ética e Inteligencia Artificial* (pp. 177-186). Tirant lo Blanch.
- Sanz Burgos, R. (2023). Ética, culturas e inteligencia artificial. En F.L. Ibáñez López-Pozas (coord.) *Inteligencia artificial: Los Derechos Humanos en el centro* (pp. 33-48). Dykinson
- Sobrino, W. (2022) Seguros, neurociencias e inteligencia artificial (analizada desde la perspectiva de los consumidores de seguros). En M. Martínez Muñoz y A. Veiga Copo (dir.) *Seguro de personas e inteligencia artificial* (pp. 203-222). Thomson Reuters-Civitas.

RIESGOS PARA LA SEGURIDAD Y PRIVACIDAD EN SOLUCIONES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

ROGER SANZ GONZÁLEZ
Universidad Isabel I (Burgos)

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de aplicaciones de inteligencia artificial ha significado en los últimos años un amplio debate relacionado con los aspectos éticos, de sesgo algorítmico y legales en la transformación de los datos a través de herramientas de inteligencia artificial. Este debate abierto, en el que empiezan a entenderse factores como la explicabilidad, auditabilidad y la confianza en el origen de la información, se están viendo encasillados potencialmente en una visión parcial con respecto al conjunto de los riesgos y amenazas que constituyen el uso de la inteligencia artificial aplicada para los diferentes escenarios de uso.

Aunque los aspectos legales es la base sustancial para el desarrollo de las diferentes medidas organizativas básicas, requieren un componente técnico y una evaluación exhaustiva que cambiará a lo largo del tiempo, por lo que el establecimiento de las bases del gobierno de la seguridad relacionada con la inteligencia artificial facilitará un desarrollo exhaustivo de capacidades y adaptabilidad en materia de gobierno de la IA.

La práctica de seguridad y privacidad en las aplicaciones de IA requiere de un enfoque multidisciplinar relacionado con la práctica del desarrollo y soluciones tecnológicas en su diferente aplicación y no basarse solo en los aspectos legales, como elemento común utilizado en modelos de gobernanza tecnológica anteriores.

Finalmente, es preciso revisar los principales riesgos y amenazas identificadas en la actualidad en materia de aplicaciones de inteligencia

artificial y los diferentes mecanismos de mitigación sugeridos por las iniciativas internacionales

2. NECESIDAD DE UN MODELO DE GOBIERNO DE MULTIDISCIPLINAR DE LA SEGURIDAD Y PRIVACIDAD PARA SOLUCIONES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

2.1. UN DEBATE ABIERTO SOBRE LOS RETOS EN USO ÉTICO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU LIMITACIÓN CONCEPTUAL

Resulta de especial interés, para abordar adecuadamente en cualquiera de los escenarios de aplicación enfocado al diseño, implementación y uso de la inteligencia artificial (en adelante IA), disponer de un correcto y nutrido punto de vista sobre las consideraciones necesarias para abordar los aspectos éticos que emergen en la evolución de la inteligencia artificial dentro del contexto actual, donde la evolución de la capacidad tecnológica, junto a un interés exponencial del uso, están llevando a un momento de crecimiento que requiere de especial atención por parte de cualquier de los implicados en el proceso de diseño.

En este punto de vista es necesario disponer de una perspectiva basada en la sostenibilidad de los criterios generales y considerar los aspectos relacionados con los humanos como elementos clave para obtener un resultado aceptable de dicha evolución tecnológica. Las continuas especulaciones relacionadas con el impacto social de la inteligencia artificial son, en realidad, un componente que se ha presentado a lo largo del tiempo al evolucionar la tecnología con la correspondiente reformulación de los dilemas de impacto social, económico, de transformación social y, por supuesto,

A medida que la IA se vuelve más sofisticada, surgen dilemas sociales, éticos y jurídicos que requieren una legislación moderna y una reflexión multidisciplinar (Porcelli, 2020; Arencibia & Cardero, 2020). La implementación acrítica y poco ética de la IA puede tener implicaciones significativas para la sociedad y la privacidad de las personas (García, 2020).

2.2. la necesidad de una visión multidisciplinar y sostenible para abordar los riesgos del ciclo de vida de las soluciones de inteligencia artificial

- 2.3. la comprensión de los riesgos tecnológicos y el desarrollo del marco legal emergente sobre inteligencia artificial
- 2.4. el enfoque a la seguridad y privacidad de soluciones de inteligencia artificial como aspectos clave para mitigar los riesgos en el diseño, implementación y uso
- 2.5. integración de riesgos en la cadena de suministro tecnológico y el ciclo de vida de desarrollo de soluciones de inteligencia artificial
- 2.6. un modelo de gobierno de la inteligencia artificial orientado a abordar retos presentes y futuros
- 2.7. la necesidad de entendimiento del ciclo de vida de las soluciones de inteligencia artificial desde una perspectiva técnica para abordar sus principios de su uso
- 2.8. un enfoque legal y de supervisión que garantice los derechos de los ciudadanos
- 2.9. adopción de la práctica de gobierno del dato durante todo el ciclo de vida de las soluciones de inteligencia artificial
- 2.10. rendición de cuentas centrada en riesgos en el contexto de las soluciones de inteligencia artificial

3. RIESGOS Y AMENAZAS A LA SEGURIDAD Y PRIVACIDAD EN SOLUCIONES TECNOLÓGICAS BASADAS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

- 3.1. usabilidad dirigida y limitaciones del marco de control de la inteligencia artificial
- 3.2. verificaciones de control inadecuadas en el ciclo de vida de desarrollo de la inteligencia artificial
- 3.3. necesidad de obtener resultados inmediatos sin las garantías adecuadas para soluciones de inteligencia artificial
- 3.4. encasillamiento de casos de uso sin el análisis técnico y funcional adecuado

- 3.5. uso de prácticas y recursos tecnológicos heredados no fiables
- 3.6. exceso de confianza en el uso de recursos de libre distribución (shareware) o gratuitos (freeware)
- 3.7. falta de criterios suficientes para analizar adecuadamente el escenario de amenazas de la inteligencia artificial
- 3.8. errores en la adecuación de los principios de seguridad y privacidad en aplicaciones de inteligencia artificial
- 3.9. falta de comprensión del impacto potencial de los riesgos para la seguridad y privacidad desde la realidad de los ataques cibernéticos
- 3.10. reducción del modelo de control de la inteligencia artificial a los aspectos de cumplimiento legal, sesgos algorítmico o de tipo ético

RIESGOS ÉTICOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR:
UNA PERSPECTIVA A TRAVÉS DE
LAS REPRESENTACIONES SOCIALES

VÍCTOR GUSTAVO GÓMEZ-RODRÍGUEZ
Universidad Bolivariana del Ecuador

ELIZABETH ESTHER VERGEL PAREJO
Universidad Bolivariana del Ecuador

ENNIO JESÚS MÉRIDA CÓRDOVA
Universidad Bolivariana del Ecuador

RAÚL LÓPEZ FERNÁNDEZ
Universidad Bolivariana del Ecuador

1. INTRODUCCIÓN

Mediante un análisis detallado de las Representaciones Sociales sobre la Inteligencia Artificial (IA) en el contexto universitario, este estudio busca construir una red de relaciones de la noción de realidad sobre los principales riesgos éticos percibidos por diversos actores líderes institucionales. Además, se propone investigar cómo estas Representaciones Sociales influyen en la toma de decisiones éticas y en la gestión de los riesgos asociados con la implementación y uso de la IA en la educación superior.

En la actualidad donde predomina un modelo cultural tecnológico en que la IA invade la cultura y la sociedad en su totalidad, las Representaciones Sociales pueden resultar oportunas en el camino de hacer inteligible y manejable la subjetividad individual y social sobre el saber del sentido común de los riesgos éticos de la IA en Instituciones de Educación Superior. Se considera que, desde la incursión de la IA en el ámbito educativo, se ha tenido mayor acceso a una variedad de herramientas

con la promesa de mejorar la calidad educativa. Es una realidad que los actores educativos accedan a dichos sistemas de forma recursiva para la resolución de tareas y desarrollo de actividades académicas por lo que se podría decir que su papel ha sido relevante en la Educación.

La IA se refiere a sistemas que muestran un comportamiento inteligente al analizar su entorno y ejecutar acciones con un grado de autonomía con el fin de alcanzar metas específicas (European Commission, 2018). Es cierto que los sistemas basados en IA pueden ser eficientes y precisos. En efecto, se caracterizan como “inteligentes” por ser capaces de actuar y tomar decisiones de manera similar al humano. Esto es debido a que pueden aprender de datos, reconocer patrones, tomar decisiones, resolver problemas y adaptarse a diferentes situaciones, de manera similar a como lo haría un ser humano. No obstante, hasta ahora no son capaces de realizar el acompañamiento emocional y el desarrollo del pensamiento crítico y creativo. Los informáticos esperan que estos sistemas aumenten la capacidad de aprendizaje humano, por lo que se siente cierto riesgo en ir dejando cada día más la sustitución de lo humano por estas potencias tecnológicas. (Alcántara, 2023).

En el contexto universitario existe mucha incertidumbre en cuanto al uso de la IA y los riesgos éticos en las diferentes dimensiones académicas. Los directivos están preocupados por la regulación general de la IA que afecta de pleno al contexto de la educación generando así intensos debates y reflexiones sobre cuestionamientos fundamentales ¿Cuáles son los desafíos y riesgos éticos que plantea la utilización de la IA en la educación? ¿Qué aspectos éticos específicos inciden en el ámbito educativo?

Hoy el avance científico-tecnológico es fundamental para nuestro progreso, sin embargo, es crucial reconocer que este desarrollo debe ir de la mano con una consideración ética. Sin una base ética sólida, el progreso científico-tecnológico podría desviarse hacia caminos que ponen en peligro la humanidad. Es por eso que la ética desempeña un papel crucial al establecer límites y garantizar que estos avances se utilicen para el bien común y respeten los valores fundamentales de la sociedad. Las Representaciones Sociales, puede resultar oportuna para develar la subjetividad individual y social sobre el saber del “sentido común” de

los riesgos éticos que supone la integración de la IA en Instituciones de Educación Superior.

Es así como mediante un análisis detallado de las Representaciones Sociales en el contexto universitario, este estudio busca construir una red de relaciones de la noción de realidad sobre los principales riesgos éticos percibidos por diversos actores líderes institucionales. Además, se propone investigar cómo estas representaciones sociales influyen en la toma de decisiones éticas y en la gestión de los riesgos asociados con la implementación y uso de la IA en la Educación Superior. Es por ello que, surge la siguiente interrogante ¿Cuáles son las concepciones epistemológicas que poseen los actores líderes en el contexto de la investigación sobre los riesgos éticos de la IA en la Educación Superior?

2. OBJETIVOS

Develar las concepciones epistemológicas sobre los riesgos éticos específicos derivado del uso de la IA, aprehendida a partir de los saberes, significados, creencias, interpretaciones, acciones y valoraciones construidas desde la intersubjetividad de actores líderes en el contexto Universitario.

Acercamiento a la Teoría de las Representaciones Sociales

Las representaciones sociales constituyen una formación subjetiva multifacética y polimorfa, donde fenómenos como la cultura, la ideología y la pertenencia socio estructural dejan su impronta; al mismo tiempo que elementos afectivos, cognitivos, simbólicos y valorativos participan en su constitución. (Perera: 2008; p.8). El máximo exponente y creador de esta teoría, Serge Moscovici, afirma en sus elaboraciones iniciales realizadas en 1961, que las representaciones sociales constituyen modalidades de pensamiento práctico, orientados hacia la comunicación, comprensión y dominio del entorno social, material o ideal. Posteriormente, en 1981 resalta que estas representaciones son en esencia constructos cognitivos compartidos en la interacción social cotidiana que proveen a los individuos de un entendimiento de sentido común.

En términos de contenido las Representaciones Sociales están integradas por formaciones subjetivas, tales como opiniones, actitudes,

creencias, informaciones y conocimientos. Otros autores han enriquecido esta teoría y han incorporado nuevos elementos esclarecedores, entre lo que destacan Jodelet, (1987) que con ideas Moscovicianas, sostiene que las representaciones sociales son “imágenes condensadas de un conjunto de significados; sistemas de referencia que nos permiten interpretar lo que nos sucede, e incluso dar un sentido a lo inesperado; formas de conocimiento social que permiten interpretar la realidad cotidiana”. En sentido más amplio, la autora denomina a esta teoría como una forma de pensamiento social, donde está inmersa un conocimiento práctico que forja las evidencias de nuestra realidad consensual; designa una forma de conocimiento específica, el saber del sentido común, cuyos contenidos manifiestan la operación de procesos generativos y funcionales socialmente marcados.

Por su parte, Farr (1984), otro importante teórico de las representaciones sociales designa a esta teoría como “sistemas cognoscitivos con una lógica y un lenguaje propios. Para este autor, las representaciones trascienden la simplicidad de ‘actitudes hacia’, opiniones acerca de’, ‘imágenes de’, para enfatizar en ‘teorías o ramas del conocimiento’ con derechos propios para el descubrimiento y la organización de la realidad”. Además, añade el autor que las representaciones incluyen sistemas de valores, ideas y prácticas con una función doble: primero, establecer un orden que permita a los individuos orientarse en su mundo material y social y dominarlo; segundo, posibilitar la comunicación entre los miembros de una comunidad proporcionándoles un código para el intercambio social y un código para nombrar y clasificar sin ambigüedades los diversos aspectos de su mundo y de su historia individual y grupal...”.

La noción de representación social nos sitúa en el punto donde se interceptan lo psicológico y lo social. Este concepto se refiere al proceso, así como al producto resultante de la elaboración psicológica y social de lo real. Cuando se menciona el proceso, se quiere decir que la perspectiva de las Representaciones Sociales alude a la forma cómo estas han sido generadas, es decir, a su construcción. Por otro lado, cuando se habla de producto, hacemos alusión a los contenidos o significados del objeto representado.

Lo descrito guarda relación con lo expuesto por Vain (2016), señala que las representaciones sociales permiten abordar lo psicosocial, como un producto resultante los significados en lo psicológica y social de la realidad. Es hacer alusión al conocimiento social desde lo cognitivo, afectivos y simbólicos como visión significativa de la organización como tal. La Representación Social se refiere al conocimiento social, son las teorías ingenuas de las personas comunes. Incluyen contenidos cognitivos, afectivos y simbólicos que juegan no sólo un papel significativo para las personas en su vida privada, sino también para la vida y la organización de los grupos en los que viven.

3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada fue cualitativa desde un enfoque descriptivo. El método de apoyo fue el de la fenomenología hermenéutica, perteneciente a la corriente filosófica de Schütz (1979) y Gadamer (1999) describe el mundo de la vida para comprenderlo desde la experiencia vivida. El estudio se realizó en el contexto de la Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE). La información se recogió a través de entrevista a profundidad. Se seleccionaron cuatro (4) informantes claves con experiencia en el uso de la IA y con altos cargos de gestión universitaria. Para el procesamiento de la información se empleó la matriz epistémica con el marco conceptual y metodológico que guía la investigación y la comprensión del tema.

Para el procesamiento de la información se llevó a cabo un proceso exhaustivo y sistemático de la información desde los fundamentos metodológicos sustentados en Leal (2005), mediante la categorización de unidades hermenéuticas para cada una de las entrevistas realizadas. El procesamiento de la información se realizó mediante una matriz epistémica, descrita por Martínez (2004), como la asignación de significados a las cosas con la visión de comprender la vida misma y el ser desde una cosmovisión. Dicha información recabada se procesó en filtros epistémicos en el que se presentan categorías y propiedades a partir de las verbalizaciones de los actores sociales, su interpretación y posterior contraste.

Asimismo, la trascendencia de la investigación se fundamenta en la razón epistemológica de las Representaciones Sociales (RS) de Moscovici (1981) y Jodelet (1988), con apoyo de otras teorías importantes que le otorgan un fuerte piso epistemológico al abordar el tema sobre los riesgos Éticos de la Inteligencia Artificial en Instituciones de Educación Superior.

4. RESULTADOS

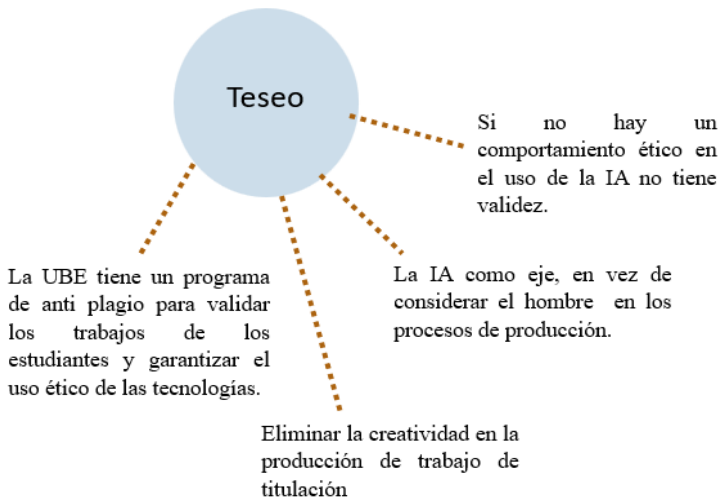
Las categorías emergentes de este proceso de investigación están relacionadas con la dimensión axiológicas y ético en relación al uso IA en procesos de investigación valorando la honestidad académica mediante el uso consciente y crítico de estas herramientas en Educación Superior. Los informantes coinciden en las existencias de normas institucionales que rigen el comportamiento ético y el uso de tecnología. No obstante, se resalta el riesgo de desarrollar una dependencia excesiva, pérdida de autonomía y de creatividad al no utilizar IA de forma crítica. (Ver Tabla 1, 2, 3 y 4).

TABLA 1. *Filtro epistémico Teseo. Conocido por su valentía, inteligencia y habilidades estratégicas.*

| Discurso textual | Conceptos | Propiedades | Categoría |
|---|--|--|--|
| Desde mi perspectiva, hay más beneficios que posibles daños Todo depende del uso que le demos a la herramienta... Si la Inteligencia Artificial se utiliza para otros fines que no sean los que se persiguen en educación, evidentemente habrá prejuicio...Y lo otro es que también viene con un componente ético, es decir, cómo usar la inteligencia artificial. Si asumes que la Inteligencia Artificial, digamos, reemplaza al maestro y al alumno entonces ahí es donde está la parte perjudicial. O sea, es una herramienta más, es un desarrollo tecnológico más, muy importante, que facilita el trabajo tanto de estudiantes como de investigadores, Es una herramienta que ayuda, que facilita, que avanza y que concuerda con los rápidos cambios de la sociedad Y eso, por supuesto, acortará el tiempo de investigación o preparación. Pero es sólo una ayuda, porque la otra parte es la parte de la creatividad que los humanos. Ahora, ¿cómo usamos la herramienta? (Depende de la orientación, porque aquí el primer elemento es el maestro, cómo guía al alumno a hacer la investigación. Y si hay alguna desviación, corríjala a tiempo. | Componente ético Reemplazo de docentes y estudiante | Fines de uso IA Si la IA se utiliza con otros fines que no sean los que se persiguen en educación habrá prejuicio digamos, si se reemplaza al maestro y al alumno entonces ahí es donde está la parte perjudicial | Integración de la IA con Principios éticos fundamentales |

Nota. Proceso investigativo

FIGURA 1. *Conceptos emergentes Teseo*



Fuente: Elaboración propia,2024

Según lo descrito por Teseo surge la categoría descrita como “Integración de la IA con Principios éticos fundamentales”, la misma partiendo de la descripción de sus propiedades discursivas en las que se extraen dos aspectos resaltantes como son componente ético y reemplazo de docentes y estudiante. (Ver Figura 1).

Desde las Representaciones Sociales de Teseo, el uso de la Inteligencia Artificial (IA) se entiende como una práctica que está intrínsecamente ligada a la intencionalidad y a los posibles prejuicios del usuario, así como a los objetivos específicos que se persiguen. En el contexto educativo, esta relación entre intencionalidad y prejuicio adquiere una relevancia crucial. Si la IA se emplea con propósitos ajenos a los fines educativos, es inevitable que los prejuicios influyan en su implementación y resultados.

Según lo descrito por Apolo surge la categoría descrita como “Desconocimiento del rol de los seres humanos en el proceso de formación”, la misma partiendo de la descripción de sus propiedades discursivas en las que se extraen dos aspectos resaltantes como lo son el desconocimiento del rol de los seres humanos en el proceso de formación y concientizar a los estudiantes. (Ver Figura 2).

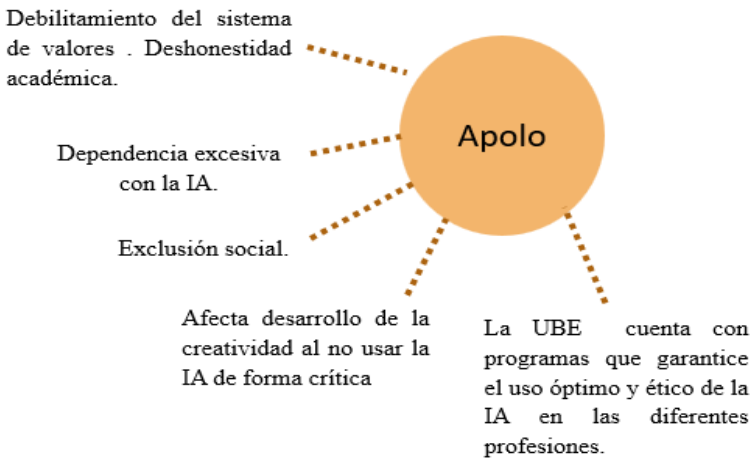
TABLA 2. Filtro epistémico Apolo. Conocido en la mitología griega por su destreza con el arco y la flecha, encuentra un paralelo en su búsqueda de la ética en la Inteligencia Artificial.

| Discurso textual | Conceptos | Propiedades | Categoría |
|--|---|--|--|
| <p>... Los riesgos éticos, en mi opinión, en relación con la inteligencia artificial son muchos. El primero tiene que ver con la honestidad en el manejo de la información. Incluso si el estudiante o el maestro, porque ambos pueden estar involucrados, no usan desde una perspectiva respetuosa, desde un punto de vista académico, él información que arroja la inteligencia artificial porque es generadora de contenido, y esa información lo hace como propia, ahí ya estamos cayendo en una debilidad que tiene que ver con la parte axiológica y valorativa de la personalidad. Entonces, existe un riesgo ético principal en la gestión de la inteligencia artificial que es la honestidad académica el estudiante va a utilizar el contenido generado por la inteligencia artificial como una verdad acabada, sin medir un proceso de análisis crítico de la información, entonces corremos el peligro de que el estudiante dependerá de lo que le diga la inteligencia artificial. Entonces otro riesgo importante desde el punto de vista ético, hasta qué punto la información que la inteligencia artificial va a generar es una verdad absoluta o acabada, y cómo el estudiante puede úsalo para discernir entre lo real y lo que no es real entre lo que es correcto y lo que es incorrecto.</p> <p>La excesiva dependencia de la inteligencia artificial, y que esto no puede considerarse como una verdad absoluta. Porque, si no la humanidad, corre el riesgo de ser esclavizada por la inteligencia artificial... y podría mencionar un tercer riesgo ético que puede estar relacionado con cómo la inteligencia artificial puede afectar mi desarrollo personal y profesional.</p> | <p>Desconocimiento del rol de los seres humanos en el proceso de formación Concientizar a los estudiantes</p> | <p>Pretendemos darle a la IA el cumplimiento de todas esas funciones. No podemos perder la parte humana y sobre todo la parte valorativa cuando ellos realicen investigaciones con las IA sean capaces de ser críticos</p> | <p>Desconocimiento del rol de los seres humanos en el proceso de formación</p> |

Nota. Proceso investigativo

Para Apolo, desde una perspectiva académica, el manejo de información generada por medios de inteligencia artificial plantea un dilema ético fundamental relacionado con la honestidad en la producción y el uso del conocimiento. Cuando se utilizan sistemas de IA para generar contenidos, existe el riesgo de que dicha información sea presentada como propia, sin otorgar el debido crédito a sus fuentes originales. Esta falta de atribución adecuada constituye una debilidad axiológica y valorativa que socava los principios fundamentales de la integridad académica.

FIGURA 2. Conceptos emergentes Apolo



Fuente: Elaboración propia,2024

El principal riesgo ético en la gestión de la inteligencia artificial en el ámbito académico radica precisamente en la falta de honestidad académica. Al no reconocer el origen de la información generada por medios de IA, se compromete la integridad del proceso de producción del conocimiento y se socava la confianza en la autoridad y credibilidad de quienes utilizan dicha información. La omisión del crédito apropiado a los creadores originales de los contenidos generados por IA puede conducir a prácticas académicas deshonestas, como el plagio o la apropiación indebida de ideas.

Otro riesgo ético, particularmente relevante para los docentes y los responsables de diseñar currículos, proyectos pedagógicos y metodologías, es el impacto potencial del uso inadecuado de la inteligencia artificial en la formación integral del estudiante. Si los estudiantes aceptan pasivamente el contenido generado por la inteligencia artificial como una verdad absoluta, sin someterlo a un análisis crítico, existe el peligro de que lleguen a depender exclusivamente de lo que les dice la IA, convirtiéndola en una especie de “deidad” educativa. En este escenario, surge la pregunta: ¿Dónde queda el papel del ser humano en este proceso? ¿Qué será más relevante para el estudiante: ¿lo que la inteligencia artificial le enseña o la interacción humana, el diálogo y los conocimientos acumulados por la humanidad a lo largo del tiempo?

TABLA 3. *Filtro epistémico Ulises. Conocido como el rey de Ítaca y es mejor conocido por su astucia, ingenio y habilidades estratégicas.*

| Discurso textual | Conceptos | Propiedades | Categoría |
|--|---|--|--|
| <p>...Realmente los riesgos éticos del uso de la IA en la Educación Superior nos son diferente al riesgo que ha implicado la introducción de cualquier otra tecnología y su proceso de asimilación por los procesos formativo.</p> <p>Cuando surgió Internet teníamos las mismas interrogantes que tenemos en este momento la IA se cuestionaba mucho se cuestionaba mucho la ética permitir que se usara internet en las escuelas y universidades por temor de que existieran cuestiones relacionadas con la deshonestidad académica el famoso "copia y pega".</p> <p>El uso intensivo de la IA generalmente se ha dado en mayormente por parte de los estudiantes</p> <p>Un Prompt que se introduzca en cualquiera de las aplicaciones que utiliza la IA para cumplir con determinados deberes. Evidentemente eso va a contribuir a que el estudiante no asimile adecuadamente y no se pueda cumplir con los objetivos de aprendizaje de la mejor manera. Y para eso el profesorado tiene que aceleradamente dar un cambio en la metodología de la información, es decir, si el docente cambia la y es el primero que maneja adecuadamente la IA e integra aplicaciones que maneje procesador de lenguaje natural y que las compare una respuesta con la otra este ejercicio tan sencillo va obligar a que el estudiante tenga que leer la respuesta. Por lo que el estudiante debe hacer una comparación y todavía no aparece plataformas que hagan este trabajo. Tres puntales que se deben trabajar siempre: primero el desarrollo del pensamiento, segundo la colaboración y el tercero la motivación de la creatividad desde los procesos de evaluación y desde los procesos de aprendizaje. Para minimizar el mal uso de la IA que está asociada a la deshonestidad académica.</p> | <p>La UBE tiene un comité de ética institucional y normativas que rige el uso de la tecnología</p> <p>El docente debe realizar cambio en la metodología de la evaluación</p> <p>La IA se ha dado más por parte de los estudiantes para hacer actividades académicas</p> <p>El mal uso de la IA que está asociada a la deshonestidad académica</p> | <p>Cuando surgió internet teníamos las mismas interrogantes que tenemos en este momento la IA se cuestionaba mucho se cuestionaba mucho la ética permitir que se usara internet en las escuelas y universidades por temor de que existieran cuestiones relacionadas con la deshonestidad académica el famoso "copia y pega"</p> <p>Un prompt que se introduzca en cualquiera de las aplicaciones que utiliza la IA para cumplir con determinados deberes. Evidentemente eso va a contribuir a que el estudiante no asimile adecuadamente y no se pueda cumplir con los objetivos de aprendizaje de la mejor manera. Y para eso el profesorado tiene que aceleradamente dar un cambio en la metodología de la información</p> | <p>El Comité de ética como base esencial en la aplicación de la IA desde la normatividad de la UBE</p> |

Nota. Proceso investigativo

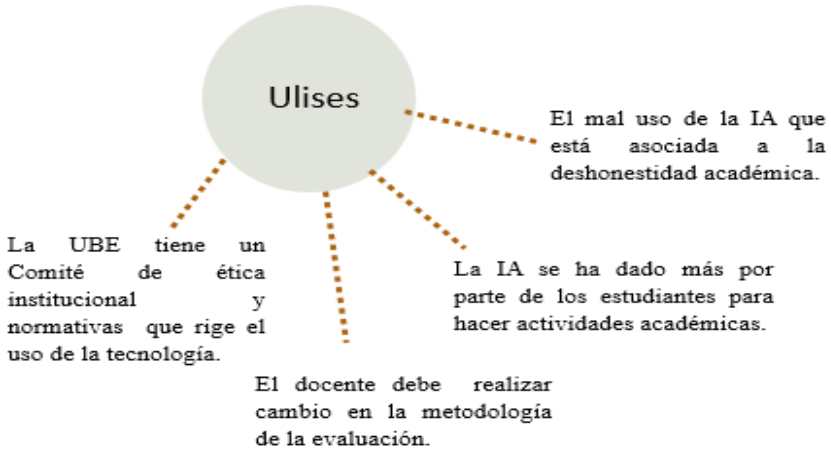
Este dilema plantea interrogantes acerca de la importancia de mantener un equilibrio entre el uso de la inteligencia artificial como herramienta educativa y la preservación de la centralidad del ser humano en el proceso de aprendizaje. Si bien la IA puede facilitar el acceso a información y recursos educativos, es esencial que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento crítico y análisis para evaluar y contextualizar esta información de manera adecuada. Además, es fundamental que el diálogo y la interacción con profesores y compañeros de clase sigan desempeñando un papel fundamental en el proceso educativo, enriqueciendo la experiencia de aprendizaje y fomentando el desarrollo de habilidades sociales y cognitivas indispensables para el crecimiento personal y profesional. En última instancia, el desafío ético reside en encontrar un equilibrio armonioso entre el uso de la inteligencia artificial y la preservación de la esencia humana en la educación.

Entonces la escuela tiene que preocuparse por esto, y el plan de estudios tiene que empezar a introducir nuevas habilidades y tareas para de alguna manera evitar que esto afecte negativamente a las nuevas generaciones y también a las actuales.

Según lo descrito por Ulises surge la categoría descrita como el “Comité de ética como base esencial en la aplicación de la IA desde la normatividad de la UBE”, la misma partiendo de la descripción de sus propiedades discursivas en las que se extraen cuatro aspectos resaltantes como lo son La UBE tiene un comité de ética institucional y normativas que rige el uso de la tecnología, el docente debe realizar cambio en la metodología de la evaluación, la IA se ha dado más por parte de los estudiantes para hacer actividades académicas, y el mal uso de la IA que está asociada a la deshonestidad académica. (Ver Figura 3)

Desde las Representaciones Sociales de Ulises, los riesgos éticos asociados con el uso de la inteligencia artificial (IA) en la educación no difieren sustancialmente de los desafíos enfrentados con la introducción de cualquier otra tecnología en los procesos educativos. Al reflexionar sobre este tema, resulta inevitable comparar la llegada de la IA con la adopción de tecnologías previas, como Internet. En aquel entonces, surgieron interrogantes similares sobre la ética de incorporar internet en entornos educativos, con preocupaciones sobre la posibilidad de fomentar prácticas deshonestas, como el plagio.

FIGURA 3. Conceptos emergentes Ulises



Fuente: Elaboración propia, 2024

En la actualidad, la discusión sobre la ética de la IA no representa una ruptura radical con las experiencias previas de las últimas décadas en relación con la integración de la tecnología en la formación. Para ilustrar este punto, podemos considerar preguntas como: ¿Es ético que un contador utilice Excel en lugar de realizar cálculos manualmente? ¿Es ético que un ingeniero mecánico diseñe piezas utilizando software como AutoCAD en lugar de métodos tradicionales con lápiz y papel? ¿Es ético que arquitectos e ingenieros utilicen software de análisis de elementos finitos en lugar de cálculos convencionales?

La respuesta a estas preguntas puede ofrecer una perspectiva sobre la ética del uso de la IA en educación. Si encontramos que el uso de estas herramientas tecnológicas es aceptable y beneficioso para mejorar la eficiencia y precisión en sus respectivos campos, entonces podemos inferir que la introducción de la IA en la educación también puede ser ética, siempre y cuando se gestionen adecuadamente los riesgos y se promueva su uso responsable y crítico por parte de estudiantes y docentes.

TABLA 4. *Filtros epistémicos Atenea. Conocida como la Diosa de la Sabiduría y el Humanismo*

| Discurso textual | Conceptos | Propiedades | Categoría |
|---|--|---|--|
| <p>...los riesgos éticos cuando nosotros desconocemos un poco el papel que tienen los seres humanos, sobre todo en los procesos de formación, y pretendemos darle a la Inteligencia Artificial el cumplimiento de todas esas funciones. Nosotros sabemos que sin duda alguna los temas de Inteligencia Artificial han tenido mucho avance. Pero cuando nosotros nos vamos a la IA, cuando nosotros hablamos de la parte humana y sobre todo de la parte ética...entonces siempre significando el papel que tenemos los seres humanos, sobre todo cuando se realiza una investigación, si es necesario es que hay que concientizar a los estudiantes que no podemos perder la parte humana y sobre todo la (2:26) parte valorativa, porque es necesario que cuando ellos realicen investigaciones con las IA sean capaces de ser críticos, pero ninguno de ellos tiene lo que tenemos los seres humanos y que es valioso, que es precisamente la parte sensible, la parte humana, lo que nos diferencia, lo que nos distingue, entonces es necesario que nuestro</p> | <p>Desconocimiento del rol de los seres humanos en el proceso de formación Ética en la investigación Valorar la parte humana</p> | <p>Cuando nosotros desconocemos un poco el papel que tienen los seres humanos, sobre todo en los procesos de formación. Cuando nosotros hablamos de la parte humana y sobre todo de la parte ética...entonces siempre significando el papel que tenemos los seres humanos, sobre todo cuando se realiza una investigación. No podemos perder la parte humana y sobre todo la parte valorativa</p> | <p>Necesidad de equidad y discriminación</p> |

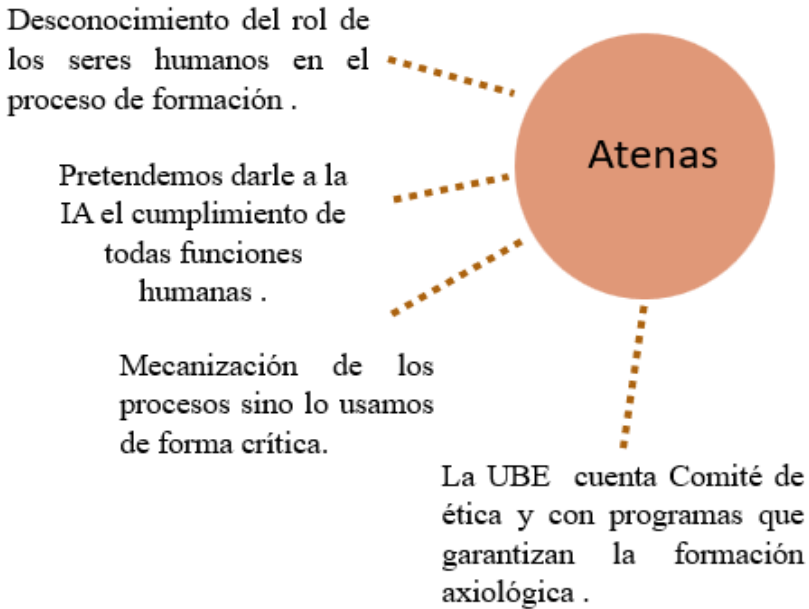
Nota. Proceso investigativo

Según lo descrito por Atenea surge la categoría descrita como “Necesidad de equidad y discriminación”, la misma partiendo de la descripción de sus propiedades discursivas en las que se extraen tres aspectos resalantes como lo son desconocimiento del rol de los seres humanos en el proceso de formación, ética en la investigación y la necesidad de valorar la parte humana. En función, a lo expuesto se resumen los aportes de los actores sociales. (Ver Figura 4)

Desde las Representaciones Sociales de Ateneas, los riesgos éticos surgen cuando subestimamos el papel fundamental de los seres humanos, especialmente en los procesos de formación, al intentar delegar en la inteligencia artificial todas esas funciones. Aunque reconocemos los avances significativos en el campo de la inteligencia artificial, debemos admitir que aún queda mucho por explorar en cuanto a la dimensión humana y ética. Los seres humanos, a lo largo de los años, hemos

aspirado a comprender la ciencia, pero es crucial comprender que también es responsabilidad de la ciencia sensibilizarse para asegurar que todos tengamos acceso a una amplia gama de conocimientos.

FIGURA 4. *Conceptos emergentes Atenas*



Fuente: Elaboración propia,2024

Desde una perspectiva ética, es esencial reconocer el papel central que desempeñamos los seres humanos, especialmente en el ámbito de la investigación. En la educación superior, es fundamental que los docentes se mantengan actualizados y sean líderes en el uso de tecnologías de vanguardia. La inteligencia artificial, cuando se utiliza de manera adecuada, se convierte en una herramienta invaluable que puede potenciar los procesos educativos en la educación superior. Sin embargo, debemos recordar que esta tecnología debe ser empleada con responsabilidad y con un enfoque centrado en el desarrollo integral de los estudiantes, respetando siempre los valores éticos y humanos que guían.

Estos hallazgos dieron paso a la generación de Macrocategorías descritas, así como la unificación de posturas en cuanto al fenómeno de estudio desde la aprehensión de los saberes, significados, creencias,

interpretaciones, acciones y valoraciones construidas desde la intersubjetividad de actores líderes en el contexto Universitario, entre estas se mencionan: a) Axiología y principios fundamentales en el uso IA; b) Formación ética profesional; c) Dependencia tecnológica; y d) Equidad y discriminación. Desde esta perspectiva, las representaciones sociales han permitido conocer, aprehender, develar la realidad desde los mundos de vida de los actores sociales inmersos desde el liderazgo gerencial de las UBE. Esto coincide con lo expuesto por Manrique (2022), quien señala que este tipo de estudio conlleva a la comprensión de la sociedad y de la cultura presente en esta desde el abordaje del sujeto como miembro base, médula central del conocimiento, es por ello, que solo desde estas representaciones desde las experiencias vividas nutren el conocimiento y se reapropien de significados consolidados que pasarán a ser parte de la historia en una era tecnológica como la actual que apenas está en crecimiento.

Es importante destacar que, las representaciones sociales de los entrevistados aportaron elementos significativos para aprehender la realidad desde sus propios roles en la UBE.

5. DISCUSIÓN

Las categorías y macro categorías emergentes de este proceso de investigación están relacionadas con la dimensión axiológicas y ético en relación al uso IA en procesos de investigación valorando la honestidad académica mediante el uso consciente y crítico de estas herramientas en Educación Superior. Los informantes coinciden en las existencias de normas institucionales que rigen el comportamiento ético y el uso de tecnología. No obstante, se resalta el riesgo de desarrollar una dependencia excesiva, pérdida de autonomía y de creatividad al no utilizar IA de forma crítica. Por lo tanto, al emplear una herramienta de Inteligencia Artificial (IA), es crucial reconocer su contribución, como sugieren Foltynek et al. (2023). Este reconocimiento puede realizarse de diversas maneras, adaptándose al contexto, las políticas institucionales y otros requisitos pertinentes. Además, es esencial incluir y educar a los estudiantes acerca del propósito de todas las actividades relacionadas con

el aprendizaje y la evaluación, así como enseñarles por qué deben realizar sus tareas de trabajo individual o en grupo y cómo desarrollar habilidades éticas de redacción y producción de contenidos. Asimismo, los docentes deben recibir formación sobre el uso ético de la IA, abarcando el diseño de resultados de aprendizaje, actividades de enseñanza y estrategias de evaluación pertinentes.

Los principales hallazgos coinciden con las ideas plateadas por Liu, et al., (2023) al plantear las oportunidades que ofrece la IA en la educación para enriquecer y rediseñar el proceso educativo. Otros autores resaltan el riesgo de la sustitución de lo humano por estas herramientas tecnológicas. (Alcántara, 2023; Estrada et al., 2022). Se pueden conocer desde los filtros epistémicos descritos dan a conocer las normas institucionales que rigen el comportamiento ético y el uso de tecnología y de nuevos desarrollos. Desde luego, surge la importancia de reconocer la importancia del Comité de ética Institucional, pues las normativas desde el punto de vista ético dejan explícito temas de deshonestidad académica, acoso, vulnerabilidad y discriminación. Asimismo, los procedimientos que deben seguir para denunciar cualquier tipo de actos que viole los principios éticos. Las directrices institucionales deben establecer normativas claras acerca del uso apropiado de diversas herramientas de inteligencia artificial por parte de estudiantes, docentes, investigadores y otros involucrados en la educación. Es fundamental que se contemplen reglas específicas adaptadas a cada curso. Además, estas políticas y reglas deben ser comunicadas de manera transparente a todas las partes interesadas. (Foltynek et al. 2023).

Cabe destacar que, en el Estatuto de la UBE se ha definido un grupo de académicos para la formación en valores desde la docencia y la investigación. Adicionalmente a ello, se integra en la malla curricular un tronco común donde se incluye una asignatura que es optativa y dentro de las asignaturas optativas se tienen varias asignaturas que están relacionadas con las cuestiones éticas. Por ejemplo, las asignaturas como la cultura de paz, ética de la profesión, entre otros.

6. CONCLUSIONES

Los riesgos éticos del uso de la IA en Educación Superior no son diferentes al riesgo que ha implicado la introducción de cualquier otra tecnología y su proceso de asimilación por los procesos formativos. En la UBE existen normativas y programa de formación académicas en cuestiones éticas para mitigar los riesgos referentes al uso inadecuado de la IA.

Al construir una estructura conceptual para representar la integración de algunas categorías en Macrocategorías, se generaron unas emergencias epistémicas filtrada a través del proceso de triangulación lo cual otorga criterio de validez al corpus teórico generado. Estas Macrocategorías fueron: a) Axiología y principios fundamentales en el uso IA; b) Formación ética profesional; c) Dependencia tecnológica; y d) Equidad y discriminación.

El análisis de estas concepciones epistemológicas desde el enfoque del sentido común de las Representaciones Sociales permitió una comprensión más profunda de los desafíos éticos que surgen en el contexto universitario, así como la identificación de posibles estrategias para abordar y mitigar dichos riesgos, promoviendo así un uso más responsable y ético de la IA en la Universidad Bolivariana del Ecuador.

Asimismo, es importante reconocer el sistema de valores como algo imperante en el proceso educativa lo cual permitirá dar un significado al comportamiento de la conducta humana desde la honestidad académica cuando los actores implicados no utilizan debilidad de la parte axiológica, así como en la dependencia con inteligencia artificial.

8. REFERENCIAS

- Alcántara, A. (2023). Políticas públicas y universidad en América Latina y el Caribe. *Universidades*, 74 (97).
<http://udualerreu.org/index.php/universidades/article/view/698>
- Estrada, F., Loor, H., y Viteri, L. (2022). Reemplazo de personal humano por Inteligencia Artificial: ventajas y desventajas. *Revista Digital Investigación y Negocios*, 15 (25), 31-38. chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/http://www.scielo.org.bo/pdf/riyn/v15n25/v15n25_a04.pdf

- European Commission (2018) Artificial Intelligence for Europe. European Commission. Brussels. 24 April, 2018. Available Online. URL - <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=COM:2018:237:FIN>
- Farr, R. (1984) Social representations: Their role in the design and execution of laboratory experiments. In R.M-Farr and Moscovici, (eds) Social Representations. Cambridge and New York: Cambridge University Press, and Paris Editions de la Maison des Sciences de l'Homme.
- Foltynek, T., Bjelobaba, S., Glendinning, I. Reza, Z. Santos, R. Pavletic, P.; Kravjar, J. (2023). Recomendaciones de ENAI sobre el uso ético de la Inteligencia Artificial en Educación. *Int J Educ Integr* 19, 12 <https://doi.org/10.1007/s40979-023-00133-4>
- Gadamer, H. (1999) *¿Quién soy yo y quién eres tú?* Editorial Herder. Barcelona. España.
- Jodelet, D. (1989). Representations sociales: domaines en expansion. In: D. Jodelet (org) *Les representations sociales*. París: PUF, Ira ed.
- Leal, J. (2005). *La autonomía del sujeto investigador y la metodología de investigación*. Centro Editorial Litorama. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela.
- Liu, Y., Han, T., Ma, S., Zhang, J., Yang, Y., Tian, J., He, H., Li, A., He, M., Liu, Z., Wu, Z., Zhao, L., Zhu, D., Li, X., Qiang, N., Shen, D., Liu, T., & Ge, B. (2023). Summary of ChatGPT-Related research and perspective towards the future of large language models. *Meta-Radiology*, 1(2), Article 100017. <https://doi.org/10.1016/j.metrad.2023.100017>
- Manrique, A. (2022). Teoría de las representaciones sociales: Una revisión de la literatura. *Revista Subjetividad y Procesos Cognitivos*, 16 (1), 119-151.
- Martínez, M. (2004). *Ciencia y Arte en la Metodología Cualitativa*. Editorial Trillas,
- Perera, M. (2003). A propósito de las Representaciones Sociales. Apuntes teóricos, trayectoria y actualidad. CIPS - Centro de Investigaciones Psicológicas y Sociológicas. https://biblioteca.clacso.edu.ar/Cuba/cips/20130628110808/Perera_perez_repr_sociales.pdf
- Schutz, A. (1979). *El problema de la realidad social*. Buenos Aires, Amorrortu
- Vain, P. (2016). *Las representaciones sociales. Conceptos Fundamentales. Objetivación y anclaje*. Documento interno de trabajo.

TENDENCIAS Y DESAFÍOS DE LA IA EN EL TEJIDO EMPRESARIAL EN ESPAÑA

GREGORIO IZQUIERDO LLANES

*Director General del Instituto de Estudios Económicos
Profesor titular de Economía Aplicada de la UNED*

ELENA HERRERA GONZÁLEZ DEL PERAL

*Economista y Matemática del Instituto de Estudios Económicos
Master en Data Science and Analytics*

FERNANDO CASTELLÓ SIRVENT

*Profesor e investigador en la UPV3
Doctor por la UV*

1. INTRODUCCIÓN

Nos acercamos a una era de transformación digital. La creciente importancia de la inteligencia artificial (IA) en el ámbito empresarial se ha establecido como un impulsor esencial de la innovación y la eficiencia que promete mejorar la productividad empresarial y estimular el crecimiento económico. En un entorno cada vez más digitalizado, la IA está redefiniendo la manera en que las organizaciones operan, interactúan con sus clientes y administran sus recursos.

La IA, definida por la OCDE como “un sistema basado en máquinas que, para objetivos explícitos o implícitos, infiere, a partir de la entrada que recibe, cómo generar salidas como predicciones, contenido, recomendaciones o decisiones que pueden influir en entornos físicos o virtuales. Los diferentes sistemas de inteligencia artificial varían en sus

³ Este trabajo ha sido desarrollado en el marco de una investigación conjunta entre los autores del artículo gracias a una estancia de investigación en el año 2024 del profesor Castelló en el Departamento de Economía Aplicada de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

niveles de autonomía y adaptabilidad después de su despliegue” (Rus-
sel, S. *et al*, 2023), se alza como un impulsor de esta nueva era.

Aun siendo una tecnología en desarrollo, la IA genera un marcado in-
terés y preocupación entre investigadores, empresas y gobiernos (Cá-
mara *et al*, 2023). Por ello, en el contexto de la Agenda España Digital,
España se enfrenta a un doble objetivo, como bien indica el portal Es-
paña Digital 2026. Por un lado, establecer las condiciones idóneas para
la promoción y el desarrollo de la inteligencia artificial con ánimo de
aprovechar las oportunidades de estas tecnologías, y, por otro lado, di-
señar un marco normativo de gobernanza que asegure un uso ético y
humanista de esta tecnología (Gobierno de España, 2023).

Con el fin de alcanzar estos objetivos, se han implementado una serie de
medidas e iniciativas. Uno de los ejes principales es la Estrategia Nacional
de Inteligencia Artificial (ENIA), dirigida a consolidar el tejido produc-
tivo español de cara a impulsar y mejorar la competitividad en el plano
europeo e internacional en el marco de la IA. Esta estrategia se alinea con
la política de la Unión Europea y busca promover la investigación, el
desarrollo y la implementación de la IA de manera ética y responsable
(Ministerio para la transformación digital y de la función pública, 2024).

En el marco de estas propuestas en torno a la implantación de la inteli-
gencia artificial parece conveniente comprender y analizar la situación
actual de la inteligencia artificial en las empresas. Por ello, en el pre-
sente trabajo, se muestra una visión actual de la realidad de la IA en la
empresa española. Así mismo, dado el marcado contraste en el desarro-
llo de la IA entre países, este estudio, que compara la situación en Es-
paña, Estados Unidos y Europa, tiene como objetivo analizar las distin-
tas perspectivas de adopción, así como los desafíos y oportunidades es-
pecíficos que afrontan las empresas en cada país. Se examinarán facto-
res como la accesibilidad a la IA, los casos de uso y aplicaciones, en
términos generales y por estrato de asalariados, las inversiones en tec-
nología de IA y la disponibilidad de personal capacitado.

Este estudio pretende mostrar la limitada implantación de la IA en las
empresas españolas, las áreas donde esta parece más prometedora y los
riesgos principales, tanto en quedarse atrás como en ignorar los

principales condicionantes de esa implantación. Nos hallamos en el umbral de una curva exponencial de implantación, donde los primeros pasos pueden parecer lentos y desafiantes, pero se espera que, en un futuro cercano, el crecimiento y la expansión de la IA se aceleren de manera acusada, transformando la realidad empresarial en España.

El artículo se estructura en tres secciones principales. En primer lugar, se presenta un análisis de datos sobre la implementación y el uso de la inteligencia artificial en las empresas españolas. Esta sección proporciona una visión detallada de la situación actual, incluyendo estadísticas, tendencias y comparativas con otros países. A continuación, se presenta una discusión detallada que analiza los hallazgos a la luz del contexto empresarial y tecnológico, explorando los desafíos, las oportunidades y las posibles implicaciones. Finalmente, se ofrecen conclusiones basadas en los resultados y en la discusión, destacando los principales aspectos del estudio y señalando posibles áreas para futuras investigaciones.

2. RESULTADOS

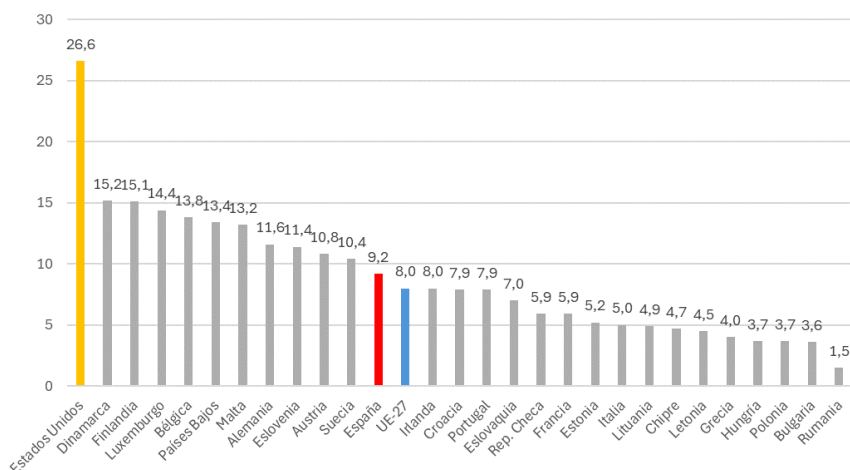
Basado en el análisis de datos recopilados de las fuentes estadísticas disponibles más recientes, como la encuesta “ICT usage in enterprises” de Eurostat, la “encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas” del INE, el módulo de IA del Censo de Estados Unidos y la sección especializada en IA de la OCDE, se ha obtenido una visión general y detallada de la situación empresarial en términos de inteligencia artificial en España y su comparativa con grandes potencias. Esta sección presenta un análisis exhaustivo de los datos recopilados, que abarcan diversos aspectos clave. Estos hallazgos ayudan a comprender el estado actual y las tendencias emergentes en el uso de la IA en el contexto empresarial español.

2.1. EVIDENCIA SOBRE EL USO DE LA IA EN LAS EMPRESAS

Según estos datos estadísticos, España se sitúa ligeramente por encima de la media de la Unión Europea. España cuenta con un 9,2% de empresas que utilizan algún tipo de tecnología de IA, mientras que la UE-27 alrededor de un 8%. No obstante, se encuentra por debajo de líderes

como Estados Unidos (26,6%) y en el contexto europeo tiene cifras inferiores a Dinamarca (15,2%) y Finlandia (15,1%). De esta forma, España se sitúa en el grupo de los países de nivel intermedio y se encuentra a una distancia considerable con respecto a países punteros en la implantación de IA.

GRÁFICO 1. La inteligencia artificial en la empresa (% de empresas que usan algún sistema de IA en España y la UE (2023))



Fuente: Elaboración propia según los datos de la encuesta «ICT usage in enterprises» de Eurostat y Censuses de EE.UU.

Más allá de simplemente identificar el total de empresas que emplean tecnologías de IA, es necesario entender la caracterización del uso de la IA en las empresas. Para ello nos serviremos de datos de Eurostat, así como de datos del INE de la encuesta sobre el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y el comercio electrónico en las empresas (TIC-E), concretamente en el módulo de inteligencia artificial.

Tanto en España como en la Unión Europea, la IA destaca principalmente por su aplicación en la automatización de flujos de trabajo diversos, así como en la ayuda en la toma de decisiones y, especialmente, en funciones relacionadas con los procesos productivos junto con funciones de seguridad en las TIC. Por el contrario, la implementación de estas tecnologías es menor en tareas vinculadas a la generación de

lenguaje escrito o hablado, y en aquellas que permiten el movimiento físico de las máquinas a través de decisiones autónomas basadas en la observación del entorno.

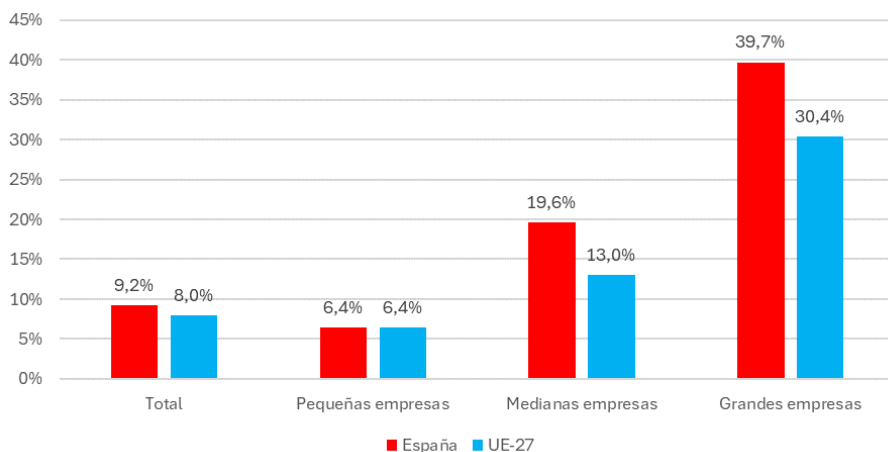
2.2. IMPACTO DE LA IA SEGÚN EL TAMAÑO EMPRESARIAL

A pesar de los avances, el uso de tecnología de IA en España continúa siendo minoritario. Por ejemplo, solo un 6,4% de las pequeñas empresas la utilizan, igualando así a la media europea. Por otro lado, las medianas y grandes empresas utilizan estas tecnologías en un 19,6% y 39,7% respectivamente, evidenciando porcentajes superiores a la media europea. Así mismo, es importante resaltar que países como Dinamarca y Finlandia son líderes independientemente del tamaño de la empresa, seguidos de cerca por países como Luxemburgo o Bélgica. En este contexto, comprender las dinámicas de adopción de la inteligencia artificial se vuelve fundamental para anticipar los desafíos y aprovechar las oportunidades que esta tecnología presenta en el ámbito empresarial en los distintos países, como más adelante se analizará en la sección de discusión del estudio. De esta forma podemos comprobar como a medida que el número de asalariados aumenta, o, lo que es lo mismo, el tamaño empresarial aumenta, la implantación de tecnologías de IA también lo hace.

En el marco de la estructura del tejido empresarial español, que está compuesto por un 0,18% de grandes empresas (aquellas con más de 250 trabajadores), en torno al 1% de medianas empresas (entre 50 y 250 trabajadores) y siendo el grueso principalmente pequeñas y microempresas (entre 10 y 50, y menos de 10 trabajadores respectivamente), el bajo índice de uso en estas últimas tiene un impacto notable en su posición relativa en términos de implementación de IA.

Las microempresas y las pequeñas empresas se enfrentan a desafíos significativos en la adopción de tecnología de IA. Entre estos desafíos se encuentran la escasez de conocimientos especializados en IA y los altos costes asociados con la implementación de *software* y equipos adecuados. Estos obstáculos contrastan con la situación en Estados Unidos, donde la falta de rentabilidad inmediata percibida de estas tecnologías en las empresas es lo que limita su adopción.

GRÁFICO 2. *Perspectiva de la IA en España y en la Unión Europea: adopción según el Tamaño de las empresas (% de empresas que usan algún sistema de IA (2023))*



Fuente: Elaboración propia según los datos de la «encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas» del INE y el «ICT usage in enterprises» de Eurostat.

En contraste, las medianas y grandes empresas tienen una ventaja en este sentido. La limitación de los costos no les afecta tanto, así como la disponibilidad de capital humano experto, ya que pueden acceder más fácilmente a economías de escala y aprovechar las inversiones y capacidades en IA de otros países, como Estados Unidos, líder en inversiones de capital riesgo en IA y en la formación de personal cualificado.

TABLA 1. *Los frenos de la IA en España según el tamaño de las empresas (% de empresas (2023))*

| | Pequeñas empresas | Medianas empresas | Grandes empresas |
|--|-------------------|-------------------|------------------|
| Las tecnologías de IA no son útiles para la empresa | 10,8% | 6,2% | 8,9% |
| Consideraciones éticas | 20,8% | 16,2% | 12,4% |
| Falta de claridad sobre las consecuencias legales | 46,9% | 34,6% | 32,5% |
| Preocupación con respecto a la violación de la protección de datos y la privacidad | 41,8% | 25,8% | 35,0% |
| Incompatibilidad con equipos, software o sistemas existentes | 36,4% | 36,0% | 39,0% |
| Dificultades con la disponibilidad o calidad de los datos necesarios | 47,7% | 44,6% | 48,2% |
| Los costes parecen demasiado altos | 72,6% | 55,3% | 55,2% |
| Faltan conocimientos especializados relevantes en la empresa | 78,8% | 77,5% | 78,3% |

Fuente: Elaboración propia según los datos de la «encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas» del INE

Además, según muestran los datos más recientes del INE, la mayoría de las empresas adquieren *software* o sistemas de IA comerciales listos para usar, o bien recurren a la contratación de proveedores externos para desarrollarlos o modificarlos. Esta estrategia les permite integrar la IA en sus operaciones de manera más eficiente y sin necesidad de realizar grandes inversiones en investigación y desarrollo.

Parece, por tanto, que las empresas españolas no se plantean estrategias de desarrollo de IA propias, sino que tienden a adquirir productos ya elaborados, lo cual explica que las cifras en inversiones de IA sean sorprendentemente bajas comparadas con potencias como Estados Unidos y China. Concretamente, Estados Unidos acumula aproximadamente un total de 425.000 millones de dólares en inversiones a lo largo de los últimos 10 años, seguido de China con cerca de 250.000 millones. España, por el contrario, se encuentra muy por debajo del acumulado de la Unión Europea que suma cerca de los 50.000 millones de dólares en inversiones (OCDE, 2024).

Por otro lado, en términos de implantación de habilidades de IA, es decir, la proporción de trabajadores con habilidades en IA, Estados Unidos se mantiene a la cabeza a nivel internacional. España, por el contrario, se encuentra ligeramente por debajo de la media de la OCDE. Es esencial destacar que estos cambios en la economía derivados de la digitalización y el surgimiento de estas especialidades requieren una adaptación tanto de las compañías como del personal a esta nueva realidad. Las empresas españolas deben abordar estos desafíos con urgencia para no quedar rezagadas en el panorama internacional de la inteligencia artificial (OCDE, 2024).

3. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos proporcionan una visión detallada de la situación actual de la inteligencia artificial en las empresas. Ahora, es fundamental profundizar en las implicaciones de estos hallazgos y explorar las discusiones que surgen a partir de ellos. En esta sección analizaremos, más a fondo, los desafíos, las oportunidades y las posibles implicaciones

de los resultados presentados, así como su significado en el panorama empresarial y tecnológico tanto a nivel nacional como internacional.

3.1. DESAFÍOS OPERATIVOS

El consenso es claro: la implementación de la inteligencia artificial promete mejorar las economías y catalizar la transformación de diversos sectores económicos. Se reconoce que la IA no solo facilita tareas o mejora la eficiencia, sino que también puede acelerar la innovación y la investigación. Los países que implementen adecuadamente estas tecnologías verán una diferencia notable en su competitividad y productividad (Szczepanski, 2019).

En efecto, la mayoría de los estudios (Filippucci *et al*, 2024) enfatizan que la IA tendrá un impacto económico significativo, afectando de manera considerable a la tasa de crecimiento de las economías. Por un lado, la IA genera ganancias de productividad a corto plazo gracias a la automatización de tareas rutinarias. Así mismo, la productividad también mejorará gracias a que las empresas complementen y asistan a su fuerza laboral existente con tecnologías de IA. Por último, la economía también se beneficiará de la difusión de la innovación, que afectará a diferentes sectores y creará nuevas fuentes de ingresos.

De todas formas, a pesar de la evidencia inicial de mejoras en la productividad, los resultados a largo plazo de la productividad agregada de la IA aún son inciertos. Una posible explicación de ello puede deberse, en parte, a la limitada difusión de las capacidades de la IA. De hecho, en Estados Unidos uno de los frenos principales para la implantación de tecnologías de IA en la empresa, como se ha comentado anteriormente, es el hecho de considerar que no van a ser útiles en términos de rentabilidad inmediata.

Aun así, para que la implementación generalizada de tecnologías de IA pueda tener un impacto máximo en la productividad, debe ir acompañada de innovaciones complementarias.

La evidencia empírica lo demuestra: el crecimiento sostenido de la productividad es el elemento fundamental para impulsar dinámicas positivas de empleo, crecimiento económico y, en última instancia, bienestar

social. Uno de los aspectos más preocupantes de la economía española es su bajo crecimiento de la productividad, que se encuentra muy por debajo del de otras economías de referencia, como la eurozona o la Unión Europea en su conjunto (CEIM, 2023).

Existe, por ello, una preocupación creciente sobre la posibilidad de que tanto Europa como España estén rezagadas en términos de implementación y desarrollo de sistemas de IA en comparación con otras potencias. Esta brecha no solo implica un desafío económico, sino también estratégico, ya que la dependencia de la importación de sistemas de IA de países como Estados Unidos, líder en desarrollo tecnológico, podría resultar en una salida de capitales del país. Existe la posibilidad de que las empresas desarrolladoras de IA aprovechen su posición dominante en el mercado para extraer rentas, puesto que los consumidores, al no tener otras alternativas, se verían obligados a pagar precios mucho mayores que los costes marginales de producción. De esta forma, nos encontramos con que España se puede encontrar en una posición desventajosa en el panorama global de la IA.

De esta forma, aquellas empresas rezagadas en la adopción de estas tecnologías enfrentarán desafíos significativos para competir en los mercados y aquellos países que implementen adecuadamente la IA verán una diferencia notable en su competitividad.

Se ha podido comprobar que España se está quedando atrás. Si bien las grandes empresas se enfrentan a desafíos, son especialmente las pequeñas empresas y microempresas las que corren más riesgos, fundamentalmente por obstáculos como recursos limitados y la falta de experiencia en el campo. De esta manera se genera una brecha cada vez mayor entre los líderes tecnológicos y los rezagados en todos los sectores (Del Do *et al*, 2023).

Concretamente España, cuya estructura empresarial se caracteriza por más de un 90% de pequeñas empresas y microempresas, debe de aplicar medidas para poder incorporar estas tecnologías y seguir en el campo de juego. De hecho, esto también presenta una oportunidad para proporcionar herramientas específicas a las pequeñas empresas, mitigando, así, las dificultades que enfrentan. Por consiguiente, la identificación

por parte del sector privado, de las necesidades de estas empresas puede desempeñar un papel fundamental en el fortalecimiento y el crecimiento de las pequeñas empresas, fomentando su desarrollo y contribuyendo al dinamismo económico.

Específicamente, las pequeñas empresas dan más utilidad a las tecnologías de IA en funciones relacionadas con el proceso de producción o de administración y gestión empresarial. Por lo tanto, la creación de herramientas que ayuden en el diseño de producto, en la atención al cliente o que mejoren toma de decisiones ayudaría a impulsar a las empresas con menos trabajadores y cifra de negocios.

El sector público tiene también un papel importante que desempeñar en la promoción de los sistemas de IA. No solo se restringe a las pequeñas empresas, sino que puede promocionar también el desarrollo de la IA en medianas y grandes empresas para mantenerse competitivas en el mercado.

Entre las iniciativas públicas (Gobierno de España, 2023) destaca la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (ENIA). Esta estrategia forma parte del componente 16 del Plan de recuperación, Transformación y Resiliencia, desarrollado por el Ministerio de Economía, Comercio y Empresa junto con el Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública. Concretamente, en los últimos tres años se han llevado a cabo más de 250 proyectos innovadores en materia de IA fomentados por el sector público, pero en colaboración con el sector privado.

Dentro del marco de la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (ENIA), se destacan varios proyectos, incluido un sandbox regulatorio para la implementación del próximo Reglamento Europeo de IA, la creación de la Agencia Nacional de Supervisión de la Inteligencia Artificial, el establecimiento del observatorio del impacto social y ético de los algoritmos (OBISAL), junto con el plan de Protección para Colectivos Vulnerables en inteligencia artificial y el plan de sensibilización y confianza hacia la inteligencia artificial.

El papel fundamental de la ENIA, según el Ministerio de Economía, Comercio y Empresa, radica en aprovechar las oportunidades derivadas de la IA, la transformación digital y la economía del dato para impulsar la modernización del modelo productivo español. Con este fin, la ENIA

busca convertir a España en un referente en la transformación hacia una economía del dato; impulsar la inteligencia artificial como motor de innovación y crecimiento económico-social, inclusivo y sostenible; establecer marcos regulatorios que delimiten y orienten el diseño de la IA, asegurando el respeto a los derechos de la ciudadanía; fomentar las infraestructuras de datos y tecnológicas que sustentan la IA y fortalecer la competitividad a través de actividades de I+D en las Tecnologías Habilitadoras Digitales (THD).

Estas acciones se continuarán impulsando para cumplir con los objetivos en el ámbito de la inteligencia artificial y la economía del dato. Además, se destacan otras estrategias como la española de I+D+I en inteligencia artificial, así como componentes adicionales dentro del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la economía española (Gobierno de España, 2024).

De hecho, se está desarrollando (Gobierno de España, 2023), entre el Ministerio de Economía, Comercio y Empresa y el Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública, un nuevo proyecto que contempla la colaboración entre Administración y empresas de tecnología puntera para implementar modelos de IA dirigidos a las pymes.

En este contexto, el concepto de la economía del dato (Ministerio de economía, comercio y empresa, 2024) se erige como un componente fundamental para respaldar las iniciativas en curso. En la era digital actual, los datos se han convertido en el elemento central que impulsa las grandes transformaciones que están reconfigurando el mundo tal y como lo conocemos. La inteligencia artificial es una de las tecnologías que se está desarrollando con mayor rapidez en todo el mundo, en parte gracias a la gran proliferación de datos. El acceso a los datos es un requisito para el desarrollo de la IA, por lo que no se puede dejar de lado los principios de equidad y de privacidad que suponen un peligro para el mundo de los datos (IEE, 2022).

3.2. DESAFÍOS INSTITUCIONALES

Hasta ahora, hemos explorado cómo la implementación de la IA puede mejorar la eficiencia, la competitividad y la productividad en diferentes

sectores económicos. Sin embargo, más allá de estos beneficios económicos, es crucial considerar las implicaciones éticas y sociales de esta tecnología.

Este enfoque nos lleva a considerar la nueva legislación europea sobre inteligencia artificial (Comisión Europea, 2024). Esta ley, con dos objetivos claros, puede impactar en la competitividad empresarial y en la capacidad de innovación, tanto a nivel global como específicamente en el caso de las empresas españolas.

Por un lado, busca garantizar que los sistemas de IA utilizados en la Unión Europea sean seguros y respeten los derechos de los ciudadanos. Por otro lado, tiene como objetivo estimular la inversión y la innovación en el ámbito de la IA en Europa. La ley sobre IA se aplicará un año después de su entrada en vigor, en mayo de 2025, y regulará la IA en función de sus riesgos, dividiendo los sistemas en cuatro categorías principales.

Es importante señalar que esta es la primera propuesta legislativa en el ámbito de la inteligencia artificial a nivel mundial. Por lo tanto, podría convertirse en un modelo de referencia global para la regulación de la IA en otras jurisdicciones. Sin embargo, en el contexto de la legislación de la IA, es esencial encontrar un equilibrio entre la regulación necesaria para proteger los derechos y la seguridad de los ciudadanos y el impulso de la innovación y aplicación de la IA. Demasiada regulación podría frenar la innovación, por lo que se debe buscar un enfoque que fomente el desarrollo responsable de la IA sin obstaculizar su progreso.

Regular la IA es crucial para mitigar riesgos éticos y sociales, y promover su uso responsable y beneficioso. Los riesgos asociados con la inteligencia artificial abarcan desde cuestiones éticas y de privacidad hasta preocupaciones sobre la seguridad y la dependencia excesiva de sistemas automatizados.

Esto es especialmente evidente en el contexto del mercado laboral (Cazzaniga *et al*, 2024), donde la IA promete aumentar la productividad, como se ha comentado anteriormente, a la vez que amenaza con reemplazar a los humanos en algunos empleos y complementarlos en otros.

A largo plazo, los trabajadores se adaptarán a las cambiantes demandas de cualificación y a los cambios sectoriales pudiéndose crear y mejorar

puestos de trabajo. No obstante, en el corto y medio plazo hay colectivos de trabajadores que se verán fuertemente perjudicados y con dificultades para adaptarse a los cambios. De esta forma, los trabajadores con educación universitaria están mejor preparados para pasar de empleos en riesgo de desplazamiento a empleos de alta complementariedad mientras que los trabajadores de mayor edad pueden ser más vulnerables a la transformación impulsada por la IA. Por lo tanto, cabe esperar una remodelación del mercado de trabajo siendo la educación y la edad fuertes determinantes.

Ante este panorama en evolución, las economías deben centrarse en actualizar los marcos regulatorios y apoyar la reasignación laboral mientras protegen a los más perjudicados por la incorporación de la IA. Las economías emergentes y en desarrollo deben dar prioridad al despliegue de infraestructuras y habilidades digitales.

Concretamente en España, uno de los objetivos del ENIA (Ministerio para la transformación digital y de la función pública, 2024) que se ha comentado anteriormente es promover el fomento de capacidades digitales, potenciar el talento nacional y atraer talento global en IA. Para ello se han puesto en marcha medidas como el desarrollo del Plan Nacional de Competencias Digitales, promover una mayor oferta formativa en Formación Profesional y universitaria orientada a la IA, la puesta en marcha del Programa “SpAIn Talent Hub” o lanzar un programa de ayuda a la homologación de títulos y acreditaciones internacionales para la atracción de talento internacional con la promoción del talento femenino. Estas acciones podrían abordar los retos del mercado de trabajo en el futuro y promover una adaptación efectiva a los cambios impulsados por la IA.

Por otra parte, considerando que la IA puede utilizarse para tareas muy cercanas al consumidor, la percepción social de la IA pasa a tener importancia en el marco de la adopción y aceptación de estas tecnologías. Anteriormente se han analizado los posibles beneficios en términos de eficiencia y productividad que puede tener la IA. No obstante, la desconfianza de como la IA se comporta en situaciones complejas puede suponer una barrera en la adopción de nuevos sistemas y, por tanto, la

confianza influirá en el grado de aceptación de la IA para sustituir las tareas humanas (Pérez, 2024).

Conforme a datos del CIS, en España, alrededor de la mitad de la muestra que se tomó para la encuesta sobre la percepción de la ciencia y la tecnología, cree que la inteligencia artificial podría ser un problema (CIS, 2024). Así mismo, una gran parte de los españoles encuestados creen que existen riesgos en el uso de la inteligencia artificial, y han indicado que pueden ser riesgos “muy o bastante graves” (CIS, 2023).

Por lo tanto, es crucial abordar estas preocupaciones y promover una mayor comprensión pública sobre los beneficios y limitaciones de la IA para garantizar una implementación responsable en el futuro.

4. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

La implementación de la inteligencia artificial en el entorno empresarial español presenta tanto desafíos como oportunidades significativas. Después de analizar detenidamente la situación actual de la inteligencia artificial, así como sus comparativas con otras potencias globales, se pueden extraer varias conclusiones significativas.

Desde una perspectiva operativa, se observa que España se encuentra en una posición intermedia en términos de adopción de tecnologías de IA en comparación con otros países europeos y líderes mundiales como Estados Unidos. Aunque existe un progreso notable en la implementación de la IA en algunas empresas españolas, aún queda mucho por hacer para alcanzar los niveles de adopción de los líderes del sector. Concretamente, se observa un creciente interés, especialmente entre medianas y grandes empresas, mientras que las pequeñas y microempresas se enfrentan a mayores desafíos.

Para abordar estos desafíos, destaca la importancia de promover un entorno propicio para la innovación y el desarrollo de la IA, al mismo tiempo que se garantiza un marco normativo adecuado para proteger los derechos de los ciudadanos y fomentar un uso ético de estas tecnologías. Es esencial encontrar un equilibrio entre la regulación necesaria

y el impulso de la innovación, evitando que una regulación excesiva frene el progreso en este campo.

El impacto económico es considerable, si bien la IA tiene potencial para impulsar la productividad, la eficiencia y mejorar el desarrollo y el crecimiento de las economías. Este avance tecnológico promete impulsar la productividad al automatizar tareas repetitivas y optimizar procesos complejos. A medida que las empresas adoptan la IA, se espera que aumente la eficiencia operativa y se reduzcan los costos, lo que, a su vez, podría traducirse en un crecimiento económico sostenido a largo plazo. No obstante, los efectos finales dependerán de la tasa de difusión de la IA en la economía y de la inversión en nuevas tecnologías y de habilidades relevantes y capacitación en la fuerza laboral.

Por tanto, esta transformación digital representa importantes retos tanto desde una perspectiva pública como privada, pudiéndose apreciar una preocupación colectiva en el desarrollo e incorporación de estas nuevas tecnologías, lo que indica un impulso hacia su adopción y desarrollo continuo.

Una problemática aún no analizada dentro del ámbito de las tecnologías de inteligencia artificial es su tratamiento financiero-contable. Dado que las tecnologías de IA representan una incorporación relativamente novedosa en el entorno empresarial, persisten dudas sobre su tratamiento contable adecuado. La aplicación de los principios vigentes de contabilización por el coste puede llevar a minusvalorar el auténtico valor de estos activos intangibles en el balance de las empresas y a presentar una imagen de baja rentabilidad en las empresas más innovadoras. Esto podría afectar negativamente a sus posibilidades de obtención de financiación para el desarrollo de sus sistemas frenando el ritmo de implantación.

A medida que la tecnología continúe evolucionando y su adopción se generalice en diversas industrias, surgirán nuevas cuestiones sobre cómo registrar y valorar adecuadamente estos activos intangibles. Esta materia ofrece interesantes perspectivas para su análisis en el futuro.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cámara, N., Neut, A. y Ruiz, P. (2023, 10 de octubre) Inteligencia Artificial: avances y retos. BBVA Research. <https://bit.ly/4aRGnCH>
- Cazzaniga, M., Jaumotte, F., Li, L., Melina, G., Panton, A. J., Pizzinelli, C., Rockall, E. J., y Tavares, M. M. (2024). Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work. Fondo Monetario Internacional.
- CEIM (2023, 30 de noviembre). Un análisis de la productividad regional: motor de crecimiento económico y bienestar social en la comunidad autónoma de Madrid. <https://bit.ly/3UDjwVC>
- CIS (2023, 1 de junio). Encuesta sobre la percepción de la ciencia y la tecnología [Comunicado de prensa]. <https://bit.ly/49ZkjEE>
- CIS (2024, 4 de marzo). Inseguridad en la red [Comunicado de prensa]. <https://bit.ly/3wlEzm7>
- Comisión Europea (2024, 25 de enero). Las claves de la nueva ley de inteligencia artificial. <https://bit.ly/3JHRgLj>
- Del Do, A. M., Villagra, A., y Pandolfi, D. (2023). Desafíos de Transformación Digital en las PYMES. *Informes Científicos Y Técnicos*, 15(1), 200–229. <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v15.n1.941>
- Filippucci, F., et al. (2024). The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges, *OECD Artificial Intelligence Papers*, No. 15, OECD Publishing, París, <https://doi.org/10.1787/8d900037-en>.
- Gobierno de España (2023, 5 de junio). Conoce la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (ENIA). <https://bit.ly/44n2K03>
- Gobierno de España (2024, 12 de abril). España impulsará el uso de la Inteligencia Artificial para facilitar la competitividad y el crecimiento de las pymes europeas. <https://bit.ly/3WkXLLI>
- Gobierno de España (2024). National plan for digital skills. <https://bit.ly/4byAKcz>
- Instituto de Estudios Económicos (IEE) (2022, junio.) El impacto económico del sector de datos en España. <https://bit.ly/3xTLQdj>
- Ministerio de economía, comercio y empresa (2023, 1 de mayo). Informe sobre los avances en la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial. <https://bit.ly/3UNOGtH>
- Ministerio de economía, comercio y empresa (2024). Economía del dato e Inteligencia Artificial. <https://bit.ly/4bgmgh7>

- Ministerio para la transformación digital y de la función pública (2024). ENIA National Artificial Intelligence Strategy <https://bit.ly/3JKZWQR>
- Ministerio de economía, comercio y empresa y Ministerio para la transformación digital y de la función pública (2024). Inteligencia Artificial. <https://bit.ly/3UCnspt>
- OECD.AI (2024). Visualisations powered by JSI using data from LinkedIn, accessed on 1/4/2024, www.oecd.ai.
- OECD.AI (2024), visualisations powered by JSI using data from Preqin, accessed on 1/4/2024, www.oecd.ai .
- Pérez, M. a. H. (2024, 21 de marzo). El papel de la percepción social en la implantación de la Inteligencia Artificial Generativa (I). Nada Es Gratis. <https://bit.ly/3xXDAsU>
- Russell, S., Perset, P. y Grobelnik, M. (2023, 29 de noviembre). Updates to the OECD's definition of an AI system. OECD.AI Policy Observatory. <https://bit.ly/4duxmnp>
- Szczepański, M. (2019, julio). Economic impacts of Artificial Intelligence (AI). European Parliamentary Research Service. <https://bit.ly/3xZxV5K>

EL REGISTRO DE LAS HERRAMIENTAS DE
LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LOS PROCESOS
DE LAS ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE
ESTUDIOS DE PERFIL TERRITORIAL
ECONÓMICO-SOCIAL

MÓNICA LILIANA RIVERA-OBREGÓN
JUAN MIGUEL AHUMADA CERVANTES
CRISTAL FONSECA BOJÓRQUEZ.
DULCE VALERIA DÍAZ HUICHO
Universidad Autónoma de Sinaloa

1. INTRODUCCIÓN

La educación científica proporciona los conocimientos, habilidades y valores necesarios para comprender, desarrollar y aplicar la metodología y los instrumentos de Inteligencia Artificial (IA) de manera ética, efectiva y responsable en diversos campos científicos y sociales. La relación entre la educación científica y la metodología y los instrumentos de IA es significativa y multidimensional, entre ellos se ubica los conocimientos que proporcionan una base sólida en áreas como matemáticas, estadísticas, informática y ciencias de la computación, entre otras, que son fundamentales para comprender los principios subyacentes de la IA.

El desarrollo de algoritmos son los conceptos aprendidos dentro de la educación científica, las estructuras de datos, son fundamentales para desarrollar algoritmos de IA eficientes y efectivos. Los aprendizajes automáticos familiarizan a los estudiantes con métodos y técnicas que son ampliamente utilizados en IA para el análisis de datos y la toma de decisiones. Aunado a ellos, la programación y desarrollo de software donde las habilidades adquiridas en educación científica son esenciales para desarrollar software y sistemas de IA con sus respectivos lenguajes.

La educación científica enseña a interpretar resultados y validar modelos, habilidades críticas para evaluar la efectividad y la precisión de los sistemas de IA. La ética y responsabilidad, inculca principios y valores de responsabilidad social que son importantes para el diseño y la implementación ética de sistemas de IA. Además, la educación científica fomenta la investigación y la innovación en el campo de la IA, impulsando avances en algoritmos, técnicas y aplicaciones, desarrollando habilidades para abordar problemas complejos, una capacidad crucial para delinear soluciones efectivas utilizando metodologías con herramientas de la IA, esta última, a menudo requiere y fomenta la colaboración interdisciplinaria para trabajar en equipos y comunicación efectiva con expertos en otras áreas, tales como: la medicina, la biología, la ingeniería, la economía, lo social y muchos otros, para resolver problemas del mundo real a través de sus aplicaciones prácticas.

1.1. DEFINICIÓN Y TIPOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La definición de la IA es polisémica, Cabanelas (2020), conceptualiza la IA como la habilidad y capacidad de “un ordenador, red de ordenadores o red de robots controlados por ordenadores para realizar las tareas comúnmente asociadas a seres humanos inteligentes. Es una rama de la informática-computación que se ocupa de la simulación del comportamiento inteligente” (p. 5). La Organización de las Naciones Unidas definió a la IA como “una constelación de procesos y tecnologías que permiten que las computadoras complementen o reemplacen tareas específicas que de otro modo serían ejecutadas por seres humanos, como tomar decisiones y resolver problemas” (ONU, 2018, p. 7).

Bughin *et al.* (2017), en Malta-Cruz *et al* (2022) definen a “la inteligencia artificial como la capacidad que tiene las máquinas para exhibir una inteligencia similar o parecida a la especie humana”. Saleh (2019) brinda la definición de la IA como “una rama de la informática. Se trata de desarrollar una computadora programas para completar tareas que de otro modo requerirían inteligencia humana. Los algoritmos de IA pueden abordar aprendizaje, percepción, resolución de problemas, comprensión del lenguaje y/o razonamiento” (p. 3).

Los autores del presente estudio definen a la IA como en el desarrollo de sistemas y máquinas capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana. Estos sistemas están diseñados para aprender de la experiencia, adaptarse a nuevos datos y realizar tareas específicas de manera autónoma, replicando algunas capacidades cognitivas humanas como el razonamiento, la percepción, el aprendizaje, la resolución de problemas y la toma de decisiones. La IA abarca una amplia gama de técnicas, desde algoritmos simples hasta redes neuronales profundas, y tiene aplicaciones en diversos campos. Su objetivo es crear sistemas que puedan realizar tareas de manera más eficiente y efectiva.

1.2. FASES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

De acuerdo con Cabanelas (2019) la IA se ha presentado en tres fases mismas que en la siguiente tabla 1 se describe

TABLA 2. *Fases de la Inteligencia Artificial, nombre y su descripción de acuerdo con Cabanelas*

| Fases | Nombre | Descripción |
|-------|---|---|
| 1 | Inteligencia artificial débil: automatización y aprendizaje | Se centrada en la automatización de procesos para aprender fácilmente patrones en los datos que se le proporcionan. Con la visión por computadora y el procesamiento del lenguaje, la inteligencia artificial débil puede jugar al ajedrez, hacer sugerencias de compra, realizar preferencias de inversión, facilitar la predicción de ventas, el pronóstico del tiempo y, en general, las actividades basadas en patrones que pueden perfeccionarse (p. 6). |
| 2 | Inteligencia artificial general: observar, analizar y reaccionar como una persona | puede observar, analizar y reaccionar ante el entorno como lo haría una persona. Es extremadamente difícil cuantificar la inteligencia humana y replicarla a través de códigos. |
| 3 | Súper inteligencia artificial | "Cuando la inteligencia artificial se vuelve mucho más inteligente que la conexión de los mejores cerebros y del aprendizaje compartido en prácticamente todos los campos, incluida la creatividad científica, la sabiduría y la red de aprendizaje colectivo y las habilidades sociales" (Brostrom, 2017, s/p), es decir, una singularidad que implicará grandes retos, incluso para transformar profundamente a la humanidad que conocemos (Cabanelas, 2019, p. 7). |

Fuente: elaboración propia a partir de la información de Cabanelas, 2019, p. 6-10).

Cabanelas (2019) dentro de la primera fase argumenta que tiene cuatro componentes esenciales:

Aprendizaje profundo (Deep Learning) con reconocimiento de pautas. El aprendizaje profundo es un área de la inteligencia artificial que imita el funcionamiento del cerebro humano en el procesamiento de datos y la creación de patrones para su uso en la toma de decisiones. El aprendizaje profundo es un subconjunto del aprendizaje automático capaz de aprender sin supervisión a partir de datos sin estructurar o sin etiquetar.

Aprendizaje de máquina (Machine Learning). Es una aplicación de la inteligencia artificial que utiliza técnicas estadísticas para que los sistemas informáticos se doten de las capacidades necesarias para aprender automáticamente y mejorar sus experiencias sin estar explícitamente programados.

Neuro Computación (Neuro Computing). Es una imitación de la acción del cerebro humano utilizando redes (electrónicas) neuronales.

Procesamiento de lenguaje (Natural Language Processing). Un área de la inteligencia artificial relacionada con las interacciones entre las computadoras y los lenguajes humanos (naturales), en particular, trata sobre cómo programar a las computadoras para procesar y analizar grandes cantidades de datos en lenguaje natural (p. 9).

Cabanelas (2019) concluye que

la revolución digital que ocurrió con el advenimiento de la informática e internet ya es historia. El próximo gran paso sería un gran avance en el desarrollo de la inteligencia artificial hasta la súper inteligencia artificial.

El problema ético que se presenta es de gran calado. La súper inteligencia artificial sería la invención más importante jamás hecha y daría lugar a un explosivo progreso en todos los campos científicos y tecnológicos con eficacia y eficiencia sobrehumana.

En la medida en que la ética es una dimensión cognoscitiva, la Súper inteligencia artificial podría superar fácilmente a los seres humanos en la calidad de su pensamiento moral (Bostrom, 2003). Sin embargo, los diseñadores de la súper inteligencia artificial podrían no incorporar motivaciones éticas, de tal forma que la súper inteligencia artificial podría ser una fuerza imparabla y enormemente poderosa debido a su superioridad intelectual y a las tecnologías que podría desarrollar. De ahí que resulte crucial que la SIA incorpore una gobernanza constantemente renovadora que, a su vez, incorpore una ética transformadora, al servicio de una misión en el que la sociedad y la inteligencia humanas se encuentren en el centro y también en los alrededores (Cabanelas, 2019, p. 14).

1.3. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ESTUDIOS DE PERFIL TERRITORIAL

Los estudios de perfil territorial son inherentemente multidisciplinarios, requieren la integración de conocimientos y enfoques de diversas áreas como: la geografía, economía, sociología, ingeniería y la informática, entre otros. Las universidades fomentan la colaboración entre diferentes disciplinas, permitiendo abordar de manera más completa y holística los desafíos territoriales, además, un papel activo en el servicio a la comunidad mediante la prestación de asesoramiento técnico, capacitación y colaboración en proyectos de desarrollo territorial local, regional y nacional. Los estudios de perfil territorial con el uso de la IA pueden potenciar significativamente su importancia y utilidad en diversas áreas. Algunas formas en las que la IA puede mejorar estos estudios son el análisis de datos avanzado, modelado predictivo, identificación de patrones espaciales, optimización de recursos, gestión de riesgos y resiliencia, interacción y visualización de datos entre otros.

La información generada de manera específica dentro de territorios específicos genera mayores perspectivas a considerarse en toma de decisiones, o políticas públicas, o, reorientaciones de programas de nivel superior, entre tantas otras más. Y si, después esta información recolectada conlleva a el caracter masivo. Las mayores posibilidades son en áreas territoriales lo más pequeñas, pero ello conlleva información de carácter masivo, por lo que la IA se convierte en un instrumento obligado para el análisis. Por otra parte, la generación de información estadística a partir de datos administrativos se puede ver facilitada por el desarrollo de la IA (Izquierdo, 2024).

Bajo esta esfera de consideraciones, identificar oportunidades en la actividad productiva socialmente útil para estudiantes de bachillerato con Necesidades Específicas de Apoyo al Aprendizaje (NEAE) en estudios de perfil territorial económico-social implica considerar características específicas para asegurar su inclusión y participación significativa. Algunas características clave pueden relacionarse con la adaptación curricular, dicha ésta como aspecto fundamental para adaptar los perfiles de egreso, objetivos, propósitos, competencias, contenidos de aprendizajes, entre otros, a partir de los datos recolectados en los estudios de

perfil territorial, para que sea accesible y comprensible para estudiantes con NEAE. Esto puede implicar simplificar el lenguaje, utilizar recursos visuales y multimedia de las IA, y proporcionar apoyos adicionales según las necesidades del estudio. Otra característica específica con la que se puede relacionar es el enfoque práctico y experiencial al incorporar actividades prácticas y experiencias de aprendizaje activo puede ayudar a los estudiantes a comprender mejor los conceptos y aplicaciones. Por ejemplo, realizar visitas de campo en organizaciones del sector económico y social, realizar entrevistas a miembros de la comunidad local o proyectos de investigación aplicada pueden ser formas efectivas de involucrar a los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

La identificación de oportunidades en la actividad productiva socialmente útil para estudiantes de bachillerato NEAE para su inclusión, a través de los estudios territoriales con estudio económico-social, tres características específicas más que se pueden definir en la disponibilidad del trabajo en equipo y colaboración entre las organizaciones económicas y el bachillerato con los estudiantes con NEAE ya que pueden ayudar a desarrollar habilidades sociales y de comunicación, así como a promover un ambiente de apoyo mutuo. Esto puede ser especialmente beneficioso para estudiantes con NEAE, ya que les brinda la oportunidad de trabajar junto a trabajadores asumiéndose como sus compañeros y aprender unos de otros. Esto puede implicar la asignación de tutores o facilitadores adicionales, la adaptación de materiales de aprendizaje, la provisión de ayudas técnicas o tecnológicas, y la implementación de estrategias de apoyo emocional y motivacional.

Al generarse estas características de los resultados de estudios de perfil territorial económico-social, se puede promover la inclusión y participación activa de los estudiantes de bachillerato con NEAE, brindándoles oportunidades significativas para desarrollar habilidades relevantes y contribuir de manera constructiva a su entorno social y económico. Alentar a los estudiantes a identificar y proponer soluciones prácticas a los desafíos ayuda al pensamiento crítico y resolución de problemas, así como a comprender el impacto real de su aprendizaje en la comunidad y su incursión como tal en la actividad productiva socialmente útil.

Las herramientas de la IA utilizadas en los estudios de perfil territorial, son definidas por la metodología utilizada. A la par de este estudio es interesante registrar ¿cómo se fueron incorporando metodológicamente las herramientas de la IA para ir realizando las diferentes etapas de la investigación en estudios de perfil territorial económico-social para identificar las oportunidades que tienen en su actividad productiva socialmente útil los estudiantes de bachillerato con NEAE?

2. OBJETIVO

Enunciar la incorporación de las herramientas metodológicas de la IA dentro de los procesos de las etapas de la investigación sobre estudios de perfil territorial económico-social, para identificar las oportunidades que tienen en su actividad productiva socialmente útil los estudiantes de bachillerato con NEAE.

3. METODOLOGÍA

El estudio fue de carácter exploratorio-descriptivo utilizando el método cualitativo. El instrumento utilizado fue la bitácora. El seguimiento se dio a partir de la observación participante en la realización de un estudio territorial económico-social el cual buscó enunciar las herramientas metodológicas utilizadas dentro del estudio de perfil territorial para identificar las oportunidades que tienen en su actividad productiva socialmente útil los estudiantes de bachillerato con NEAE.

4. RESULTADOS

En esta tabla 2 solo se presenta las IA y herramientas que se utilizaron en las diferentes fases del desarrollo de una investigación, misma que a continuación se presenta:

TABLA 2. Definición de las etapas e IA utilizadas y herramientas tecnológicas del estudio de perfil territorial económico-social para identificar las oportunidades que tienen en su actividad productiva socialmente útil los estudiantes de bachillerato semiescolarizado con NEAE.

| Etapas de la Investigación | Nombre de la actividad | Descripción de actividades | IA utilizadas / Herramientas tecnológicas | Justificación de uso |
|----------------------------|--------------------------|--|---|--|
| Etapa I | Diseño del marco teórico | Revisión de protocolo | Equipo Tecnológico: computadora, ordenadores, laptop, Tablet IA: Grammarly y Turnitin | Grammarly es una herramienta popular que utiliza algoritmos avanzados de procesamiento de lenguaje natural para detectar errores gramaticales, ortográficos y de estilo en el texto. Turnitin Analiza el texto en busca de similitudes con otros documentos y proporciona informes detallados sobre la originalidad del contenido |
| | | Definición de variables | Equipo Tecnológico: computadora, ordenadores, laptop, Tablet IA: Tesauros | Un tesauro es una herramienta de organización y recuperación de información que se utiliza para mejorar la precisión y la eficacia de la búsqueda de documentos, especialmente en entornos de información y bibliotecas. Consiste en una lista estructurada y controlada de términos relacionados, donde cada término está acompañado de relaciones semánticas que indican su significado y su relación con otros términos |
| | | Marco conceptual (definición de variables) | Equipo Tecnológico: computadora, ordenadores, laptop, Tablet, internet IA: Microsoft Word con características de revisión de texto | Microsoft Word cuenta con características integradas de revisión de texto, como corrección gramatical, ortográfica y sugerencias de estilo. Estas características pueden ser útiles para identificar errores y mejorar la calidad del texto |
| | | Marco referencial (selección de autores básicos y secundarios) | Equipo Tecnológico: computadora, ordenadores, laptop, Tablet, internet IA: Sistemas de recomendación de literatura: Google Scholar, Semantic Scholar, Scencedirect, Redalyc, Mendeley, entre otros. Zotero Microsoft Word con características de revisión de texto | Sistemas de recomendación de literatura: Estos sistemas utilizan algoritmos de aprendizaje automático para recomendar artículos, libros y otros recursos académicos relevantes para el tema de investigación Zotero es un software de gestión de referencias que facilita la recopilación, organización y citación de fuentes bibliográficas. Permite a los usuarios guardar referencias bibliográficas desde bases de datos en línea, catálogos de bibliotecas y sitios web, y luego insertarlas en documentos de texto utilizando diferentes estilos de citación. |
| Etapa II | Marco metodológico | Definición del método | Equipo Tecnológico: computadora, ordenadores, laptop, Tablet, internet Sistemas de recomendación de literatura | |

| | | | | |
|-----------|-------------------------------------|--|---|---|
| | | Diseño de instrumentos | Equipo Tecnológico: computadora, ordenadores, laptop, Tablet, internet IA: Optimización de preguntas | Optimización de preguntas: Herramientas de aprendizaje automático pueden analizar la estructura y el contenido de las preguntas para identificar posibles problemas, como sesgos, ambigüedades o redundancias, y sugerir modificaciones para mejorar la calidad del instrumento. |
| Etapa III | Trabajo de campo | Levantamiento de datos | Equipo Tecnológico: computadora, ordenadores, laptop, Tablet, internet, celulares IA: Plataformas de encuestas en línea Whatsapp | Plataformas de encuestas en línea: Herramientas como Google Forms pueden emplear algoritmos para personalizar encuestas según las respuestas previas de los participantes, optimizando así la experiencia del usuario y la calidad de los datos recopilados Whatsapp divulgación de los formularios |
| Etapa IV | Sistematización y análisis de datos | Sistematización de la información | Equipo Tecnológico: computadora, ordenadores, laptop, Tablet, internet IA: REDATAM | REDATAM: REcuparación de DATos para Áreas pequeñas por Microcomputadora". Este sistema está diseñado para facilitar la recopilación, procesamiento, análisis y difusión de datos estadísticos a nivel local, especialmente en áreas geográficas pequeñas. REDATAM es proporcionar herramientas para el análisis de datos a nivel de microdatos, es decir, datos individuales a nivel de encuestas o censos. Permite a los usuarios realizar consultas complejas sobre estos datos y generar tablas, gráficos y mapas para analizar tendencias, patrones y disparidades en la información recopilada |
| | | Análisis de los datos | | |
| Etapa V | Resultados y Conclusiones | Redacción de resultados y conclusiones | Equipo Tecnológico: computadora, ordenadores, laptop, Tablet, internet IA: Grammarly y Turnitin, Microsoft Word con características de revisión de texto | Arriba enunciado |
| | | Referencias bibliográficas | Equipo Tecnológico: computadora, ordenadores, laptop, Tablet, internet IA: EasyBib | EasyBib utiliza algoritmos para generar automáticamente referencias bibliográficas en diferentes estilos, incluido el estilo APA, a partir de información proporcionada por el investigador |

Fuente: elaboración propia

Los resultados de manera resumida fueron en que en cada etapa de la investigación se utilizaron diferentes herramientas de la IA, no se tuvo criterios definidos para su elección. El referente para utilizarlos fue que dentro del grupo de investigadores/as conocían y utilizaban dichas

herramientas que no a todos/as les eran familiares. Los investigadores/as compartían su conocimiento de cómo utilizarlas e implementarlas.

5. DISCUSIÓN

El desarrollo de metodologías, herramientas y tecnologías relacionadas con los estudios de perfil territorial incluye el desarrollo de algoritmos de análisis espacial, técnicas de procesamiento de datos geoespaciales y modelos predictivos para comprender mejor la dinámica territorial, sobre todo en la parte de elaboración de instrumento y recolección de datos.

Las metodologías pueden incluir consideraciones éticas y normativas relacionadas con el uso de IA en la investigación, como la privacidad de los datos, el sesgo algorítmico y la equidad en los resultados. Esto ayuda a garantizar que la investigación se lleve a cabo de manera ética y responsable, protegiendo los derechos y el bienestar de los participantes y las partes interesadas en todas las partes de las etapas del estudio.

Las consideraciones éticas y normativas en la investigación con IA, y los retos y desafíos que presenta el sesgo algorítmico, es crucial en los estudios territoriales, además, las alucinaciones de la IA y el efecto loros estocásticos pueden influir en el fondo de su investigación y su aplicabilidad a mediano y largo plazo (Castelló-Sirvent, 2024). Dentro de los desafíos específicos relacionados con el sesgo algorítmico en el análisis de datos territoriales, al utilizar la herramienta IA REDATAM variaron según el contexto y la aplicación específica, algunos que suelen ser relevantes; por ejemplo: en los datos de entrada donde los conjuntos de datos territoriales pueden estar sesgados debido a factores como la sobre presentación de ciertas comunidades, la falta de actualización de datos o la recopilación selectiva de información en los tipos de discapacidad. Esto puede llevar a resultados sesgados en el análisis. El geográfico si no tienen en cuenta la distribución espacial de los datos, un algoritmo que prioriza las áreas urbanas densamente pobladas puede ignorar las necesidades de las comunidades rurales o periféricas, esto fue algo crucial ya que el 70% del territorio se proviene del área rural.

Otro desafío fue la selección de variables para el análisis territorial ya que puede estar sesgada si se eligen solo aquellas que reflejan ciertos

aspectos de interés mientras se omiten otros que por ser variables secundarias (llamémoslas de esta manera) también inciden en el análisis y por ende puede llevar a una comprensión incompleta o distorsionada de la situación territorial.

Si se abordan los modelos analíticos utilizados en el análisis de datos territoriales con las herramientas de la IA enunciadas en la tabla 2 pueden estar sesgados si se basan en suposiciones incorrectas o si no tienen en cuenta ciertos factores relevantes, por ejemplo, un modelo de formación para estudiantes con NEAE puede ser sesgado si no considera adecuadamente los factores socioeconómicos o el sesgo en el tipo de discapacidad. Un desafío más pudo ser en la interpretación de resultados análisis, donde el territorial puede estar inclinada por los prejuicios o suposiciones de los analistas; esto puede llevar a conclusiones incorrectas o a la amplificación de estereotipos existentes en lugar de proporcionar una comprensión imparcial de la situación territorial; o el de retroalimentación y mejora continua ya que si no se monitorea de cerca y se corrige, el sesgo en los resultados del análisis territorial puede perpetuarse a través de ciclos de retroalimentación y mejora continua. Es importante implementar mecanismos para identificar y abordar el sesgo de manera proactiva.

Con relación a las alucinaciones de la IA si un modelo generativo produce alucinaciones que se confunden con datos reales, podría introducir datos falsos en un conjunto de datos utilizado para la investigación. Esto afectaría la integridad de los resultados y llevar a conclusiones erróneas, o, por introducir ruido en los datos, lo que dificulta la interpretación adecuada de los resultados y la identificación de patrones significativos. Ahora bien, los loros estolásticos pueden generar respuestas o comportamientos impredecibles o incoherentes debido a la naturaleza probabilística de sus algoritmos o la aleatoriedad en los datos de entrada.

Las estrategias que se utilizan para mitigar los riesgos en sesgos algorítmicos son las técnicas como la auditoría de algoritmos, la diversificación de conjuntos de datos, la sensibilización sobre sesgos y la implementación de medidas de equidad y transparencia en el diseño y la implementación de algoritmos de IA. Esto es fundamental para garantizar que los sistemas de IA sean justos, imparciales y equitativos en su

funcionamiento y resultados, en los estudios de perfil territorial, y que pueden en un momento dado aplicarse en otros tipos de estudios.

La discusión sobre las metodologías en el uso de la IA en procesos de investigación, es importante contemplar consideraciones éticas y normativas (Herrera, 2024). Al inicio de la investigación, se aseguró de ser los más éticos posibles, valorando que la ética de manera desde el diseño y la implementación de estudios de perfil territorial con IA, donde se asume que es fundamental para garantizar que estos proyectos respeten los principios éticos y promuevan el bienestar de las comunidades involucradas. Se valoramos y realiza un análisis exhaustivo de impacto ético antes de comenzar el estudio. Esto implica identificar los posibles impactos positivos y negativos del uso de IA en los estudios de perfil territorial, especialmente en términos de privacidad, equidad, transparencia y justicia social.

El involucramiento de la participación comunitaria buscando que se respeten las perspectivas y preocupaciones de las personas y organizaciones que pueden verse inmersas por las decisiones tomadas a partir de los propósitos del estudio; y la de mantener la transparencia en todas las etapas del proyecto. Esto incluye proporcionar información clara sobre cómo se recopilan, procesan y utilizan los datos, así como ser transparente sobre las limitaciones y posibles sesgos de la herramienta IA utilizada.

Dentro de los sesgos, se consideraron que toda investigación debe de retomarse los LLM, sobre todo los relacionados con la confidencialidad, que en algún momento pueden arrojar los estudios territoriales. “Los riesgos de sesgos latentes para usos ligados a la investigación en la agregación y estructuración de conocimiento, particularmente en los LLM, como modelos orientados a la interpretación y discusión de datos obtenidos en estudios empíricos” (Gouveia, 2024, p. s/p).

6. CONCLUSIONES

La educación científica desempeña un papel fundamental en el desarrollo de las metodologías, instrumento y herramientas en los procesos de investigación, formación, colaboración interdisciplinaria, transferencia

de conocimiento, innovación y servicio a la comunidad en el ámbito de los estudios de perfil territorial, contribuyendo así al desarrollo sostenible y la mejora de la calidad de vida en las áreas urbanas y rurales; así la IA se ha adherido a estos procesos como una arteria esencial para su desarrollo. En este mismo sentido Roger (2024), enuncia

En la búsqueda constante de soluciones innovadoras para abordar los desafíos territoriales, las universidades desempeñan un papel crucial al promover la colaboración interdisciplinaria entre diversas áreas de conocimiento. En particular, la integración de la inteligencia artificial en los estudios de perfil territorial ha surgido como un campo prometedor para comprender y gestionar los procesos socioeconómicos en contextos urbanos y rurales. Sin embargo, esta integración requiere un enfoque colaborativo que involucre a expertos de diferentes disciplinas (Roger, 2024, p. s/p).

En la Postura de Roger se hace sinergia al abordar los desafíos territoriales, las universidades desempeñan un papel crucial al promover la colaboración interdisciplinaria entre diversas áreas de conocimiento. Por ente debe de incluirse también con criterios definidos y específico las herramientas e instrumentos de la IA.

Algunas estrategias que se pueden implementar en la colaboración interdisciplinaria es a través de la colaboración entre Cuerpos Académicos de investigación con algunas acciones como: programas académicos interdisciplinarios que fomenten la colaboración entre diferentes disciplinas, como la geografía, la informática, la ingeniería, la sociología y la economía, la administración, lo social, entre otros para abordar los desafíos complejos relacionados con los estudios de perfil territorial y la IA; estableciendo centros de investigación interdisciplinaria dedicados específicamente a la integración de la IA en los estudios de perfil territorial ya que pueden proporcionar un espacio colaborativo para investigadores de diversas disciplinas para trabajar juntos en proyectos comunes; implementando programas de capacitación y formación en IA para estudiantes y profesionales de diversas disciplinas en la cual se promueva la comprensión común de los conceptos y técnicas relacionadas con la IA, facilitando así la colaboración interdisciplinaria en proyectos de investigación; organizando eventos, seminarios y talleres interdisciplinarios donde expertos de diferentes áreas puedan compartir conocimientos,

ideas y experiencias sobre la integración de la IA en los estudios de perfil territorial y así fomentar la colaboración y el intercambio de mejores prácticas; integrar redes de colaboración entre investigadores, instituciones y/u organizaciones interesadas en la integración de la IA en los estudios de perfil territorial puede facilitar la identificación de oportunidades de colaboración y la difusión de conocimientos y resultados; alentando y apoyando proyectos de investigación interdisciplinaria que aborden problemas del mundo real relacionados con el perfil territorial y que requieran soluciones innovadoras basadas en la IA puede motivar también la colaboración entre diferentes disciplinas.

De la misma manera, a través de la colaboración entre Cuerpos Académicos de investigación, la creación de espacios formales o virtuales donde investigadores y profesionales de diferentes disciplinas incluyendo estudiantes puedan reunirse, intercambiar ideas y explorar oportunidades de colaboración en proyectos relacionados con el uso e implementación de herramientas e instrumentos de la IA; también, a través de clases espejo donde se promuevan la participación activa de los estudiantes, docentes e investigadores en el fomento el aprendizaje entre pares y refuerza la comprensión y aplicación de las mismas.

8. REFERENCIAS

- Bughin, J., Hazan, E., Ramaswamy, S., Chui, M., Allas, T., Dahlström, P., Henke, N., y Trench, M. (2017). McKinsey Global Institute: Artificial intelligence the next digital frontier? McKinsey and Company. Arnau, J. (2018). Fundamentos de la vía media. Alianza
- Cabanelas Omil, J. (2019). Inteligencia artificial ¿Dr. Jekyll o Mr. Hyde? Mercados y Negocios. (40). <https://acortar.link/DYMhsX>
- Castelló-Sivent, F. (12-abril-2024). Estudios de perfil territorial económico-social y educación científica: el registro metodológico de la IA dentro de los procesos del levantamiento de datos empíricos. I Congreso Internacional Inteligencia Artificial, Innovación, Economía y Empresa. Symposium La IA en la investigación académica y científica. <https://acortar.link/xgbf0r>

- Gouveia Rodrigues, R. (13-abril-2024). Estudios de perfil territorial económico-social y educación científica: el registro metodológico de la IA dentro de los procesos del levantamiento de datos empíricos. I Congreso Internacional Inteligencia Artificial, Innovación, Economía y Empresa. Simposium La IA en la investigación académica y científica. <https://acortar.link/xgbf0r>
- Herrera González del Peral, E. (11-abril-2024). Estudios de perfil territorial económico-social y educación científica: el registro metodológico de la IA dentro de los procesos del levantamiento de datos empíricos. I Congreso Internacional Inteligencia Artificial, Innovación, Economía y Empresa. Simposium La IA en la investigación académica y científica. <https://acortar.link/xgbf0r>
- Izquierdo Llanes, G. (13-abril-2024). Estudios de perfil territorial económico-social y educación científica: el registro metodológico de la IA dentro de los procesos del levantamiento de datos empíricos. I Congreso Internacional Inteligencia Artificial, Innovación, Economía y Empresa. Simposium La IA en la investigación académica y científica. <https://acortar.link/xgbf0r>
- Maita-Cruz, Y. M., Flores-Sotelo, W. S., Maita-Cruz, Y. A., y Cotrina-Aliaga, J. C. (2022). Inteligencia artificial en la gestión pública en tiempos de Covid-19. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVIII (Especial 5), pp, 331-330.
- ONU (2018). Organización de las Naciones Unidas. Informe del Relator Especial sobre la promoción y protección del derecho a la libertad de opinión y de expresión. Abril 6.
- Roger Monzó, V. (12-abril-2024). Estudios de perfil territorial económico-social y educación científica: el registro metodológico de la IA dentro de los procesos del levantamiento de datos empíricos. I Congreso Internacional Inteligencia Artificial, Innovación, Economía y Empresa. Simposium La IA en la investigación académica y científica. <https://acortar.link/xgbf0r>
- Saleh, Z. (2019). Definición, ética y estándares de inteligencia artificial. BUE The British University in Egypt. <https://acortar.link/LeYSQj>

HOW EFFICIENT STRUCTURE OF 'PROMPTS' IMPACT ON PERCEPTION AND LEARNING OF STUDENTS IN ONLINE EDUCATION

SILVIA RODRIGUEZ-DONAIRE

UOC's Business and Economics Department

ANNA ESPASA

UOC's Psychology and Educational Science Department

ROBERT CLARISÓ

UOC's IT, Multimedia and Telecommunications Department

1. INTRODUCTION

One example of this is Second Life, which was unsuccessful because the majority of users did not find it particularly interesting. Another crucial factor is users' openness to incorporating new tools, such as generative AI, into their professional tasks. Tools like ChatGPT from OpenAI, Gemini from Google, and CoPilot from Microsoft can improve the efficiency and effectiveness of everyday activities like writing emails, accessing knowledge, and creating videos, something that was once unimaginable.

The history of artificial intelligence can be traced back to 1854 when George Boole developed it. However, the term "artificial intelligence" was first coined by John McCarthy in 1956 during the Dartmouth Conference, which laid the foundation for its development. Machine learning algorithms were advanced during the 1980s and 1990s, allowing AI to learn and improve autonomously. In 1997, IBM's DeepBlue computer defeated world chess champion Garri Kasparov, and iRobot launched Roomba, the first autonomous robot vacuum cleaner, which became a commercial success. The 2010s saw the development of deep neural networks, which enabled AI to perform complex tasks such as image recognition and natural language processing. As a result, virtual

assistants such as Apple's Siri, Microsoft's Cortana, and Amazon's Alexa were launched, and generative AI capable of creating content such as text, images, and music emerged. This opened up new creative possibilities, leading to the launch of ChatGPT and other applications that consolidated content creation globally by 2022.

The increased use of AI in the education sector has led to a growing debate about whether traditional educational models that rely on summative evaluation—an evaluation that focuses on the final results of the learning process—are still the most effective.

As AI technology becomes more advanced, it can carry out increasingly complex tasks. This means that the current educational model needs to be redesigned to incorporate a formative evaluation approach. This approach involves evaluating students throughout the learning process, allowing for continuous competency development. It enables students to become more aware of their learning process and allows teachers to make informed decisions to guide teaching in a more personalized way.

For this reason, it is expected that the educational model will undergo a transformation towards redefining the curriculum, evaluation, and personalization processes within the educational sector. This transformation will also involve changing the roles of both students and teachers. Students will become more participatory, and teachers will take on a facilitator role to accompany the students' learning process.

AI will act as a teaching assistant, helping students with doubts related to the training content through a chatbox, and sharing the dialogue with the teaching staff. The AI will also filter and transfer complex issues to the teaching staff. This will allow the development of student competencies beyond mere knowledge acquisition. AI will help students develop skills such as efficient and ethical use, critical analysis and decision-making, and resilience in changing environments.

However, students' misuse of AI can negatively impact their evaluation. The lack of tools for teachers to recognize potential plagiarism or misuse of AI also puts the evaluation system at risk. Therefore, the design of activities within virtual classrooms must adapt to this new digital transformation era.

Teachers are recommended to revamp their classroom activities and shift from purely theoretical activities to problem-based learning (PBL), collaborative learning, flipped learning, and prioritize critical thinking skills. They should also focus on presenting conflicting information with reliable sources and encourage students to reflect on their learning process.

Additionally, the integration of AI within universities' learning platforms, both online and offline, will allow for personalized and adaptive training processes. This means that not only the content and exercises can be adjusted to the student's performance and results, but individualized feedback can also be provided to help students understand their mistakes and improve their performance.

Moreover, Large Language Models (LLMs) algorithms can be used to update learning resources in real time based on the skills required by the market.

In transforming the education system, it is essential to consider the role of technology in the training process. Technology should not only meet market demands but also help future professionals develop new skills and knowledge ethically and responsibly.

Therefore, a shift from traditional teaching methodologies to active methodologies is required to integrate AI into the educational model. These methodologies focus on the student's educational process, encourage their responsibility and active participation, and stimulate more complex cognitive processes such as problem-solving, critical thinking, and collaborative learning. These aspects are critical to ensuring the identity and authorship of the student body and the reliability of the evaluation, particularly at a time when the use of AI tools is becoming widespread among students.

This study aims to evaluate students' effective formulation of prompts⁴ in AI and its impact on learning. It also investigates whether there is a positive correlation between the prompt structure used by the students

⁴ Prompt is defined as "A user query or instruction that triggers a response from an LLM" (Lin, 2024).

and the response generated by generative AI. It also seeks to explore the depth and veracity of the response and its impact on the learning process.

The chapter is structured as follows. First, a literature review on the use of AI in higher education is conducted. Next, the methodology used to carry out the empirical study is explained. Then, the activity that takes place within the online classroom is described. Finally, the main results found in the experiment are presented and discussed, and the study concludes by identifying the limitations and future research areas.

2. LITERATURE REVIEW

There is a significant amount of research (BaiDoo-Anu & Owusu An-sah, 2023; Chan & Hu, 2023; Maphoto et al., 2024; Michel-Villarreal et al., 2023; Ooi et al., 2023; Pesovski et al., 2024; Ruiz-Rojas et al al., 2023) that highlights the potential of generative AI to enhance learning and teaching in various knowledge disciplines. However, despite the many perceived benefits of AI, its use in higher education requires an exploration of potential ethical challenges and reservations related to academic integrity. In recent years, the higher education sector has faced different challenges, primarily due to the COVID-19 pandemic. The most significant challenge for most universities has been adapting in-person teaching to remote teaching. This situation has led to a reconsideration of how academic programs are delivered and introduced more flexible approaches to learning and teaching within universities.

The integration of generative AI in higher education is a challenge that calls into question the traditional role of universities in knowledge production and dissemination. According to Ride (2023), universities worldwide have varied responses to this technological advancement. Some institutions prohibit the use of generative AI tools due to concerns about academic integrity and the potential hindrance of independent thinking and creativity among students and faculty. On the other hand, there are those who believe that these tools can support the generation of ideas and enrich discussions in the context of teaching and learning.

AI has several applications in various sectors, and some of these can be replicated in the education sector as well. For instance, chatbots can be used to provide 24/7 assistance to students, optimization algorithms can offer personalized learning that adapts to the needs of each student, and automating administrative tasks can allow teachers to focus more on teaching.

Although AI has many potential advantages, such as personalization of content, accessibility of information, and promoting more interactive education with immersive and effective environments, it also poses risks. These include data protection and bias of AI algorithms, dehumanization of education, an increase in the digital divide between students with different access to advanced technologies, and excessive reliance on technologies that limit the development of cognitive and problem-solving skills. AI is another technological revolution, like the appearance of the Internet. That is why we must live with it, learn from it, and transform our educational models by training students to use AI ethically and responsibly.

Interacting with LLMs, such as ChatGPT, Gemini, Copilot, etc., might seem easy at first, but it requires a certain level of skill and knowledge to use them effectively. It is crucial to teach students how to create clear and concise instructions for LLMs, as it is usually a trial-and-error process. This is because the quality of the instructions given directly affects the quality of the results obtained, and a well-crafted prompt can lead to a precise, accurate, and relevant response from the LLMs, thereby maximizing its performance. Conversely, a poorly structured question can result in an ambiguous, incorrect, or irrelevant answer.

To make the most of the capabilities of LLMs, it is essential to master the art and science of formulating effective prompts, known as "prompt engineering." This requires a combination of domain-specific knowledge, model understanding, and skills that can only be honed through experience and learning. By equipping students with these skills, they can use AI safely, ethically, and effectively, receive more accurate answers, understand the limitations of LLMs, and develop new knowledge and skills to adapt to an ever-changing environment.

3. METHODOLOGY

This research is part of a qualitative study that aims to explore the relationship between the effective use of prompts in generative AI and the quality and accuracy of the response obtained in a specific activity. The study also aims to determine if this approach positively impacts the participants' learning process. More specifically, the research focuses on a debate activity that is part of a mandatory subject called "Information Systems" (IS) taught in Catalan and Spanish. The subject is offered as part of the curriculum for the Business Administration and Management (ADE) degree at the Universitat Oberta de Catalunya (UOC). This entirely online university follows an asynchronous educational model.

The study was conducted on 304 students enrolled in four Spanish and two Catalan classrooms. The Spanish classrooms had a maximum capacity of 55 students, while the Catalan classrooms had 43 students. Due to the time constraints and the study's qualitative nature, it was difficult to code the entire sample of the experiment. Therefore, the responses from only one Spanish classroom (55 students) were considered for this article. Out of these 55 students, only 39 participated in the debate activity, where they were required to give feedback to one of their classmates with the help of an LLM. Further analysis revealed that only 32 students had included the prompt used in their debate response, and 32 students had reflected on the response given to them by the LLMs. These two values were discarded, and a sample size of 31 was ultimately used for the study. To ensure the confidentiality of the participants, all student data has been anonymized.

The study used a Generative AI tool named ChatGPT 4.0 to generate sample data. If you're interested in evaluating the effectiveness of prompts created by students within a debate activity, you can find the generated instructions in an open repository (Rodriguez-Donaire, 2024). Additionally, another instruction that collects information on students' perceptions regarding the response obtained by the LLMs used has been generated. This instruction is found in the same open repository (Rodriguez-Donaire, 2024). The qualitative results obtained from these

instructions have been coded into binary variables and are available in the following open data repositories (Rodriguez-Donaire, 2024).

Before proceeding to the quantitative analysis, the coding carried out by Generative AI is reviewed. It is worth noting that in some cases, the coding is not completely correct, and the study authors make manual modifications. Once the data was reviewed, a combination of quantitative and qualitative analysis was applied to confirm the model hypotheses, as shown in Figure 4.

4. EXPERIMENT DESIGN

This project aims to explore the use of an LLM such as ChatGPT, Gemini, or Co-pilot as a support tool for students in the virtual classroom. The project proposes that students provide feedback on an initial intervention carried out by one of their peers through the debate area. The UOC's virtual platform, Canvas, assigns this intervention randomly.

The activity requires students to write a 'prompt' in a generative AI that identifies the strengths and areas for improvement in the assigned answer, along with recommendations to improve the weaknesses. As part of the exercise, students are expected to verify the accuracy and depth of the AI-generated information and complement it with their own analysis and perspective. Finally, at the end of the activity, students are asked to evaluate the answer provided by the AI based on various qualitative variables such as reliability, quality, completeness, originality, creativity, and coherence.

FIGURE 1. Statement of the debate activity - Feedback of an Intervention



Your intermediate intervention in response to the initial intervention of the assigned partner should include the following:

1. The Generative AI used in the exercise.
2. The prompt used (questions you ask within generative AI). Within your prompt, you should include the initial intervention that has been evaluated. To keep your response brief, you can replace this information with the phrase "[Initial intervention of the student's name and last name]"
3. The answer that generative AI provides you.
4. Reason truthfulness and depth of the response proposed by the AI.
5. Make a final evaluation of the AI's response according to the following criteria:
 - **Reliability:** the information provided was accurate and free of inconsistencies or errors.
 - **Quality:** the information provided was of high quality.
 - **Completeness:** the information provided was complete.
 - **Originality:** the information provided was original and not copied from other sources.
 - **Creativity:** the information provided showed creativity.
 - **Multiple perspectives:** the information provided contained different points of view that added value.
 - **Coherence:** the information provided was consistent and logical.
 - **Conceptual relevance:** the information provided was related to the concepts discussed.
 - **Suitable examples:** the information provided included appropriate examples.
 - **Improvement:** the AI helped you improve your reflection on critical points.

Source: Created by the authors

After the debate activity was closed, the students' responses were evaluated using a rubric (see Figure 2).

FIGURE 2. *Criteria that teachers evaluate on the part of the activity that involves the use of AI*

| | EXCELLENT (10) | GREAT (9) | GOOD (7) | PASS (5) | FAIL (3) | DEFICIENT (0) |
|--|--|---|---|---|---|--|
| Argumentative intervention Reasoning and reflection of the AI response (20 Points out of 50 points) | Reason and thoroughly reflect on the response provided by the AI in relation to the interventions of classmates, with relevant, well-developed, justified contributions based on concepts studied in modules and/or valuable examples. | Reason and reflect adequately on the responses provided by the AI in relation to the interventions of your peers, making relevant, developed, justified, and concept-based contributions studied in the modules and/or valuable examples. | Reason and minimally reflect on the responses provided by the AI in relation to the interventions of your peers, with sufficient but undeveloped contributions and without examples or with little impact on the concepts of the modules. | Insufficiently reasons and reflects on the responses provided by the AI in relation to the interventions of their peers, with insufficiently argued and/or developed contributions. | Carry out superficial interventions, without exposing the response proposed by the AI, or reasoning or reflecting on the AI's response in relation to the interventions of your peers, and without providing any argumentation. | Does not make argumentative interventions. |
| Correct use of AI within the argumentative intervention (5 out of 50 points) | Correctly identify the generative AI used, the prompt used in the generative AI, as well as the response proposed by it. | Identify the generative AI used, the prompt used in the generative AI, as well as the response proposed by it. | Identify the generative AI used, part of the 'prompt' used in the generative AI, as well as part of the response proposed by it. | Identify the generative AI used, the prompt, and the response proposed by the AI are not identified. | | |

Source: Created by the authors

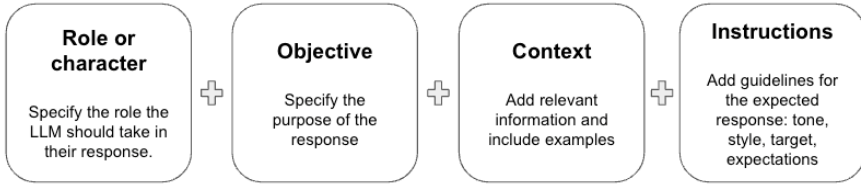
Figure 2 presents the two criteria used to evaluate the activity. The first criterion assesses the proper use of AI in the exercise and carries a weight of 5 points out of the total 50 points. The second criterion evaluates the reasoning and reflection shown in the response provided by AI. It aims to assess the development of critical and analytical thinking skills of the students concerning the application of AI and carries a weight of 20 points out of the total 50 points.

As part of the experiment, the students' prompts design is also evaluated. This evaluation aims to determine if the 'prompts' are efficient and whether an efficient design has an impact on the perceived depth and veracity of the answer provided by the AI. It also seeks to understand whether an efficient design of the 'prompt' has any relationship with students' perception of the usefulness of AI in the learning process.

Therefore, it is crucial that the 'prompt' follows a clear and concrete structure and includes the parts shown in Figure 3.

- Indicate the role or character the LLM must adopt in its response (e.g. acts as...)
- Specify the objective/purpose of the expected response
- Add relevant information about the context and give examples to specify the answer
- Be explicit in the instructions: the tone and style of the response, the target to whom it is directed, the expectations,...

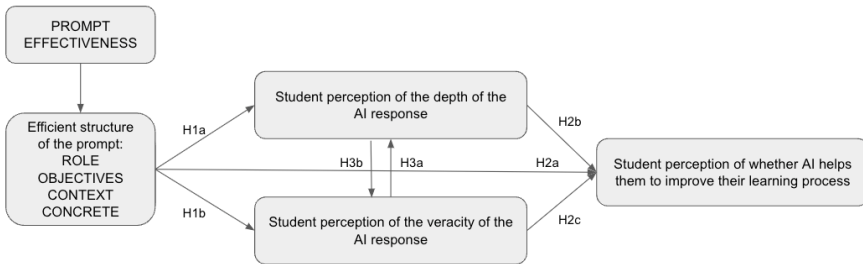
FIGURE 3. *Parts that an efficient 'prompt' must*



Source: Created by the authors

A proposed model (Figure 4) aims to examine the correlation between the structure of a prompt, the student's perception of depth, the truthfulness of their answers to the LLMs (Learning Module Materials), and their learning progress.

FIGURE 4. *Model of the experiment*



Source: Created by the authors

The model's hypotheses aim to help us confirm three things: (1) the relationship between the structure of "prompts" and student's perception of the answers obtained by the LLMs in terms of depth (H1a) and veracity (H1b); (2) the relationship between the structure of prompts (H2a), students' perception of depth (H2b) and veracity (H2c) of answers obtained by the LLMs, and the improvement of the student's learning process; and (3) whether there is a relationship between the perception of depth (H3b) and the perception of truthfulness (H3a) of the students. The hypotheses are detailed below:

- H1a: An efficient structure of a prompt contributes positively to the depth perception of the response obtained by the LLMs used.

- H1b: An efficient structure of a prompt contributes positively to the perception of the truthfulness of the response obtained by the LLMs used.
- H2a: An efficient structure of a 'prompt' helps positively in improving the student's learning process.
- H2b: A positive perception of the depth of the response obtained by the LLMs used helps positively in improving the student's learning process.
- H2c: A positive perception of the veracity of the answer obtained by the LLMs used helps positively in improving the student's learning process.
- H3a: A positive perception of the truthfulness of the answer obtained by the LLMs used influences the perception of the depth of the answer.
- H3b: A positive perception of the depth of the answer obtained by the LLMs used influences the perception of the truthfulness of the answer.

5. RESULTS AND DISCUSSION

This project aims to explore the use of an LLM such as ChatGPT, Gemini, or Co-pilot as a support tool for students in the virtual classroom. The project proposes that students provide feedback on an initial intervention carried out by one of their peers through the debate area. The UOC's virtual platform, Canvas, assigns this intervention randomly.

The study aimed to investigate the impact of different factors in the structure of a prompt (ROLE, OBJECTIVE, CONTEXT, and CONCRETE) on the perceived effectiveness, depth perception, and truthfulness of responses from large-scale language models (LLMs) and their effect on student learning. The data analyzed in this study is available on an open repository (Rodriguez-Donaire, 2024). The results showed significant insights into the interaction between prompt structure, depth perception, veracity, and their impact on learning.

Initially, the logistic regression model used in the study encountered challenges regarding sample precision. Therefore, model optimization was performed to balance the sample and calibrate the model variables. The optimized model showed significant improvements in accuracy and balance between classes compared to previous models. However, all variables except Mark_AI became irrelevant, indicating that Mark_AI is an extremely strong and dominant predictor of prompt effectiveness. Alternatively, it could suggest that the other variables may not be necessary in the presence of Mark_AI, at least under the regularization configuration performed.

To improve the explainability of the model and understand the specific contribution of each independent variable in the model, the correlations and possible interactions between Mark_AI and the other variables have been investigated. The interaction analysis showed that the relationship between Mark_AI and the effectiveness of the prompt was more complex than could be captured with a model that only considers the main effects.

The results of the coefficients between the interactions between Mark_AI and the other significant variables are the following:

- ROLE and Mark_AI: 0.596 (significant positive interaction)
- CONCRETE and Mark_AI: 0.321 (also positive)
- DEPTH and Mark_AI: 0.133 (slight but positive)
- LEARNING and Mark_AI: 0.211 (indicative of a positive interaction)

We found that positive interactions can have a positive impact on Mark_AI's effectiveness. This impact is affected by factors such as one's role, the concreteness of their response, and the depth and perception of learning. Our model's precision is 87.1%, which is similar to the optimized logistic regression model without interactions. However, our model provides a richer interpretation of the relationships between variables. We also analyzed how each specific combination of features influenced the prompt's effectiveness. We broke down the most

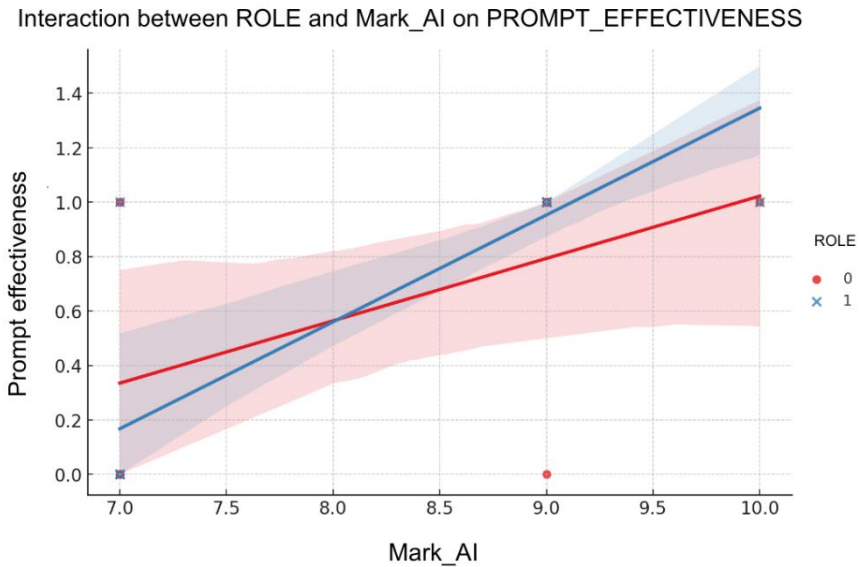
significant interactions and analyzed how each of them modified the effect of the Mark_AI variable on the prompt's effectiveness.

The following interactions were studied:

- ROLE and Mark_AI
- CONCRETE and Mark_AI
- DEPTH and Mark_AI
- LEARNING and Mark_AI

A scatterplot was created to investigate whether the ROLE variable could influence the connection between Mark_AI and the 'prompt' effectiveness. The scatterplot had fit lines for both cases when ROLE was 0 and when it was 1. This helped to observe the interaction effect directly. The results are shown in Figure 5.

FIGURE 5. Scatter plot between the interaction of the variable ROLE and Mark_AI on the dependent variable EFFECTIVENESS_PROMPT



Source: Created by the authors assisted by generative AI (OpenAI, 2023)

Model Results for ROLE = 0:

- **R-squared:** 0.268, suggests that Mark_AI explains 26.8% of the variability in effectiveness when ROLE = 0.
- **Coefficient for Mark_AI:** 0.229 (p-value = 0.085), indicating a positive relationship, although statistically on the verge of significance.

Model Results for ROLE = 1:

- **R-squared:** 0.755, indicates that Mark_AI explains 75.5% of the variability in effectiveness when ROLE = 1, much higher than in the case of ROLE = 0.
- **Coefficient for Mark_AI:** 0.393 (p-value < 0.001), showing a significant and stronger relationship.

The interaction between ROLE and Mark_AI variables notably impacted on a prompt's effectiveness. The results show that when ROLE is 1, Mark_AI has a greater impact on effectiveness. This suggests that the assigned role or responsibility significantly affects how AI evaluation affects the effectiveness of the prompt.

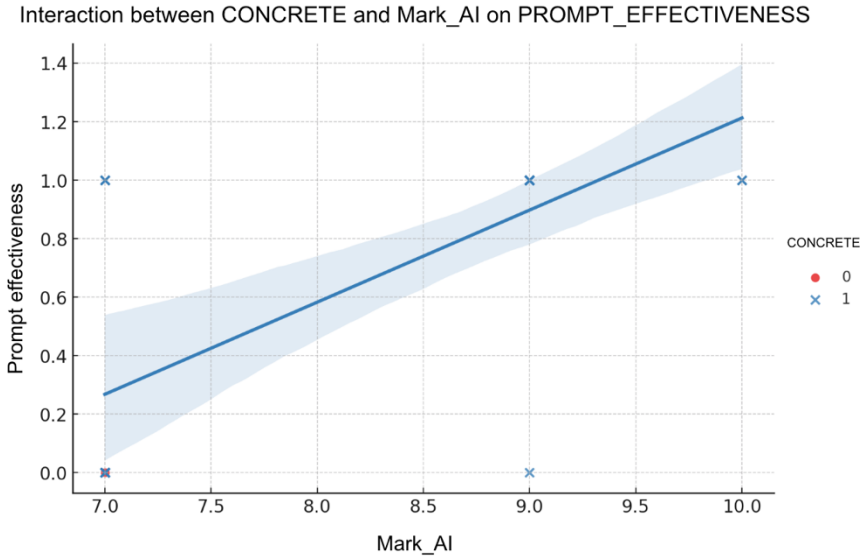
Second, it was visualized whether the variable CONCRETE could modify the relationship between AI_Mark and the prompt's effectiveness. Figure 6 shows the scatter plot with fit lines for both cases where CONCRETE is 0 and where CONCRETE is 1. This allowed the interaction effect to be directly observed.

CONCRETE Distribution:

- CONCRETE = 1: 30 observations
- CONCRETE = 0: 1 observation

The data is significantly imbalanced, with almost all data in the category CONCRETE = 1. This makes statistical analysis for CONCRETE = 0 impossible due to insufficient data.

FIGURE 6. Scatter plot between the interaction of the variable CONCRETE and Mark_AI on the dependent variable EFFECTIVENESS_PROMPT



Source: Created by the authors assisted by generative AI (OpenAI, 2023)

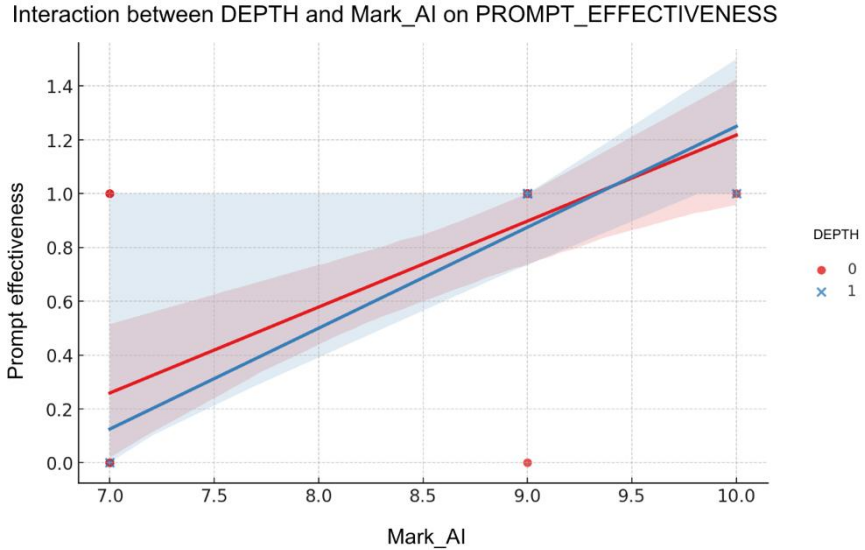
Model Results for CONCRETE = 1:

- **R-squared:** 0.504, which means that Mark_AI explains approximately 50.4% of the variability in the effectiveness of the prompt when the response is concrete.
- **Coefficient for Mark_AI:** 0.315 (p-value < 0.001), indicating a significant and positive relationship.

We found that when the AI's response is clear and specific, a high evaluation of the AI (Mark_AI) significantly improves the prompt's effectiveness. This means that a well-defined response can enhance the positive effect of a high AI evaluation.

Furthermore, we investigated whether the DEPTH variable could modify the relationship between Mark_AI and the prompt's effectiveness. Figure 7 displays the scatterplot with fit lines for DEPTH values of 0 and 1, allowing us to visualize the interaction effect directly.

FIGURE 7. Scatter plot between the interaction of the variable *DEPTH* and *Mark_AI* on the dependent variable *EFFECTIVENESS_PROMPT*



Source: Created by the authors assisted by generative AI (OpenAI, 2023)

Model Results for DEPTH = 0:

- **R-squared:** 0.475, indicating that approximately 47.5% of the variability in prompt effectiveness is explained by *Mark_AI* when there is no depth.
- **Coefficient for *Mark_AI*:** 0.319 (p-value < 0.001), indicating a significant positive relationship.

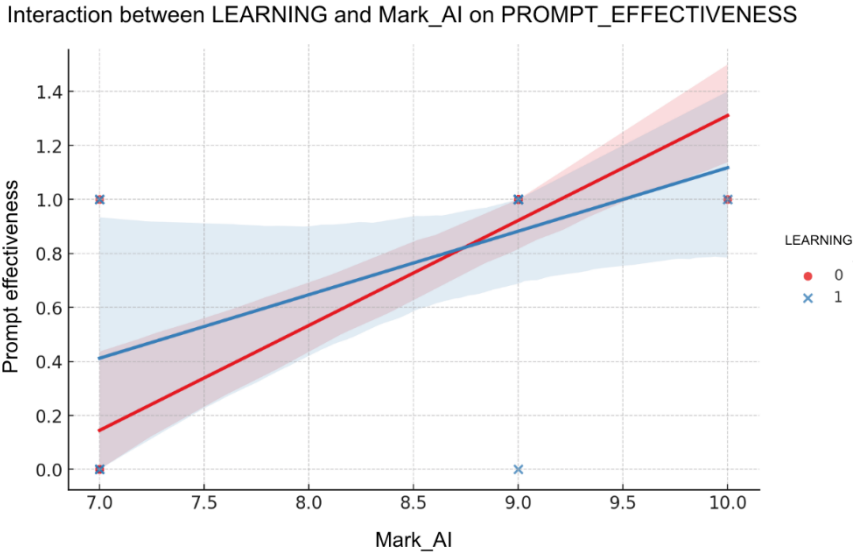
Model Results for DEPTH = 1:

- **R-squared:** 0.844, which is quite high, suggesting that *Mark_AI* explains 84.4% of the variability in the effectiveness of the prompt when there is depth.
- **Coefficient for *Mark_AI*:** 0.375 (p-value = 0.028), also showing a significant positive relationship, although with a small amount of data (5 observations).

It seems that the more detailed the response given by an AI system, the more impactful a high evaluation of the AI has on the effectiveness of the system's prompts. Essentially, when the AI is evaluated positively and if the response is in-depth, it leads to the best outcome. Therefore, adding more depth to responses can improve overall AI effectiveness, especially when the AI is evaluated positively.

To further investigate this relationship, the researchers explored whether the variable of LEARNING had any effect on the relationship between Mark_AI and the effectiveness of the prompt. The results were visualized in Figure 8, which shows scatterplots with fit lines for when LEARNING is 0 and when it is 1. This allowed the interaction effect to be directly visualized.

FIGURE 8. Scatter plot between the interaction of the variable LEARNING and Mark_AI on the dependent variable EFFECTIVENESS_PROMPT



Source: Created by the authors assisted by generative AI (OpenAI, 2023)

Model Results for LEARNING = 0:

- **R-squared:** 0.729, indicating that Mark_AI explains approximately 72.9% of the variability in the effectiveness of the prompt when students do not perceive AI as a learning tool.

- **Coefficient for Mark_AI:** 0.389 (p-value < 0.001), showing a significant positive relationship.

Model Results for LEARNING = 1:

- **R-squared:** 0.294, much lower in comparison, suggesting that Mark_AI explains only 29.4% of the variability in prompt effectiveness when students perceive AI as a learning tool.
- **Coefficient for Mark_AI:** 0.235 (p-value = 0.030), also positive but less influential.

The way students perceive learning has a significant impact on how effective AI assessment is. Interestingly, the effectiveness of Mark_AI is stronger when students do not view AI as a learning tool. This could suggest that evaluations of AI are more critical when students are less convinced of its educational value, which may offset their initial scepticism. Based on the findings of these interaction analyses between variables, the various hypotheses of the model can be confirmed.

- H1a: An efficient structure of a prompt contributes positively to the depth perception of the response obtained by the LLMs used.

The analyses conducted confirm that the hypothesis H1a is true. This suggests that an effective prompt structure has a positive impact on the perception of depth in the responses generated by LLMs. This is because efficient prompt structure is significantly linked with depth perception. In particular, well-structured prompts result in responses that users perceive as more comprehensive and in-depth, which confirms the hypothesis H1a.

- H1b: An efficient structure of a prompt contributes positively to the perception of truthfulness of the response obtained by the LLMs used.

Although current analyses suggest that a well-designed prompt structure can improve the depth and relevance of responses, which may indirectly influence the perception of the truthfulness. To confirm this theory (H1b), the researchers examined the causal relationships and correlation between the prompt structure and the perception of

truthfulness of the responses from LLMs. Unfortunately, the correlation matrix between the variables related to prompt structure and the perception of truthfulness showed insufficient data to evaluate the correlation with the variable TRUTHFULNESS. This was due to the lack of variability in responses for TRUE in the provided data set. However, most students in the sample confirmed that the AI provided reliable and accurate information about the content asked, except for two students. This provides qualitative support for Hypothesis H1b and gives evidence that an efficient prompt structure contributes positively to the perception of the truthfulness of the LLMs' responses. Therefore, Hypothesis H1b is confirmed.

- H2a: An efficient structure of a prompt helps positively in improving the student's learning process.

After analyzing the data, we can confidently state that a well-structured prompt can have a positive impact on both the learning process of students and the quality of AI responses (H2a confirmed). Hence, we can conclude that the prompt structure plays a crucial role in determining how students perceive and utilize AI responses, thereby facilitating the integration of AI technology in educational settings.

- H2b: A positive perception of the depth of the response obtained by the LLMs used helps positively in improving the student's learning process.

After analyzing the data, we can confirm with reasonable confidence that positive perception of the depth of the responses generated by LLMs has a positive impact on the student learning process. The analysis indicates that richer and more detailed responses foster greater understanding and retention, confirming hypothesis H2b. This highlights the importance of designing and training language models to generate correct, deep, and contextually rich responses.

- H2c: A positive perception of the veracity of the answer obtained by the LLMs used helps positively in improving the student's learning process.

It is reasonable to conclude that a positive perception of truthfulness in the answers of an LLM (an AI-powered assistant) can help improve the student's learning process. When students perceive the answers as truthful, they experience a better learning process, which confirms that trust in the source is crucial for effective learning. This statement is supported by the majority of users who reported a general perception of reliability and accuracy in the answers provided by the AI.

- H3a: A positive perception of the truthfulness of the answer obtained by the LLMs used influences the perception of the depth of the answer.

Although the quantitative data of the sample does not show direct variability in the TRUTHFULNESS variable in the analyses, the qualitative information collected in the experiment revealed that only 4 out of 31 students believed that the AI's responses were reliable and accurate. This indicates that most students did not find the answers to be detailed and applicable enough to promote effective and complete learning (confirming hypothesis H3a). This limited perception of depth could negatively impact students' learning process, as they lack critical insights and applied contexts essential for comprehensive learning.

- H3b: A positive perception of the depth of the answer obtained by the LLMs used influences the perception of the truthfulness of the answer.

After analyzing the interactions between variables and making qualitative observations, it has been established that a positive perception of the depth in the answers provided by LLMs can positively affect the perception of the veracity of those answers (H3b confirmed). In fact, it has been found that the perception of truthfulness influences how the depth of responses is perceived, and vice versa. This result confirms the two hypotheses H3a and H3b.

The study gives evidence about the importance of prompt structure in determining the effectiveness of LLMs in educational contexts. Designing prompts that enable clear, detailed, and contextually rich responses can significantly improve the usefulness of LLMs as learning tools.

This has significant implications for educational technology developers and educators seeking to integrate AI into their teaching methodologies.

Additionally, the relationship between perception of truthfulness and depth suggests a positive feedback loop. Improvement in one can enhance the other, leading to an overall improvement in the perception and effectiveness of learning. These findings could also guide future lines of research into how variations in prompt formulation affect other dimensions of human-AI interaction, such as user satisfaction and engagement.

6. CONCLUSIONS

The study examined how the structure of prompts used in LLM models affects the perception of depth, accuracy, and effectiveness of the student's learning process. The results, obtained through both quantitative and qualitative analyses, confirm several crucial hypotheses regarding the relationship between prompt structure and the perception and effectiveness of AI responses.

The main findings of the study indicate that:

1. A well-designed prompt structure contributes positively to the perception of depth and accuracy in LLM responses. This highlights the importance of carefully formulating questions to maximize the usefulness of AI answers.
2. The positive perception of the depth and accuracy of AI responses significantly improves the student's learning process. This emphasizes the value of comprehensive and truthful responses, not only for user satisfaction but also for long-term educational benefits.
3. The perception of accuracy and depth are interrelated, with each enhancing the influence of the other on the perception of the effectiveness of AI responses.

The results of this study demonstrate the intricate relationship between the structure of prompts, the perception of responses, and the learning process. By gaining a better understanding of these dynamics, we can develop strategies to improve the design of prompts in educational contexts. This will allow us to obtain better responses generated by AI,

ensuring that both the effectiveness and positive perception of learning by students are maximized.

However, it is important to note that the study has several limitations. Firstly, there was a lack of variability in responses regarding truthfulness, which limited the quantitative analysis and made the results dependent on qualitative data and subjective perceptions. Secondly, the specific use of LLMs for a particular activity means that the results cannot be generalized to all LLM application scenarios or educational disciplines. Finally, although the model was good, a larger sample size could help produce more reliable results.

Below, a set of proposed research ideas that aim to address the limitations observed in the study:

1. Expand the database by including a larger and more diverse sample of responses to encompass a broader range of variability in perceived truthfulness and other metrics that were evaluated.
2. Observe whether the type of generative AI used to carry out the activity has any impact on the confirmation of the hypotheses.
3. Conduct experimental studies where the characteristics of the prompts are systematically manipulated to directly evaluate their impact on the quality and perception of AI responses.
4. Extend the research to include different educational disciplines and types of questions to explore the applicability and effectiveness of LLMs in various educational contexts.
5. Develop analytical tools that enable teachers and developers to evaluate and optimize the structure of prompts in real time.

7. ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my gratitude to the Universitat Oberta de Catalunya (UOC) for providing the environment for designing and executing the study's experiment. Additionally, I extend my heartfelt appreciation to OpenAI, ChatGPT 4.0, for its invaluable assistance in codifying qualitative data into quantitative data and its help in the

quantitative analysis. Its contributions have been instrumental in the completion of this research.

8. REFERENCES

- BaiDoo-Anu, D., & Owusu Ansah, L. (2023). Education in the Era of Generative Artificial Intelligence (AI): Understanding the Potential Benefits of ChatGPT in Promoting Teaching and Learning. *Journal of AI*, 7(1), 52–62. <https://doi.org/10.61969/jai.1337500>
- Chan, C. K. Y., & Hu, W. (2023). Students' voices on generative AI: Perceptions, benefits, and challenges in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00411-8>
- Dang, H., Mecke, L., Lehmann, F., Goller, S., & Buschek, D. (2022). How to Prompt? Opportunities and Challenges of Zero- and Few-Shot Learning for Human-AI Interaction in Creative Applications of Generative Models (arXiv:2209.01390). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2209.01390>
- Eke, D. O. (2023). ChatGPT and the rise of generative AI: Threat to academic integrity? *Journal of Responsible Technology*, 13, 100060. <https://doi.org/10.1016/j.jrt.2023.100060>
- Lin, Z. (2024). How to write effective prompts for large language models. *Nature Human Behaviour*, 8(4), 611–615. <https://doi.org/10.1038/s41562-024-01847-2>
- Maphoto, K. B., Sevnarayan, K., Mohale, N. E., Suliman, Z., Ntsopi, T. J., & Mokoena, D. (2024). Advancing Students' Academic Excellence in Distance Education: Exploring the Potential of Generative AI Integration to Improve Academic Writing Skills. *Open Praxis*, 16(2), 142–159. <https://doi.org/10.55982/openpraxis.16.2.649>
- Michel-Villarreal, R., Vilalta-Perdomo, E., Salinas-Navarro, D. E., Thierry-Aguilera, R., & Gerardou, F. S. (2023). Generative AI for Higher Education as Explained by ChatGPT. *Education Sciences*, 13(9), 856. <https://doi.org/10.3390/educsci13090856>
- Ocaña-Fernández, Y., Valenzuela-Fernández, L. A., & Garro-Aburto, L. L. (2019). Artificial intelligence and its implications in higher education. *Purposes and Representations*, 7(2). <https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.274>
- OpenAI (2023). ChatGPT (May 24 version) [Large language model]. <https://chat.openai.com>

- Ooi, K.-B., Tan, G. W.-H., Al-Emran, M., Al-Sharafi, M. A., Capatina, A., Chakraborty, A., Dwivedi, Y. K., Huang, T.-L. Kar, A. K., Lee, V.-H., Loh, X.-M., Micu, A., Mikalef, P., Mogaji, E., Pandey, N., Raman, R., Rana, N. P., Sarker, P., Sharma, A.,... Wong, L.-W. (2023). The Potential of Generative Artificial Intelligence Across Disciplines: Prospects and Future Directions. *Journal of Computer Information Systems*, 1–32. <https://doi.org/10.1080/08874417.2023.2261010>
- Pesovski, I., Santos, R., Henriques, R., & Trajkovik, V. (2024). Generative AI for Customizable Learning Experiences. *Sustainability*, 16(7), 3034. <https://doi.org/10.3390/su16073034>
- Rodriguez Donaire, Silvia, 2024, "ENGINEERING PROMPTS and IA Codification Results", <https://doi.org/10.34810/data1342>, CORA. Research Data Repository, DRAFT VERSION
- Ruiz-Rojas, L. I., Acosta-Vargas, P., De-Moreta-Llovet, J., & Gonzalez-Rodriguez, M. (2023). Empowering Education with Generative Artificial Intelligence Tools: Approach with an Instructional Design Matrix. *Sustainability*, 15(15), 11524. <https://doi.org/10.3390/su151511524>
- Samaniego, J. F. (2022, November 10). The four great ethical challenges of applying artificial intelligence to online education. The blog of the UOC's Computer Science, Multimedia and Telecommunications Studies. <https://blogs.uoc.edu/informatica/es/cuatro-retos-eticos-inteligencia-artificial-educacion-online/> [Accessed: 12 May 2024]
- UNESCO. (2024). Artificial intelligence in education. Digital learning and education transformation. <https://www.unesco.org/es/digital-education/artificial-intelligence> [Accessed: 12 May 2024]

CHATGPT COMO HERRAMIENTA ONLINE DE APOYO PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EMPRESARIALES EN EL CONTEXTO DE LA SOSTENIBILIDAD

INMACULADA BEL OMS

Facultat d'Economia (Universitat de València)

ALFREDO JUAN GRAU GRAU

Facultat d'Economia (Universitat de València)

AMALIA RODRIGO GONZÁLEZ

Facultat d'Economia (Universitat de València)

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, herramientas de inteligencia artificial generativa como ChatGPT han ganado presencia e importancia al facilitar la automatización de tareas, personalizar experiencias e interactuar con usuarios. Destacan por su capacidad para comprender y generar texto de manera natural, mejorando la comunicación en línea y optimizando procesos digitales. Su versatilidad y potencial transformador se aplican en varios sectores, incluido el educativo. En este contexto, su integración en la educación ofrece oportunidades para enriquecer la enseñanza, facilitar la investigación y promover el aprendizaje colaborativo y personalizado.

En la actualidad, los discentes están plenamente familiarizados con las aplicaciones móviles tales como el ChatGPT a las que recurren para realizar consultas tanto fuera como dentro del aula. En contra de prohibir, siempre cuestionable, abogamos por promover su uso racional, crítico y ético, como el de cualquier otro recurso web de los muchos disponibles. En el contexto de las Finanzas Corporativas y la Sostenibilidad, la presente propuesta está pensada para aprovechar el atractivo y

el potencial de esta herramienta y convertirla en un aliado en la enseñanza y el aprendizaje, como instrumento que permite el acceso rápido a cualquier tipo de información disponible en web. Es la actitud crítica del usuario lo que marcará la diferencia entre la información válida y útil que ayuda a responder la pregunta de interés del usuario y la información “basura” que no permite aproximar respuesta fiable alguna.

Con este proyecto pretendemos dar cobertura a la necesidad emergente tanto de docentes como de discentes sobre cómo hacer el mejor aprovechamiento posible de tal herramienta de manera que se traduzca en aprendizaje significativo y no en un mero buscador de información sin contrastar.

La presente innovación educativa tiene, entre otros, el objetivo de aplicar de manera racional y crítica la herramienta ChatGPT en el ámbito de la valoración de proyectos de inversión empresarial alineada a los ODS de la Agenda 2030 de Naciones Unidas. A tal fin, el proyecto se vertebra en tres ejes principales: (i) El análisis de la percepción de los discentes sobre el uso y la utilidad del ChatGPT en la adquisición de conocimiento nuevo y el aprendizaje significativo de Finanzas y Economía; (ii) El diseño de actividades de trabajo individual y/o colaborativo que incorporan el uso del ChatGPT; y (iii) La elaboración de rúbricas de evaluación de dichas actividades.

Para el análisis de la percepción sobre ChatGPT se elaborarán encuestas en escala de Likert. Estas encuestas nos permitirán conocer la experiencia previa, los criterios y los resultados de los discentes. El propósito es detectar si existe un uso abusivo y no ético de la herramienta. Será necesario elaborar un decálogo de buenas prácticas, que puesto en conocimiento de los discentes los prevenga de las consecuencias de su infracción.

En relación a las actividades de Finanzas Corporativas vinculadas con la inversión empresarial sostenible, se proporcionará a los discentes un conjunto de parámetros (sector de actividad, ODS, país, región, restricciones, etc.) para el diseño de un proyecto de inversión (elaboración de un enunciado). Una parte de la información necesaria podrá obtenerse recurriendo a ChatGPT y otra parte precisará el uso de fuentes especializadas.

De esta manera, el discente aprenderá a discriminar cuándo y cómo usar ChatGPT y deberá referenciar todas las fuentes utilizadas.

Finalmente, para la evaluación de la actividad realizada por los discentes emplearemos una rúbrica de evaluación donde queden contenidos todos los aspectos evaluables y el grado de cumplimiento.

2. OBJETIVOS

La sostenibilidad abarca tanto la esfera particular como la empresarial e institucional, por lo que es necesario promover prácticas más sostenibles en todos los niveles de la sociedad. El objetivo del presente proyecto consiste en emplear métodos de enseñanza-aprendizaje basados en el aprendizaje cooperativo para aumentar la conciencia global sobre la importancia de integrar aspectos de sostenibilidad. La innovación consistirá en utilizar ChatGPT para impulsar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) entre nuestros discentes de Economía y Finanzas.

Este proyecto persigue fomentar entre los discentes que cursan materias relacionadas con las Finanzas Corporativas en la Facultad de Economía (Universidad de Valencia), el uso de herramientas y recursos de fácil acceso que ayuden a impulsar el diseño y, en su caso, la implementación de proyectos de inversión empresarial que contribuyan a la promoción de la sostenibilidad en la empresa en particular y en la sociedad en general. En consecuencia, este proyecto de innovación educativa sirve de vehículo para promocionar la importancia de velar por el bienestar económico alineado con valores medioambientales, sociales y de buena gobernanza.

El objetivo general del presente proyecto es emplear de manera responsable y crítica la herramienta ChatGPT en actividades centradas en la sostenibilidad y la equidad de género, tanto en trabajos de equipo como individuales.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- *Analizar el estado de la situación.* Elaborar un cuestionario en escala de Likert sobre la percepción de los discentes en la utilización del ChatGPT.

- *Formar*. Además, se incluye la formación de los docentes del equipo de innovación educativa en la capacitación sobre la formación de equipos y el uso del ChatGPT.
- *Diseñar las propuestas de trabajo y crear equipos*. Elaborar propuestas de trabajo sobre inversión sostenible, equidad de género y gobernanza.
- *Evaluar niveles conseguidos por el alumnado tras la implementación de la propuesta*. Evaluar el impacto de las propuestas implementadas mediante una rúbrica de evaluación donde queden contenidos todos los aspectos evaluables y el grado de cumplimiento.

3. METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología empleada que combina aprendizaje cooperativo, trabajo en equipo y la evaluación de roles de Belbin para la formación de equipos eficaces. Además, se incorpora el recurso web ChatGPT para la elaboración de enunciados, generación de ideas y búsqueda de información, ofreciendo así una herramienta integral para el desarrollo de proyectos de inversión sostenible en el ámbito educativo, fortaleciendo habilidades colaborativas y cognitivas.

3.1. METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE COOPERATIVO Y TRABAJO EN EQUIPO

En el contexto de la educación superior, el aprendizaje cooperativo y el trabajo en equipo se han consolidado como metodologías pedagógicas efectivas que promueven un aprendizaje activo y significativo entre los discentes. Estas estrategias no solo se centran en la adquisición de conocimientos, sino también en el desarrollo de habilidades sociales y emocionales cruciales para el éxito en la vida y la carrera profesional. Al fomentar la colaboración y el intercambio de ideas entre pares, el aprendizaje cooperativo y el trabajo en equipo se convierten en pilares fundamentales en el ámbito educativo.

Una definición clara de aprendizaje cooperativo es proporcionada por Johnson y Johnson (1994), quienes lo describen como "el uso didáctico de grupos pequeños para que los discentes trabajen juntos para maximizar su propio y el aprendizaje de los demás". Esta definición subraya la importancia de la interdependencia positiva entre los miembros del grupo, donde el progreso individual está intrínsecamente ligado al éxito del equipo en su conjunto. A través de la colaboración en la resolución de problemas, la discusión de conceptos y la elaboración de proyectos, los discentes no solo refuerzan su comprensión de los contenidos, sino que también desarrollan habilidades de comunicación, liderazgo y trabajo en equipo.

La literatura previa respalda los beneficios del aprendizaje cooperativo y el trabajo en equipo en la educación superior. Estos enfoques pedagógicos promueven una mayor retención y comprensión de la información al ofrecer a los discentes múltiples oportunidades para explicar conceptos y recibir retroalimentación de sus compañeros. Además, al trabajar juntos hacia metas comunes, los discentes se sienten más motivados y comprometidos con el proceso de aprendizaje, lo que contribuye a un ambiente de aula más dinámico y estimulante (Slavin, 1996).

La diversidad de habilidades y perspectivas dentro de un equipo de trabajo enriquece el proceso de aprendizaje al proporcionar diferentes enfoques para abordar un problema o tarea. Como afirma Kagan (1994), el aprendizaje cooperativo y el trabajo en equipo no solo fortalecen las habilidades cognitivas superiores, como el pensamiento crítico y la resolución de problemas, sino que también mejoran la capacidad de los discentes para colaborar de manera efectiva y trabajar en un entorno diverso y multicultural.

Otro aspecto importante del aprendizaje cooperativo y el trabajo en equipo en la educación superior es su capacidad para promover la equidad y la inclusión. Al trabajar en equipos heterogéneos, los discentes tienen la oportunidad de interactuar con personas de diferentes orígenes culturales, sociales y académicos, lo que fomenta el respeto mutuo y la apreciación de la diversidad. Según Felder y Brent (2004), estas metodologías pueden reducir la brecha de rendimiento entre discentes de diferentes niveles académicos, proporcionando un entorno de apoyo

donde todos los miembros del equipo pueden contribuir y beneficiarse mutuamente.

3.2. TEST DE ROLES DE BELBIN

El Test de Roles de Belbin es una herramienta ampliamente utilizada para comprender y optimizar la dinámica de equipo en diversos contextos, incluida la educación superior y el entorno laboral. Desarrollado por Meredith Belbin en la década de 1970, este test identifica nueve roles clave que los individuos desempeñan en un equipo. Belbin (1993) describe estos roles como "patrones observables de comportamiento" que pueden influir en el rendimiento colectivo del equipo.

Los nueve roles identificados por Belbin incluyen el Coordinador, el Implementador, el Finalizador, el Cerebro, el Investigador de Recursos, el Monitor Evaluador, el Especialista, el Impulsor y el Comunicador (véase Tabla 1). Cada uno de estos roles aporta habilidades y perspectivas únicas al equipo, y su combinación puede determinar el éxito o el fracaso del proyecto.

El Test de Roles de Belbin no solo ayuda a los individuos a comprender sus propias fortalezas y debilidades en un entorno de equipo, sino que también facilita la formación de equipos equilibrados y efectivos. Según Belbin (2012), "al asignar roles de manera estratégica, los líderes de equipo pueden maximizar la productividad y la cohesión del grupo". Por ejemplo, un equipo compuesto por un Coordinador visionario, un Implementador meticuloso y un Cerebro creativo podría ser altamente efectivo en la generación y ejecución de ideas innovadoras.

Es crucial reconocer que cada individuo puede asumir diversos roles según el contexto y las circunstancias del equipo. La diversidad de roles puede generar conflictos si no se gestionan adecuadamente. Por ello, el Test de Roles de Belbin no solo identifica las fortalezas individuales, sino que fomenta la comprensión y la colaboración entre los miembros del equipo. Al entender y valorar las contribuciones de cada miembro, se promueve un ambiente de trabajo más armonioso y productivo, donde se aprovechan las habilidades de todos para alcanzar los objetivos de manera efectiva y satisfactoria.

TABLA 1. *Ámbito, descripción y función de los roles de equipo de Belbin*

| Ámbito | Rol | Descripción/función |
|---------------|--------------------------|--|
| Mental | Cerebro | Creativo, imaginativo, no ortodoxo. Genera ideas y resuelve problemas difíciles |
| | Monitor/ Evaluador | Objetivo, sobrio, observador, estrategia y perspicaz. Contempla todas las opciones y juzga con precisión |
| | Especialista | Entregado, independiente, autodidacta, con intereses limitados. Cualidades y conocimiento muy específicos |
| Acción | Impulsor | Competitivos y enérgicos. Extrovertidos, sociables y nerviosos. Inyectan vitalidad al resto del equipo. Proactivos, tienen iniciativa y coraje para superar obstáculos. Afrontan problemas y asumen responsabilidades. Buen manejo con obstáculos, retos y presiones |
| | | Disciplinado, muy organizado, eficaz y eficiente, práctico, digno de confianza, conservador. Transforma las ideas en acciones prácticas. |
| | Finalizador | Laborioso, esmerado, concienzudo y ansioso. No suele delegar. Busca fallos o faltas, los pule y perfecciona. |
| Social | Coordinador | Sociable, comunicador, organizado y planificador. Maduro, seguro de sí mismo y confiado. Clarifica objetivos, promueve la toma de decisiones y mantiene una constante retroalimentación con el equipo. |
| | Cohesionador | Empático, diplomático, escucha a los demás y vela por el buen clima dentro del equipo. Social, suave y acomodaticio que le gusta la cooperación entre todos. Escucha, construye y evita la fricción. |
| | Investigador de Recursos | Extrovertido, entusiasta, comunicativo, inquieto, emprendedor. Busca oportunidades y desarrolla contactos. |

Fuente: elaboración propia

3.3. HERRAMIENTA CHATGPT

El ChatGPT, desarrollado por OpenAI, es una herramienta revolucionaria que utiliza inteligencia artificial para interactuar y generar texto de manera conversacional. Este modelo de lenguaje se basa en la arquitectura GPT (Generative Pre-trained Transformer), que ha sido entrenado con grandes cantidades de datos para comprender y producir texto coherente y relevante en una variedad de temas y estilos.

Una de las características distintivas del ChatGPT es su capacidad para aprender y mejorar continuamente a medida que interactúa con los usuarios y recibe retroalimentación sobre sus respuestas. Esta capacidad de adaptación y mejora continua lo convierte en una herramienta versátil y poderosa para diversas aplicaciones en campos como la atención al cliente, la educación y la creatividad.

El amplio alcance y el rápido desarrollo de la Inteligencia artificial generativa ha abierto el debate en todas las instancias educativas y por supuesto en la Universidad. De hecho, Crue (2024) afirma que es una herramienta capaz de transformar la docencia y el aprendizaje. Pues ofrece oportunidades para mejorar y personalizar la experiencia educativa de ambas partes, discentes y docentes. Con anterioridad, la UNESCO (2023) publicó una guía breve sobre cómo puede utilizarse el ChatGPT 3.5 en la educación superior. Por una parte, la guía ofrece medidas prácticas que las instituciones de educación superior pueden adoptar en relación con la enseñanza y el aprendizaje, la investigación, la administración y el compromiso con la comunidad. Por otra parte, se plantean algunos de los principales retos e implicaciones éticas de esta inteligencia artificial en la educación superior. La principal preocupación es la integridad académica pues existe un mayor riesgo de plagio si el estudiante utiliza ChatGPT para preparar exámenes o redactar ensayos. Preocupa también el sesgo cognitivo, pues ChatGPT sólo recoge información de las bases de datos y textos que procesa de Internet, aprendiendo también cualquier sesgo cognitivo que exista en dicha información. Por lo que deviene fundamental analizar críticamente los resultados proporcionados y compararlos con otras fuentes de información fiables. El ámbito de la inteligencia artificial no escapa a la cuestión del género y la diversidad. Lo que es debido, por una parte, a la falta de participación femenina en la investigación y el desarrollo de la inteligencia artificial y, por otra parte, la capacidad de ésta para generar y difundir contenidos que discriminan o refuerzan estereotipos de género y de otro tipo.

Dada la importancia de esta tarea, se subraya la necesidad de adoptar un enfoque riguroso que permita capitalizar las ventajas del ChatGPT, al mismo tiempo que se reconocen y abordan posibles limitaciones o errores. Se fomenta así un uso consciente, responsable y ético de esta herramienta, asegurando que contribuya de manera constructiva al aprendizaje y la investigación en el contexto académico y profesional.

4. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Se han diseñado las siguientes actividades para llevar a la práctica la propuesta de innovación:

Analizar el estado de la situación. Elaborar un cuestionario en escala de Likert que recoja información sobre los conocimientos previos que tiene el alumnado de cada asignatura sobre la utilización del ChatGPT. Estos cuestionarios serán realizados por el alumnado en el aula, y nos permitirán conocer la experiencia previa, los criterios y los resultados de los discentes. El propósito es detectar si existe un uso abusivo y no ético de la herramienta. En cualquier caso, es necesario elaborar un decálogo de buenas prácticas, que puesto en conocimiento de los discentes los prevenga de las consecuencias de su infracción.

Crear grupos de trabajo. Para cada asignatura, se organizarán equipos de trabajo mediante un cuestionario enfocado en los roles según Belbin. La recolección de esta información se llevará a cabo a través de cuestionarios en el aula virtual, utilizando Google Forms. Esta metodología garantiza la asignación eficiente de roles dentro de los equipos, fomentando la diversidad de habilidades y optimizando la colaboración y el rendimiento académico.

Diseñar las propuestas de trabajo. En las asignaturas de Finanzas Corporativas se diseñarán propuestas de trabajo relacionadas con la inversión empresarial sostenible. Se añadirá un módulo ChatGPT como una opción adicional en los proyectos. Se ofrecerán diversas alternativas para adaptarse a las preferencias y habilidades de los estudiantes, fomentando la creatividad y la exploración de nuevas herramientas tecnológicas en el ámbito de la sostenibilidad financiera. Existen distintas opciones:

- Opción 1: Valoración de proyectos de inversión productiva sostenible.
- Opción 2: Efecto comparado de la sostenibilidad en empresas cotizadas vs no cotizadas.
- Opción 3: Análisis comparado de Fondos ESG, Fondos ISR y Fondos temáticos.
- Opción 4: Diversidad de género en las empresas cotizadas sostenibles.
- Opción 5: Análisis de las empresas del IBEX Gender Equality.
- Opción 6: Análisis de las empresas del IBEX ASG.

El módulo ChatGPT proporciona al estudiante acceso rápido a información disponible en Internet, pero se requiere verificar su fiabilidad. Es esencial destacar que todas las opciones de trabajo contienen un fuerte componente cuantitativo, con datos provenientes de bases de datos inaccesibles para ChatGPT. Esto garantiza que la recolección, análisis y tratamiento de datos sea una labor auténtica del estudiante. Aunque esta herramienta puede emplearse en diversas medidas en todas las opciones de trabajo mencionadas, su utilidad se destaca especialmente en las opciones 1, 3 y 4. A continuación, se detalla su posible aplicación en cada una de estas opciones, enfatizando su capacidad para proporcionar contexto, ideas y referencias que enriquecen la investigación y el análisis financiero.

Módulo ChatGPT de la opción 1: Se ofrecerá a los estudiantes un conjunto de criterios como el sector de actividad, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), país, región, restricciones, entre otros, para la creación de un proyecto de inversión mediante la redacción de una declaración inicial. Una parte de la información requerida estará disponible a través de ChatGPT, mientras que la otra parte exigirá la consulta de fuentes especializadas. De esta manera, los alumnos aprenderán a discernir cuándo y cómo emplear ChatGPT de manera efectiva, además de la importancia de referenciar todas las fuentes utilizadas. Esta metodología promueve tanto el desarrollo de habilidades para la investigación como la capacidad para evaluar y aplicar información de diversas fuentes en proyectos de inversión.

Módulo ChatGPT de la opción 3: Este módulo facilitará a los estudiantes acceder rápidamente a información general sobre Fondos ESG, Fondos ISR y Fondos temáticos, incluyendo definiciones, diferencias entre ellos, listados de fondos disponibles, riesgos a tener en cuenta, bases de datos relevantes, literatura relacionada y más. La estructura del curso permitirá una comprensión exhaustiva de estos conceptos y su aplicación en el ámbito de la inversión, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones informadas en el campo financiero sostenible.

Módulo ChatGPT de la opción 4: Además de abordar el tema de género, se ofrecerá un listado rápido de empresas españolas alineadas con el ODS 5. Se explorará la relación entre la diversidad de género y la

rentabilidad en las empresas españolas, respaldada por la literatura pertinente. También se examinará el papel del género en el gobierno corporativo, profundizando en su impacto en la toma de decisiones y la estructura organizativa.

Evaluar niveles conseguidos por el alumnado tras la implementación de la propuesta. Además de evaluar los niveles alcanzados por los estudiantes a través de rúbricas, se implementará un proceso de evaluación mediante cuestionarios. Para ello, los docentes elaborarán una rúbrica de evaluación específica para valorar los trabajos presentados. Paralelamente, se administrarán cuestionarios iniciales para medir el nivel de conocimiento previo de los estudiantes sobre el uso del ChatGPT en cada asignatura. Estos cuestionarios se distribuirán a través del aula virtual, utilizando Google Forms como herramienta de recopilación de datos. Esta combinación de métodos garantiza una evaluación integral que abarca tanto las habilidades prácticas como los conocimientos teóricos necesarios para el aprovechamiento óptimo de los recursos disponibles.

5. RESULTADOS ESPERADOS

Esta propuesta educativa se destaca como un faro de innovación y responsabilidad educativa, iluminando el compromiso estudiantil en la toma de decisiones financieras cruciales dentro de un marco integral de sostenibilidad y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Este enfoque estratégico y proactivo no solo se centra en la instrucción de conceptos financieros, sino también en la comprensión profunda de la intersección entre la economía, el medio ambiente y el bienestar social. Así, se forma a los estudiantes no solo como futuros profesionales financieros competentes, sino también como agentes de cambio conscientes de su papel en la construcción de un mundo más sostenible y equitativo.

Además, esta propuesta pionera aspira a ir más allá, adentrándose en el terreno de la dinámica de equipo y la optimización del desempeño estudiantil a través de la implementación de roles basados en la teoría de Belbin. Se vislumbra que esta metodología no solo moldeará habilidades individuales, sino que también fomentará un terreno fértil para la colaboración, la diversidad de pensamiento y la integración de

competencias. La sinergia entre los diversos roles de equipo, cuidadosamente seleccionados según las fortalezas y preferencias de los discentes, se convierte así en el cimiento de un ecosistema educativo que nutre el crecimiento personal y colectivo.

Esta innovación, en su vasto alcance y profundidad conceptual, representa un paradigma educativo que trasciende los límites convencionales. No se trata simplemente de transmitir conocimiento, sino de empoderar a los discentes para que se conviertan en agentes de cambio informados y capacitados. Al fusionar la educación financiera con la conciencia ambiental y social, y al cultivar la colaboración y la sinergia dentro de equipos diversificados, este proyecto se erige como un faro de esperanza y progreso en el panorama educativo actual. Su legado no sólo perdurará en los discentes involucrados, sino que también en la sociedad, impulsando un futuro más próspero y sostenible para las generaciones venideras.

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La actividad empresarial se erige como un pilar fundamental en el progreso del desarrollo sostenible a nivel global. En consecuencia, las organizaciones no solo tienen la oportunidad, sino también la responsabilidad de dar prioridad a proyectos de inversión que no solo generen beneficios económicos, sino que también promuevan el bienestar social y ambiental. Es esencial que las empresas adopten una visión de largo plazo que integre consideraciones éticas y medioambientales en todas sus operaciones y decisiones. Esta mentalidad impulsa una transformación hacia prácticas empresariales más responsables y sostenibles, contribuyendo así a un futuro más equitativo y saludable para todos.

En este contexto, la Educación Superior desempeña un papel fundamental al inculcar en sus discentes la conciencia y el compromiso necesarios para abordar los desafíos de la sostenibilidad. Los futuros profesionales y líderes empresariales deben estar equipados con las habilidades y el conocimiento para desarrollar e implementar prácticas empresariales responsables y sostenibles. Esto implica no solo comprender los principios de la sostenibilidad, sino también integrarlos en sus

acciones cotidianas y decisiones estratégicas. Al ofrecer una formación integral que abarque aspectos éticos, sociales y medioambientales, la Educación Superior prepara a los estudiantes para enfrentar los complejos desafíos de un mundo en constante evolución.

Por lo tanto, las instituciones educativas tienen la responsabilidad de incorporar la sostenibilidad en sus programas académicos y actividades extracurriculares, proporcionando a los discentes las herramientas y oportunidades necesarias para convertirse en agentes de cambio en sus futuras carreras. Al hacerlo, están contribuyendo significativamente a la construcción de un futuro más justo, equitativo y sostenible para todos. Esta integración de la sostenibilidad en la educación no solo beneficia a los estudiantes, sino que también promueve una cultura de responsabilidad y conciencia ambiental en la sociedad en general.

7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Los autores expresan su gratitud por el respaldo recibido a través del proyecto de innovación docente (UV-SFPIE_PIEE-2734750) otorgado por el Servei de Formació Permanent i Innovació Educativa del Vice-rectorat d'Innovació i Transferència (Universitat de València) para el curso académico 2023/2024 mediante convocatoria pública.

8. REFERENCIAS

- Belbin, M. (1993). *Team Roles at Work*. Butterworth-Heinemann.
- Belbin, M. (2012). *Management Teams: Why They Succeed or Fail*. Butterworth-Heinemann.
- Crue (2024). *La inteligencia artificial generativa en la docencia universitaria. Oportunidades, desafíos y recomendaciones*. Publicaciones Crue Universidades Españolas.
- Johnson, D. W., y Johnson, R. T. (1994). *Learning Together and Alone: Cooperative, Competitive, and Individualistic Learning*. Prentice Hall.
- Kagan, S. (1994). *Cooperative Learning*. Kagan Cooperative Learning.
- Slavin, R. E. (1996). Research on Cooperative Learning and Achievement: What We Know, What We Need to Know. *Contemporary Educational Psychology*, 21(1), 43–69.

Felder, R. M., & Brent, R. (2004). The ABC's of Cooperative Learning. *Chemical Engineering Education*, 34(4), 296–297.

OpenAI. (sin fecha). ChatGPT. Recuperado de: <https://openai.com/gpt>

UNESCO (2023). ChatGPT e inteligencia artificial en la educación superior. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/>)

TRANSFORMANDO LA EDUCACIÓN SUPERIOR: DISEÑO DE UNA EXPERIENCIA INNOVADORA CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AULA INVERTIDA

ROCÍO DÍAZ-MUÑOZ

Universidad de Málaga

MARÍA-PAZ ANDRÉS-REINA

Universidad de Málaga

1. INTRODUCCIÓN

Las nuevas tendencias en métodos de enseñanza, enfocados hacia resultados de aprendizaje cada vez más eficientes, encuentran un empuje fundamental en el veloz desarrollo de las tecnologías y el mundo digital, que proveen a los estudiantes de un amplio abanico de recursos y oportunidades. Los estudios más innovadores apuntan a sistemas de aprendizaje colaborativo, intensivos en el uso de herramientas interactivas online, que proponen alternativas efectivas y eficaces a una educación tradicional, centrada en el profesorado y con especial impacto en los grados superiores.

La Inteligencia Artificial (IA) significa un enorme cambio, en el que ya estamos inmersos en el presente, aunque aún impredecible en toda su extensión e influencia hacia todos los ámbitos de nuestra existencia y con un impacto futuro superior a lo que ya supuso la revolución industrial.

Las reacciones que provocaron la introducción de innovaciones como la sierra eléctrica, para los leñadores, o la calculadora, en el caso de los matemáticos, fueron originalmente adversas y pesimistas en cuanto al devenir laboral de ambos profesionales.

Los efectos y el potencial de la IA, como herramienta aceleradora de utilidades y procesos, son impredecibles en cuanto a su capacidad de aportar beneficios; pero, tampoco puede preverse ni descartarse el

alcance real de sus efectos desfavorables o, cuanto menos, rompedores con lo que hoy conocemos.

Existen dudas razonables sobre lo que pasará y una de ellas, tomando como referencia la obsolescencia humana, apunta hacia la viabilidad de los puestos de trabajo en aquellos ámbitos donde la IA ofrezca mayor utilidad. Este trabajo analiza el caso de cómo deberá evolucionar la docencia universitaria influida por la IA.

Si bien los docentes de ciclos formativos inferiores requieren en sus funciones, en tanto trabajan con estudiantes con menores conocimientos o experiencia, una labor mucho más educacional, emocional y de redireccionamiento recurrente en valores, principios y fundamentos, cuando hablamos de alumnado de ciclos formativos superiores, especialmente el universitario, más maduro, con más recursos y capacidad crítica y con mayor independencia y responsabilidad, la tradicional clase magistral puede percibirse, a priori, ciertamente amenazada por las bondades que fácilmente imaginamos que la IA nos va a aportar.

La IA ya se está utilizando asiduamente en la educación universitaria, revolucionando muchos aspectos esenciales y mejorando la experiencia de los estudiantes en su aprendizaje. Los métodos de educación tradicionales ceden terreno a la tecnología. Cabe preguntarse si seguirán avanzando en su cuota o si los docentes humanos pueden seguir teniendo cabida en el modelo o incluso, simplemente, si terminarán siendo sustituidos.

Implementar métodos eficaces de aprendizaje condiciona y determina nuestra pervivencia como sociedad y constituye un desafío real que no puede obviarse, ni ignorar a ninguno de los elementos que participan.

De nuevo, el riesgo de un análisis simplista puede ocultar las tremendas posibilidades que se abren a profesionales que quieran participar de un verdadero proceso de reconversión de los métodos y participantes en la educación universitaria.

Uno de sus principales efectos es que permite estrategias de enseñanza diferenciada, donde se reconoce que cada estudiante es único y tiene necesidades y estilos de aprendizaje diferentes. Pero ¿y los docentes?

¿Cómo pueden transformar el modelo educativo, integrando herramientas de IA?

El método de Aula Invertida puede ofrecer una solución efectiva al desarrollo de la docencia en un entorno de IA.

El objetivo de este trabajo es integrar la IA con la metodología de Aula Invertida para mejorar la experiencia de aprendizaje y la motivación del alumnado. Para ello, vamos a diseñar una experiencia dentro una asignatura de estudios universitarios.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Bearman et al. (2023) recogieron algunas definiciones de IA después de hacer una revisión de la bibliografía especializada:

Se habla de IA cuando se consigue que un ordenador se comporte de forma que pueda ser calificada como inteligente, según ese comportamiento se ajuste al que pudiera haber sido realizado por humanos (Barker, 1986, p. 202).

Una tecnología que transforma la educación tradicional, logrando que los estudiantes pasen de ser meros recipientes pasivos de información a elementos mucho más dinámicos (Breines y Gallagher, 2020, p. 1).

Un medio que ayuda a los profesores y potencia la inteligencia humana para crear “mentes supereducadoras” (Cukurova, Kent y Luckin, 2019, p. 3033).

Los chatbots de conversación con IA han ganado una atención significativa en todo el mundo, especialmente después del lanzamiento de ChatGPT por parte de OpenAI el 30 de noviembre de 2022. Un chatbot basado en IA es un programa informático diseñado para simular una conversación humana mediante el procesamiento del lenguaje natural, estableciendo un diálogo lógico para comprender y responder a consultas de usuario de forma racional (Lo y Hew, 2023).

La integración de herramientas de IA en Educación ha generado debates sobre ética o de integridad académica, pero cualquier discusión

reconoce su potencial de redefinir los métodos de enseñanza y aprendizaje y ofrecer sustanciales mejoras en las prácticas y resultados educativos (Bahroun et al., 2023). Entre otras oportunidades, permite estrategias de enseñanza diferenciada, donde se reconoce que cada estudiante es único y tiene necesidades y estilos de aprendizaje diferentes.

Loftus y Madden (2020, p.457) se plantearon cómo mejorar la enseñanza, en este nuevo paisaje educativo, siendo los docentes participantes críticos en lugar de meros elementos pasivos. Ellos observaron que no se busca que los bots sustituyan a los humanos, ni se pretende que los usuarios no sepan distinguir con quien están interactuando (Sharkey, 2016 citado por Bearman et al., 2023), sino que el principal objetivo es hacer que los bots sean identificados como lo que son, agentes diseñados para elevar la inteligencia humana.

Según Bates et al. (2020), muchos han argumentado que el desarrollo de la IA tiene más potencial para cambiar la educación superior que cualquier otro avance tecnológico. Este planteamiento se completa con la aportación de Klutka et al. (2018) que enumeran cinco objetivos de la aplicación de IA en educación superior:

- Incrementar los resultados
- Aumentar el acceso
- Mejorar la retención
- Menor coste
- Disminuir el tiempo de finalización

En cualquier escenario, presente o futuro, se establece la necesidad de mantener un aprendizaje continuo del docente y esto no puede aislarse ya del uso de la herramienta IA, como expone Walss (2023), para poder dirigir adecuadamente a los discentes, con el conocimiento adecuado sobre un tema que ha llegado para quedarse.

2.2. AULA INVERTIDA

La calidad de la enseñanza dentro de las nuevas estrategias educativas vendrá determinada por una participación más activa del alumnado y un compromiso personal del docente.

La metodología de Aula Invertida puede ofrecer una solución efectiva al desarrollo de la docencia en un entorno de IA, mediante la simple y a la vez atrevida propuesta de darle la vuelta al modelo tradicional. Este enfoque pedagógico involucra al estudiantado en actividades de aprendizaje activo fuera del aula para, posteriormente, utilizar el tiempo en clase para discusiones, actividades prácticas y resolución de problemas, así como para brindar al alumnado orientación y apoyo personalizados.

El planteamiento común de esta metodología diferencia dos momentos principales. El primero, fuera del aula, en el que el alumnado busca y trabaja sobre contenidos disponibles en plataformas digitales (Zain, 2022). El acceso directo de los estudiantes a videoconferencias, diapositivas y otros recursos didácticos pueden ser de acceso libre o específicamente preparados para la asignatura concreta y estar disponibles en plataformas educativas en línea. Es un modelo impulsado por la tecnología que ha ido ganando visibilidad y relevancia gradualmente (Aljermawi et al., 2024).

El estudio de este material, recomendado o preparado por el profesorado, es de tipo asíncrono y los estudiantes pueden planificarse y auto-definir sus avances, desarrollando sus capacidades de autodirección, pero esta libertad de movimientos no es ajena a la supervisión del profesorado (Robinson y Persky, 2020).

El segundo momento tiene lugar durante las horas de clase, donde se aprovecha para profundizar en las ideas clave, asentar conocimientos y resolver dudas (Tourón y Santiago, 2015). Se consigue, así, optimizar el tiempo en el aula (Zain, 2022), buscando una interacción de valor, activa y dinámica en clase.

Por un lado, los estudiantes pueden acceder a recursos adaptados a su nivel de conocimiento, lo que les permite avanzar a su propio ritmo y profundizar en los conceptos que les resulten más difíciles. Por otro, la

puesta en común coordinada facilita la comprensión de contenidos y la resolución de dudas, así como la colaboración con el profesorado y compañeros y la participación activa en el aula y en su propio aprendizaje, tanto a nivel de individuo como de crecimiento grupal.

La elección correcta de los materiales de trabajo para el primer momento condiciona y mejora las habilidades de aprendizaje intuitivo y promueve la autoconfianza que después facilitará la posterior participación en clase.

El estudio de Aljermawia et al. (2024) establece que un buen funcionamiento del Aula Invertida sirve para promover una actitud positiva del estudiante, mejorando sus habilidades de aprendizaje y enfocándole hacia el éxito académico, con resultados más efectivos que los tradicionales. Así mismo, recomienda que los docentes, también en su propia formación, sean convenientemente instruidos en el funcionamiento del Aula Invertida, participando en actividades prácticas que les permitan adquirir la capacidad de identificar temáticas apropiadas para este tipo de aprendizaje e incorporarlo adecuadamente en sus programas de docencia.

2.3. AULA INVERTIDA + INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Según Diwanji et al. (2018) existe un gran potencial para mejorar el aprendizaje de Aula Invertida con chatbots de IA.

El estudio de Preslavsky (2024) concluye que las principales ventajas de utilizar el aprendizaje por metodología invertida con IA son, el fácil acceso a las plataformas, la ausencia de estrés y la estimulación de las cualidades investigadoras de los estudiantes cuando buscan información específica o, incluso, cuando provocan que el sistema cometa errores. La capacidad de formular las preguntas capciosas adecuadas y detectar las lagunas del “interlocutor” son competencias importantes aplicables a la hora de afrontar los problemas de la vida, por ejemplo, en entrevistas, investigaciones, proyectos o discusiones...ayudando a expresarse con eficacia y precisión (Pavlova, 2024).

Según Lo y Hew (2023) la integración de chatbots de IA en el aprendizaje invertido es un concepto nuevo y emergente. Si bien se han realizado estudios sobre ambos conceptos por separado, las revisiones

existentes subrayan una escasez de estudios sobre su integración. Esto indica que todavía es un área de investigación relativamente nueva. Por esta razón, estos autores realizan una revisión que tiene por objetivo comprender e identificar:

- Las prácticas recientes para diseñar e integrar chatbots de IA en el aprendizaje invertido. Las herramientas así utilizadas se podrían clasificar en tres categorías: chatbot de aprendizaje (para el trabajo fuera de clase, aunque incluye que los docentes puedan proporcionar aquí retroalimentación en tiempo real), chatbot de asistencia (fuera de clase, para proporcionar material o enlaces a materiales) y chatbot de tutoría, de dos tipos, chatbot de aprendizaje autorregulado y chatbot para establecer objetivos y recomendaciones.
- Ventajas IA+AI. Varios estudios revisados proporcionaron evidencia de que la integración de los chatbots en el aprendizaje invertido fueron útiles (Hew et al., 2023) y mejoraban el aprendizaje de los estudiantes (Li et al., 2021). Entre las ventajas más significativas señalaron las siguientes (Lo y Hew, 2023): la retroalimentación inmediata, una mayor interacción con los contenidos del aprendizaje y la mejor preparación de la clase por parte de los estudiantes. El uso de los chatbots que envían recordatorios a los estudiantes, generó una importante disminución del porcentaje de estudiantes que no leyeron materiales previos a la clase. Se identificaron mayores niveles de autoconfianza. Y, por último, resaltaron que el chatbot podría proporcionar pruebas, previas a la clase, apropiadas según el nivel de competencia de cada participante, notificando al profesorado para adaptar el nivel de dificultad de las tareas.
- Dificultades encontradas: funcionalidad técnica limitada, falta de autenticidad (la función limitada de su chatbot podría restringir la complejidad de la tarea “respecto a las preguntas más complejas prefiero preguntar a un compañero”) y cierta falta de motivación que el profesorado encontró en la utilización de la IA por el alumnado fuera del aula.

En otro estudio interesante, Walss (2023) subraya el alto valor que los estudiantes conceden a este tipo de herramientas, incluso para nuevos usuarios de las mismas. No obstante, también identifica un par de salvedades a controlar, como la importancia de validar la información recibida, pues se dieron cuenta de que podían detectarse errores, o la posibilidad de que los estudiantes no utilizaran la herramienta de manera ética en la redacción de sus conclusiones.

Los procesos de enseñanza dirigida requieren no sólo el compromiso del profesorado, sino un conocimiento profundo que sea capaz de liderar y guiar a los estudiantes en sus interpretaciones e incluso les capacite para discriminar entre preguntas productivas y baldías (Pozo y Gómez, 1998).

3. DISEÑO DE UNA EXPERIENCIA UNIVERSITARIA CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AULA INVERTIDA

Planteados los potenciales beneficios de una enseñanza por Aula Invertida, en cuanto a autorresponsable, participativa y proactiva, y el efecto acelerador que aporta y promete el uso de herramientas de Inteligencia Artificial, la propuesta de integrar ambos factores, AI+IA, promete interesantes resultados.

Con este objetivo de mejora en el proceso de aprendizaje y la motivación del alumnado, este trabajo diseña una experiencia de Aula Invertida integrada con IA para una asignatura de grado universitario.

La metodología que el Aula Invertida pone en marcha, suele distinguir, tanto en la literatura especializada como en la práctica real, dos momentos principales:

El primero, fuera de clase, que requiere un trabajo previo por parte del alumnado. El segundo, en clase, donde el profesorado orienta y promueve la colaboración y la participación activa.

Según Lo y Hew (2023), aunque diversos estudios han sugerido que el aprendizaje invertido puede incrementar los éxitos en asignaturas de distintas disciplinas (Cheng et al., 2019; Van Alten et al., 2019; Hew et al., 2021), en la práctica, esto no está exento de retos que superar.

Akçayır and Akçayır (2018) ya detectan, como quejas generalizadas de los estudiantes, la ausencia de guías para el trabajo o la imposibilidad de pedir ayuda durante el aprendizaje fuera de clase, lo que dificulta la progresión y efectividad del método (Diwanji et al., 2018).

Por tanto, la visión habitual, en dos momentos, adolece de un contenido esencial, que debería ser punto de partida ineludible. En cualquier proyecto, se hace necesario una preparación previa, un estudio y planificación de cómo deberán ir desarrollándose las fases que lo compongan, tratando de definir subobjetivos claros que indiquen que las cosas marchan según ese plan, y diseñando alternativas que permitan adaptarse a los imprevistos o mecanismos que faciliten ir aprendiendo sobre la marcha e, incluso, incorporando elementos útiles que, a priori, no hubieran sido considerados.

Como se subrayaba antes, este aspecto no se puede obviar y condiciona evidente y drásticamente los resultados. Nosotros vamos a añadir un tercer momento, que denominaremos momento cero y que deberá dar respuesta a todos los puntos antes expuestos.

Este estudio se compondrá, por tanto, de tres momentos, cuyas actividades a realizar durante cada uno pasamos, a continuación, a detallar.

Un momento inicial, que denominamos Momento Cero (M_0), con dos subfases diferenciadas. En la primera (M_{01}), el protagonismo único corresponde al profesorado que deberá plasmar y recoger las instrucciones y pautas que faciliten al alumnado una orientación completa sobre su papel en la experiencia y qué se espera de su participación. Desde describir cómo debe hacerse un uso adecuado de la IA, por ejemplo, cómo hacer una pregunta correctamente hasta para obtener la información que se necesite, hasta establecer un mecanismo de contacto y una orientación activos a lo largo de todo el proceso (ya sea el propio docente o una solución de Chatbots de IA, con asistencia y apoyo personalizados 24/7).

Todo esto, que de entrada se asemeja a un manifiesto, comprensivo de toda una declaración de intenciones, no es estático ni tampoco, por definición, completo. Esto lleva a la segunda subfase (M_{02}), que requiere de una interacción inicial entre ambas partes para asegurar la

comprensión de toda esta comunicación y que el docente se brinde a realizar las aclaraciones oportunas a las dudas que afloran, entonces o, en su caso, en cualquier punto del camino que están recorriendo juntos.

Durante el momento uno (M1), fuera de clase, el alumnado trabajará los temas con el material digital proporcionado por el profesorado a través del campus virtual y, complementariamente, con los recursos que pone a su disposición la IA. El alumnado podrá explorar el contenido a su propio ritmo, en modo asíncrono. Y el profesorado, reactivamente, actuará de guía y facilitador del aprendizaje.

Los recursos disponibles en el campus virtual serán diversos: manual de la asignatura, diapositivas, enlaces a artículos relacionados, videos, podcast, test autoevaluación, actividades, píldoras formativas virtuales...

Para completar el material anterior, tanto desde una perspectiva individual como para poder desarrollar la actividad de grupo, el alumnado hará uso de la IA.

En concreto se recomiendan dos herramientas principales. Por un lado, ChatGPT, dadas las ventajas que presenta (Aston, 2024): gratuita, sencilla de usar, con un uso ilimitado de consultas, que ayuda a generar y procesar textos y con la que se obtienen resultados fácilmente. Con funcionalidades de verdaderos tutores virtuales generadores de contenido, como las preguntas de opción múltiple, o recomendaciones personalizadas para explorar temas relacionados y profundizar en la comprensión de la asignatura.

Por otro lado, otras IA orientadas a la investigación científica, como Consensus (Guerra, 2023), que facilita información de artículos de investigación y poder, así, profundizar en los temas.

Para este momento (M1), caracterizado como fuera de clase, el alumnado trabajará los temas con el material ofrecido y usando los recursos que ofrece la IA. La IA permite conseguir un desarrollo más creativo del material y, con este claro objetivo instrumental y su posterior puesta en común en el aula, aporta la ventaja adicional de asegurar la honradez del alumnado en el uso constructivo de dicha información, como

palanca y no como conclusión final, dejando atrás cualquier vulgar riesgo de plagio.

Se propone también la formación de grupos de trabajo, para los que el profesorado planteará una actividad en forma de: caso práctico, debate, juego, exposición de un tema en profundidad, ejercicio de simulación, presentación póster... Cada grupo elegirá, libremente, una de estas metodologías de aprendizaje activo.

Todas las actividades están elegidas o diseñadas para un mejor aprovechamiento de los materiales seleccionados, de forma que su impacto en el aprendizaje sea idóneo o, al menos, lo más positivo posible. Por tanto, si bien su utilización general no es obligatoria, ni tiene por qué ser exhaustiva, sin embargo, el proceso óptimo de aprendizaje requiere recorrer el camino diseñado y sortear los obstáculos.

El plan tiene una visión global que pretende el desarrollo de determinadas competencias y la asimilación de ideas y conceptos clave. En este sentido, el buen funcionamiento del modelo demanda, ineludiblemente, un compromiso y un esfuerzo personal, por parte del estudiante, del que dependerá significativamente el resultado final.

Llegados al Momento Dos (M2), durante el tiempo de clase, los estudiantes aprovechan para aplicar lo aprendido. Para el momento, durante la clase, se resolverán las actividades realizadas de forma individual y cada grupo desarrollará y expondrá la actividad elegida.

A través de actividades interactivas, discusiones en grupo y resolución de problemas profundizan en la comprensión del tema, se constatan las ideas, se resuelven dudas, se cubren lagunas y eliminan ambigüedades y se afianzan los conocimientos. El resultado es un aprendizaje que podría denominarse inteligente, en cuanto a planificado, orientado y confirmado.

Los recursos de IA analizados por el alumnado en el momento anterior se podrán exponer durante la clase para compartirlo con el resto de compañeros y con posibilidad de colaboración y participación activas y como antes se ha comentado, provocando la creatividad en el aula, a través de:

- Elaboración de un caso práctico.
- Debate sobre algún apartado concreto del tema.
- Juegos relacionados.
- Exposición, en video o presencial, de algún tema interesante o aplicación práctica de la teoría.
- Póster sobre algún tema relacionado.

Llegados a este punto, avanzamos más allá y el modelo puede cerrarse, con propiedad, mediante una óptima evaluación del alumnado.

Cuando aparentemente, parece que todo está hecho, queda algo esencial: valorar lo aprendido. Para ello hay que poner en marcha mecanismos que sean capaces de apreciar convenientemente el esfuerzo, el compromiso y los resultados.

La rúbrica, diseñada con esta misión, recoge la valoración de la actividad realizada para cada individuo o para cada grupo, encuadrada en una evaluación continua y asignando una puntuación determinada que se enfocará en dos apartados principales:

1) Seguimiento de uso de la IA. El alumnado describirá y expondrá en clase los siguientes aspectos en relación a su experiencia con la IA:

- Herramientas de IA utilizadas (cuáles y cuantas, propuestas o no por el profesorado; justificación de la elección).
- Uso que han hecho de las mismas (número y calidad de las preguntas formuladas, información obtenida a partir de cada una de ellas, reformulación de preguntas si es necesario para perfilar una mejor respuesta, si han contrastado, o no, lo averiguado...).
- Reflexión personal sobre la aplicabilidad, utilidad y funcionamiento de la IA.

Con la información recabada, las posibles evaluaciones del alumnado después de la experiencia se moverían en un rango cualitativo con tres niveles: No apto, Apto y Sobresaliente.

2) Presentación de la actividad. El alumnado defenderá y pondrá en práctica, en clase, la actividad elegida: debate, ejercicio de simulación, exposición de una investigación en profundidad de un aspecto concreto del tema, caso práctico...

La valoración de la misma seguirá un patrón similar al antes descrito, en tres niveles cualitativos, apreciando la cantidad y la calidad de la información manejada, originalidad, habilidades de comunicación, claridad, adaptación a la audiencia, distribución temporal del contenido ...

4. CONCLUSIONES

El objetivo central de este trabajo es aplicar la metodología de Aula Invertida, potenciada con herramientas de IA y diseñar una experiencia aplicable a estudios universitarios, capaz de influir y elevar el aprendizaje y la motivación del alumnado, a la vez que desarrolla y activa diversas competencias necesarias para su crecimiento personal y profesional: desde asumir responsabilidad y auto-exigencia, hasta mejoras en la habilidad de cuestionar la información disponible, pasando por la capacitación para el aprovechamiento adecuado de tecnologías innovadoras cuya presencia e importancia son ya ineludibles.

A partir de esta ambiciosa meta, a continuación, presentamos las principales conclusiones del análisis realizado:

Se pone sobre la mesa la cuestión de reflexionar sobre la optimización de los procesos de aprendizaje, ante las características de las nuevas generaciones y el contexto actual, de presencia tecnológica creciente y de saturación informativa que genera una disminución de la atención.

Proponer alternativas novedosas exige un cambio cultural que requiere invertir tiempo y esfuerzo, comenzando intensivamente por los docentes, pero requiriendo inexcusablemente la colaboración y compromiso activos del alumnado.

El papel direccionador del docente fomenta un análisis crítico del contenido de IA, desarrolla la toma de decisiones y facilita habilidades para expresarse con eficacia y precisión. Su función dibuja y perfila todo el modelo, desde las fases iniciales de su planificación estratégicos y

posterior supervisión y adaptación táctica a la realidad, hasta las últimas etapas de evaluación y redefinición para futuras acciones formativas.

El método de Aula Invertida, en combinación con la IA, podría mejorar la calidad de la enseñanza, el aprendizaje y la motivación del alumnado, reservándole un papel cada vez más activo en su propio proceso de enseñanza-aprendizaje. De esta forma, se hace posible, por un lado, adaptar el contenido y las actividades de aprendizaje a las preferencias individuales y, por otro, elegir un ritmo de trabajo personal promoviendo una participación de marcado carácter protagonista y asegurando una mejor comprensión y asimilación del tema, gracias al trabajo previo planificado y realizado.

Sin embargo, debe hacerse hincapié en la importancia de que el alumnado tenga claro, desde inicio, qué se espera de ellos y cuáles han de ser sus tareas, además de dónde acudir ante las dudas a lo largo del proceso. Es esencial que conozca el recorrido, los obstáculos que se puedan encontrar y las posibilidades de ayuda, tutoría y reorientación. El instrumento que garantiza que esto se consiga es el diseño y puesta en práctica de lo que en este trabajo hemos denominado el Momento Cero de esta propuesta educativa.

Con estas conclusiones se comprueban y refuerzan los resultados de otros trabajos, como los que cita Aljermawi et al., 2024, tanto en lo relativo al impacto positivo del aprendizaje autodirigido y la formación online, en el caso de la educación en ciclos superiores (Slater and Cusick; 2017), como el incremento de motivación y beneficios en cuanto a la mejor gestión del conocimiento que proporciona el método de Aula Invertida (Abeysekera & Dawson, 2015).

Adicionalmente, esta investigación incluye un análisis de propuestas y posibles líneas de trabajo futuras, sobre las que seguir profundizando.

Investigar, desde el punto de vista del docente, formas más efectivas de usar la IA en el Aula Invertida y análisis de nuevos desafíos.

Aplicar la experiencia diseñada en este trabajo en distintos grados universitarios, para analizar el impacto de la integración de la IA y el AI en el aprendizaje, motivación y rendimiento del alumnado universitario.

Comparación de los resultados obtenidos con aquellos que puedan observarse para una la metodología de Aula Invertida sin IA.

5. REFERENCIAS

- Akçayır, G., and Akçayır, M. (2018). The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. *Computers and Education*, 126, 334–345. doi: 10.1016/j.compedu.2018. 07.021
- Aljermawia, H.N., Ayasrahb, F.T.M., Al-Said, K., Abu-Alnadi, H. and Alhosani, Y. (2024). The effect of using flipped learning on student achievement and measuring their attitudes towards learning through it during the corona pandemic period. *International Journal of Data and Network Science*, 8, 243–254. doi:10.5267/j.ijdns.2023.9.027
- Aston Pardo, G. (2024). Profesores productivos. *Inteligencia Artificial y ahorro de tiempo para profesores*. <https://profesorproductivo.com/>
- Bahroun, Z.; Anane, C.; Ahmed, V. and Zacca, A. (2023). Transforming Education: A Comprehensive Review of Generative Artificial Intelligence in Educational Settings through Bibliometric and Content Analysis. *Sustainability*, 15(17), 12983. doi:10.3390/ su151712983
- Barker, K. (1986). Dilemmas at distance. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 11(3), 219–230. <https://doi.org/10.1080/0260293860110306>
- Bates, T.; Cobo, C., Mariño, O. and Wheele, S. (2020). Can artificial intelligence transform higher education?. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17:42. doi:10.1186/s41239-020-00218-x
- Bearman, M., Ryan, J. and Ajjawi, R. (2023). Discourses of artificial intelligence in higher education: a critical literatura review. *Higher Education*, 86, 369–385 <https://doi.org/10.1007/s10734-022-00937-2>
- Breines, M. R., and Gallagher, M. (2020). A return to Teacherbot: Rethinking the development of educational technology at the University of Edinburgh. *Teaching in Higher Education*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1825373>
- Cheng, L., Ritzhaupt, A. D., and Antonenko, P. (2019). Effects of the flipped classroom instructional strategy on students' learning outcomes: A meta-analysis. *Educational Technology Research and Development*, 67, 793–824. doi: 10.1007/s11423-018-9 633-7
- Diwanji, P., Hinkelmann, K., and Witschel, H. F. (2018). Enhance classroom preparation for flipped classroom using AI and analytics, in *Proceedings of the 20th international conference on enterprise information systems – volume 1: ICEIS*, (Funchal: Science and Technology Publications, Lda), 477–483. doi: 10.5220/0006807604770483

- Guerra Járegui, M. (2023). Las mejores IA para el investigador moderno. Observatorio del Instituto para el futuro de la Educación. <https://observatorio.tec.mx/edu-news/las-mejores-ia-para-el-investigador-moderno/>
- Hew, K. F., Bai, S., Dawson, P., and Lo, C. K. (2021). Meta-analyses of flipped classroom studies: A review of methodology. *Educational Research Review*, 33:100393. doi: 10.1016/j.edurev.2021.100393
- Hew, K. F., Huang, W., Du, J., and Jia, C. (2023). Using chatbots to support student goal setting and social presence in fully online activities: Learner engagement and perceptions. *J. Comput. High. Educ.* 35, 40–68. doi: 10.1007/s12528-022-09338-x
- Klutka, J., Ackerly, N., and Magda, A. J. (2018). *Artificial Intelligence in Higher Education: Current Uses and Future Applications*. Louisville: Learning house.
- Latorre-Cosculluela, C., Suárez, C., Quiroga, S., Sobradriel-Sierra, N., Lozano-Blasco, R., and Rodríguez-Martínez, A. (2021). Flipped Classroom model before and during COVID-19: Using technology to develop 21st century skills. *ITSE*. ahead of print. doi: 10.1108/ITSE-08-2020-0137
- Li, J., Ling, L., and Tan, C. W. (2021). Blending peer instruction with just-in-time teaching: Jointly optimal task scheduling with feedback for classroom flipping, in *Proceedings of the Eighth ACM conference on learning @ scale*, (Germany: ACM), 117–126. doi: 10.1145/3430895.3460134
- Lo, CK and Hew, KF (2023). A review of integrating AI-based chatbots into flipped learning: new possibilities and challenges. *Front. Educ.* 8:1175715. doi: 10.3389/educ.2023.1175715
- Loftus, M., and Madden, M. G. (2020). A pedagogy of data and artificial intelligence for student subjectification. *Teaching in Higher Education*, 25(4), 456–475. doi:10.1080/13562517.2020.1748593
- Pavlova, N. H. (2024). Flipped dialogic learning method with ChatGPT: A case study. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 19(1), em0764. doi:10.29333/iejme/14025
- Pozo Muncio, J.I., y Gómez Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Ediciones Morata.
- Preslavsky, K. (2024): Flipped dialogic learning method with ChatGPT: A case study. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 19 (1), em0764. doi:10.29333/iejme/14025
- Robinson, J. and Persky, A. (2020). Developing self-directed learners. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 84 (3):847512. doi: 10.5688/ajpe847512

- Tourón, J., and Santiago, R. (2015). El modelo flipped learning y el desarrollo del talento en la escuela. *Revista de Educación*, 368, 196–231. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2015-368-288>
- Van Alten, D. C., Phielix, C., Janssen, J., and Kester, L. (2019). Effects of flipping the classroom on learning outcomes and satisfaction: A meta-analysis. *Educational Research Review*. doi: 10.1016/j.edurev.2019.05.003
- Walls Auriolles, M.E. (2023). ChatGPT como fuente de información preliminar en la investigación dirigida. *Observatorio del Instituto para el futuro de la Educación*. <https://observatorio.tec.mx/edu-bits-blog/chatgpt-como-fuente-de-informacion-preliminar-en-la-investigacion-dirigida/>
- Zain D. S. M. (2022). Flipped Classroom Model For EFL/ESL Instruction in Higher Education: A Systematic Literature Review. *Journal of Language and Education*, 8(3), 134-150. <https://jle.hse.ru/article/view/12855>

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN SUPERIOR: VENTAJAS E INCOVENIENTES

ANA M. MARTÍN-CARABALLO
Universidad Pablo de Olavide

INMACULADA ROMANO-PAGUILLO
Universidad Pablo de Olavide

EULALIA ROMERO PALACIOS
Universidad Pablo de Olavide

1. INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial (IA) está transformando nuestras vidas, ya influye en cómo vivimos, nos desplazamos, trabajamos, nos comunicamos y cómo afrontamos la resolución de problemas a diario, por lo que es razonable que también afecte la manera en que educamos.

La educación universitaria en particular está experimentando una profunda transformación debido a la normalización del uso de herramientas de Inteligencia Artificial, éstas están redefiniendo las metodologías de enseñanza y personalizando el aprendizaje. Los docentes universitarios, a pesar del temor inevitable que supone enfrentarnos a entorno desconocido (Cormac Mc., et al., 2023) debemos entender que este cambio de paradigma no solo afecta a la manera en que los estudiantes hoy adquieren conocimientos, sino que estamos preparando a futuros profesionales cuya capacidad de adaptación debemos potenciar pues se enfrentarán a nuevas tecnologías en un mundo que cambia a velocidad frenética (Carvalho L., et al., 2022).

La IA se está integrando en los procesos de enseñanza y aprendizaje, ofreciendo nuevas posibilidades y nuevos retos para estudiantes, docentes e

instituciones y una de sus principales ventajas en la enseñanza universitaria es su capacidad para personalizar el proceso de aprendizaje.

Los sistemas de IA pueden analizar los datos de los estudiantes, como sus hábitos de estudio y preferencias de aprendizaje, para adaptar los contenidos y la metodología didáctica a las necesidades individuales de cada alumno. Esto permite a los estudiantes avanzar a su propio ritmo y recibir el apoyo necesario en los temas que más lo necesitan. Los asistentes virtuales basados en IA se han convertido en una herramienta cada vez más común en la enseñanza universitaria. Las plataformas de aprendizaje interactivo ofrecen retroalimentación rápida y accesible, pueden responder preguntas de los estudiantes, proporcionar retroalimentación sobre sus trabajos y ofrecer orientación y apoyo académico. Están disponibles 24 horas al día, 7 días de la semana, lo que permite a los estudiantes obtener ayuda justo en el momento que la demandan. Para nuestros estudiantes “milenials” que han crecido en un entorno digital donde la gratificación instantánea es la norma, la inmediatez en las respuestas es una expectativa predominante y se ha convertido en un requerimiento esencial para estas generaciones. Las universidades están adoptando estas tecnologías avanzadas, para que los estudiantes permanezcan comprometidos y motivados en su proceso educativo.

Además, la IA también puede ayudar a los docentes y a las instituciones a analizar grandes cantidades de datos sobre el rendimiento y el comportamiento de los estudiantes. Estos análisis pueden revelar patrones y tendencias que permiten identificar a los estudiantes en riesgo de fracaso o abandono, y tomar medidas preventivas a tiempo. Los datos recopilados pueden utilizarse para mejorar continuamente los planes de estudio y las estrategias de enseñanza. Algunas aplicaciones de IA pueden ayudar a los docentes a crear contenidos educativos más ricos y atractivos, como presentaciones interactivas, simulaciones y encuestas en línea. Además, la IA podría automatizar tareas como la corrección de exámenes y trabajos, liberando tiempo a los docentes para dedicarse a otras actividades más creativas y de interacción con los estudiantes. (Silvestre, E., et al, 2022)

Pero, si bien la IA ofrece muchas oportunidades para mejorar la enseñanza universitaria, también plantea algunos problemas éticos, como la

continua preocupación sobre la privacidad de datos y el consentimiento informado, razón por la que las universidades están implementando políticas rigurosas de custodia de datos y ofrecen formación sobre ética para asegurar un manejo responsable de estas tecnologías avanzadas. También existe el riesgo de herramientas en el ámbito profesional y prepara a los estudiantes para enfrentar las complejidades del que la IA perpetúe sesgos y discriminaciones si los datos utilizados para entrenarla no son representativos o contienen prejuicios históricos no corregidos. Y señalaría de manera muy destacable que el uso excesivo de IA podría reducir la interacción humana y la socialización en el campus, aspectos fundamentales de la experiencia universitaria y que se consideran necesarios para la formación integral de los discentes (Selwyn, N., 2022). Por último, no olvidemos que el uso de estas tecnologías va más allá de la graduación, las universidades juegan un papel importante en la formación continua de sus egresados, una oferta en Formación Permanente que ayude a los profesionales a actualizar sus habilidades y mantenerse competitivos es primordial.

En resumen, la adopción de tecnologías avanzadas en la educación universitaria está redefiniendo cómo enseñamos, aprendemos y llevamos a cabo investigaciones. Aunque ofrecen oportunidades sin precedentes para personalizar el aprendizaje y expandir el conocimiento, también plantean nuevos retos que requieren un enfoque cuidadoso y considerado. En general, las instituciones de educación superior están ampliando sus programas académicos para incluir una variedad de cursos que cubren temas avanzados de tecnología, que son relevantes en campos como negocios, salud y ciencias sociales, no estrictamente tecnológicos. Esto pone de manifiesto la relevancia transversal de este entorno laboral moderno, incluyendo la gestión de cuestiones éticas relacionadas con el uso de sistemas automatizados y de análisis. También están fomentando colaboraciones interdisciplinarias dentro de las universidades, uniendo a expertos de diversas disciplinas para explorar aplicaciones y repercusiones desde múltiples perspectivas. Esta aproximación colaborativa no solo enriquece la investigación y la experiencia educativa, sino que también prepara a los estudiantes para trabajar en equipos multidisciplinarios, habilidad altamente valorada en el entorno laboral globalizado.

A medida que la IA siga avanzando, será crucial que las instituciones educativas, los docentes y los estudiantes trabajen juntos para aprovechar al máximo sus beneficios, manteniendo siempre el enfoque en la calidad de la educación y el bienestar de los estudiantes.

A continuación, se presenta la estructura del trabajo, una vez concluida con el objetivo del trabajo exponemos en la metodología las distintas herramientas analizadas para poder llegar al apartado de resultado y exponer las ventajas e inconvenientes de las distintas aplicaciones analizadas. Una vez realizado esto, en el último apartado se llega a las conclusiones.

2. OBJETIVO

En este trabajo el principal objetivo es analizar las ventajas de utilizar herramientas con inteligencia artificial en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas a nivel universitario, pero no por ello vamos a dejar de abrir los ojos antes las desventajas del uso sin control de estas herramientas por nuestras y nuestros estudiantes.

3. METODOLOGÍA

En este apartado realizaremos una presentación de las distintas herramientas de IA que vamos a analizar en el apartado de resultados.

Como se ha indicado anteriormente, en la sociedad actual no podemos obviar las herramientas de IA ya que éstas nos acompañan a diario y como no, facilitan nuestras rutinas del día a día. Por tanto, no podemos cerrarnos ante este tipo de herramientas y, sobre todo, se debería hacer “nuestras” tales herramientas y sacarles el mayor provecho porque es ya la única salida que nos queda para no crear una brecha abismal con las nuevas generaciones. Si además somos profesores universitarios, es obvio, no hay otra opción.

Por tanto, la IA ha invadido los espacios de aprendizaje revolucionando la educación (Bearman, M., et al, 2022) en cualquiera de sus niveles, aunque en los niveles superiores esta invasión es más palpable que en la educación primaria, por ejemplo. Según Fernández (2021) la pandemia del COVID-19 ha marcado un antes y un después en el uso de las

herramientas digitales y de contenidos en la red. El encierro sufrido obligó a docentes a valorar sus competencias digitales, y por supuesto, a mejorar y buscar medios para poder desarrollar ciertas habilidades “digitales” para poder mantener la enseñanza activa en los entornos virtuales que fueron los únicos en los que se podía seguir con el proceso de enseñanza y aprendizaje.

3.1. HERRAMIENTAS PARA PROFESORES UNIVERSITARIOS

A continuación, vamos a tomar conciencia de las herramientas que en la realidad de nuestra docencia diaria ya usamos y que están basadas en Inteligencia Artificial. Y uno de los objetivos de este trabajo es proponer otras diferentes para hacer que la labor docente sea más cómoda y el docente pueda aumentar su productividad.

3.1. 1. HERRAMIENTAS GENERALES

Cada universidad usa una plataforma de aprendizaje en línea particular, en nuestro caso, somos docentes de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, utilizamos Blackboard. La Universidad de Granada, por ejemplo, utiliza Moodle. Como indicamos, cada institución tiene su propia plataforma de aprendizaje en línea que permite al profesorado organizar y administrar cursos, compartir materiales educativos y comunicarse con los estudiantes, al tiempo que facilita la creación y administración de evaluaciones en línea o el seguimiento del rendimiento de los y las estudiantes.

Pero además de lo anterior, también la IA puede ayudarnos con la creación de contenidos con herramientas como: ChatGPT y GPT-3 de OpenAI (Bodong Chen, et al 2023), que generan texto coherente y relevante en respuesta a preguntas y temas específicos, o Article Forge y Articoolo que utilizan IA para generar contenido escrito único y relevante sobre una gran variedad de temas.

Si además se quiere realizar presentaciones (ya sean para hacerlas ante un auditorio o bien para dejarlas como video) podemos usar herramientas como: Emaze, Beautiful.ai, Gamma, Powtoon o Canva, estas últimas, además, permiten la creación de contenido interactivo incluyendo

elementos multimedia como imágenes, videos y archivos de audio para enriquecer las presentaciones y Canva además ofrece funciones de colaboración que permiten a estudiantes y profesores compartir y trabajar juntos en presentaciones y otros proyectos. Desde hace ya unos meses, algunas herramientas de las citadas nos ayudan a la creación también de contenido o al dibujo de imágenes libres de derecho de autor ya que es la propia IA integrada la que la crea

Si lo que queremos es evaluar, se pueden generar rubricas con solo unos “clicks” con: Rubistar, Quick Rubric, CoRubric..., etc., y para evaluar el seguimiento que estamos realizando en un aula podemos elaborar al momento un breve cuestionario que pueden contestar desde sus dispositivos móviles y con el que obtendremos un rápido feedback de la situación de aprendizaje del alumnado en ese día en particular. Por otro lado, también se podrán elaborar evaluaciones con herramientas como Kahoot, Mentimeter, Quizziz o Socrative, entre otras

Por último, señalar que el uso de herramientas de IA en el proceso de enseñanza y aprendizaje ayuda a desarrollar el pensamiento crítico en el alumnado, mejorando entonces su capacidad de análisis ya que deben identificar relaciones inferenciales, evaluar diferentes argumentos y descripciones para tomar ciertas decisiones en los temas que estudian (Lantian et al., 2021)

3.1.2. Herramientas Área de métodos cuantitativos en asignaturas de matemáticas

Si nos centramos en la docencia de asignaturas del área de métodos cuantitativos, área a la que pertenecen las autoras de este trabajo, podemos ayudarnos de herramientas como: WolframAlpha que utiliza inteligencia computacional para responder preguntas y resolver problemas matemáticos. Puede realizar cálculos, trazar gráficos, resolver ecuaciones, etc. Otra útil herramienta es SAGE que es un sistema de álgebra computacional que integra varias herramientas de matemáticas, incluyendo SymPy, Maxima y GAP. Por otro lado, está la herramienta Desmos, que es una calculadora gráfica en línea que puede trazar gráficos de funciones, ecuaciones y conjuntos de datos y es útil para visualizar conceptos matemáticos y explorar relaciones entre variables.

Una herramienta clásica en el aula de matemáticas es GeoGebra, herramienta de geometría dinámica que combina geometría, álgebra, cálculo y otras áreas que permite crear gráficos, construir figuras geométricas ya sea en dos o tres dimensiones), resolver ecuaciones y mucho más.

También podríamos utilizar Mathway que es una herramienta en línea que puede resolver una amplia variedad de problemas y por supuesto los matemáticos, incluyendo álgebra, cálculo, trigonometría y estadística. Proporciona soluciones paso a paso y explica el proceso detrás de cada respuesta.

Por otro lado, hace nada ChatGPT ha anunciado que desbloquea los GPTs creados por usuarios para su libre disposición por lo que realmente se podrán diseñar GPTs que tutoricen al alumnado, ayudándoles, por ejemplo, en la resolución de problemas de matemáticas, que era una de las deficiencias que encontrábamos en la IA. Se va a poder crear GPTs que resuelvan un determinado tipo de problemas y dárselos al alumnado para que lo guíe y oriente en el proceso de resolución de tales problemas.

3.2. HERRAMIENTAS PARA ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

La integración de herramientas de IA en la experiencia educativa universitaria puede ofrecer un potencial transformador, equipando a los estudiantes con herramientas poderosas para el aprendizaje personalizado, la colaboración innovadora y la preparación para los trabajos del futuro.

Las herramientas IA ofrecen al estudiantado acceso inmediato a una amplia gama de recursos educativos, desde bibliotecas digitales hasta plataformas de tutoría en línea, permitiéndoles acceder a información relevante y actualizada en cualquier momento y desde cualquier lugar. Estas tecnologías, además, pueden adaptar la experiencia de aprendizaje, ajustando el contenido y las actividades según las necesidades individuales de cada estudiante, lo que favorece un aprendizaje más eficaz y personalizado. Las plataformas tecnológicas pueden proporcionar retroalimentación instantánea sobre el progreso del estudiante, identificando áreas de mejora y fortaleza para orientar el estudio autodirigido y potenciar el rendimiento académico. Incluso fortalecen la colaboración entre estudiantes, permitiendo el intercambio de ideas y la

resolución conjunta de problemas a través de recursos en línea y redes sociales educativas. Sin olvidar por supuesto, que ayuda a desarrollar en los estudiantes un pensamiento crítico y analítico para poder elegir qué es útil y qué no es útil de lo que le ofrece la IA en cada momento.

3.2. 1. HERRAMIENTAS CON IA PARA ESTUDIANTES

Para llevar a cabo investigaciones y búsqueda en página web. Existen numerosas aplicaciones útiles, algunas de las más destacadas son ChatGpt, Bing, Claude, Perplexity, Copilot y Gemini. Estas herramientas son especialmente útiles para la creación de texto a partir de la información obtenida en la búsqueda. Por ejemplo, ChatGPT es una avanzada inteligencia artificial que puede generar textos coherentes y relevante basado en las consultas realizadas.(Heaven, W.D., 2023) Bing, por otro lado, es un motor de búsqueda ampliamente utilizado que proporciona resultados y procesos variados. Claude ofrece funcionalidades de búsqueda específicas y eficientes, mientras que Perplexity es una herramienta que ayuda a entender y mejorar la calidad de texto generado, dando las referencias y fuentes del texto obtenido. Copilot es una herramienta desarrolladora que asiste en la escritura de código, pero también puede generar texto relevante para preguntas específicas. Y finalmente, Gemini es una plataforma que facilita la generación de contenido creativo a partir de datos e información de diversas fuentes en línea. Estas herramientas son valiosas para quienes necesitan acceder a información de manera rápida y eficiente, así como para aquellos que requieren generar contenido basado en dicha información.

También existen aplicaciones que pueden ser de gran ayuda para los estudiantes en su día a día, ayudándoles a planificar sus tareas y organizar su tiempo de manera eficiente. Algunas de estas aplicaciones son Notion, Trello, Mystudylife, Evernote, Todoist, Mindmester entre otras de las que existen.

Notion es una aplicación multifuncional que permite a los estudiantes crear bases de datos, tablas, listas de tareas y notas, todo en un solo lugar. Trello es una herramienta de gestión de proyectos basadas en tarjetas, ideal para organizar tareas y asignarlas a diferentes etapas de un proyecto. MyStudyLife es una aplicación diseñada específicamente

para estudiantes, que les permite llevar un seguimiento de sus horarios, exámenes, tareas y recordatorios importantes.

Evernote es una aplicación de notas muy popular que permite a los estudiantes capturar ideas, tomar notas, hacer listas de tareas y organizar información de manera fácil y accesible. Todoist es una aplicación de gestión de tareas que ayuda a los estudiantes a priorizar y organizar sus tareas diarias, estableciendo recordatorios y fechas límite. Mindmester es una herramienta de mapas mentales que ayuda a los estudiantes a visualizar sus ideas y conceptos de manera clara y organizada.

Estas aplicaciones son especialmente útiles porque aprenden de las rutinas de los estudiantes y pueden sugerirles planificaciones basadas en sus actividades previas y patrones de trabajos. En resumen, estas aplicaciones y herramientas no solo ayudan a los y las estudiantes a organizar sus tareas y optimizar su tiempo, sino que también ofrecen sugerencias y recomendaciones personalizadas para mejorar su productividad y rendimiento académico.

Si los y las estudiantes necesitan aplicaciones para simplificarle los temarios y en el tema de creación de resúmenes, existe plataformas gratuitas y otras páginas web que ayudan a la creación de resúmenes, como son Parafasist, Updf, Intelippt, Resoomer, ChatGpt y Summarizer.

Por ejemplo, Parafasist es una plataforma que ayuda a los estudiantes a parafrasear textos de manera automática, lo que facilita la comprensión y el resumen de contenidos complejos. UPDF es una herramienta que permite a los estudiantes convertir documentos PDF en formatos editables, lo que facilita la extracción y la organización de la información para crear resúmenes. Intelippt es una plataforma que utiliza inteligencia artificial para resumir textos de manera rápida y precisa, ayudando a los estudiantes a obtener una visión general de los temas principales. Resoomer es una herramienta en línea que permite resumir textos automáticamente, resaltando las ideas principales y eliminando la información redundante

Summarizer es una herramienta que permite a los estudiantes ingresar texto o URL de un artículo y obtener un resumen automático del mismo. Estas herramientas son valiosas para los estudiantes porque simplifican

el proceso de creación de resúmenes, permitiéndoles ahorrar tiempo y esfuerzo. Además, al utilizar inteligencia artificial y algoritmos avanzados, estas plataformas pueden generar resúmenes precisos y bien estructurados, lo que facilita el estudio y la comprensión de los temas.

Para realizar presentaciones los estudiantes pueden utilizar aplicaciones como Emaze, Tome, Beautiful.ai, Gamma, Powtoon o Canva, estas últimas, como se ha indicado en el apartado anterior, ya utilizan creación de contenido con IA, y permiten la creación de contenido interactivo incluyendo elementos multimedia como imágenes, videos y archivos de audio para enriquecer las presentaciones.

Por ejemplo, Emaze es una plataforma que ofrece una amplia gama de plantillas y efectos visuales para crear presentaciones dinámicas y atractivas. Tome es una herramienta que permite a los estudiantes crear presentaciones interactivas y personalizadas, adaptadas a sus necesidades específicas. Beautiful.ai es una aplicación que utiliza inteligencia artificial para diseñar automáticamente presentaciones visualmente atractivas y bien estructuradas. Gamma es una plataforma que ofrece herramientas avanzadas para la creación de presentaciones profesionales, con opciones de personalización y colaboración en tiempo real. Por último, Canva ofrece funciones de colaboración que permiten a los estudiantes compartir y trabajar juntos en tiempo real en sus presentaciones y otros proyectos. Esto facilita el trabajo en equipo y la revisión conjunta de las presentaciones, lo que resulta especialmente útil para proyectos grupales o actividades en clase

En resumen, estas herramientas proporcionan a los estudiantes las herramientas necesarias para crear presentaciones efectivas y profesionales, adaptadas a sus necesidades y preferencias, y potenciadas por la inteligencia artificial para hacer el proceso más eficiente y creativo

4. RESULTADOS

4.1. VENTAJAS E INCONVENIENTES PARA PROFESORES

El uso de herramientas de IA en el aula se debe hacer siempre desde la reflexión ya que no consiste en utilizar herramientas de IA por utilizarlas,

el docente es quien debe reflexionar sobre la necesidad de uso de herramientas IA, es decir, debe reflexionar sobre si su uso aporta algo positivo o no al proceso de enseñanza-aprendizaje, etc. Por ello, el docente debe reflexionar antes de actuar en el aula. (Castillejos B., 2022).

4.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES PARA ESTUDIANTES

Pero frente a estas significativas ventajas descritas del uso de IA por los discentes nos encontramos con que su dependencia excesiva podría disminuir la capacidad de pensamiento crítico y la resolución de problemas de forma independiente. Por otra parte, la calidad y precisión de las respuestas pueden variar, lo que podría llevar a errores si no se verifica adecuadamente. También existe la preocupación de la falta de práctica manual y el riesgo de descuidar el desarrollo de habilidades fundamentales, es por esto que es crucial utilizar estas herramientas como complemento al aprendizaje tradicional y fomentar un equilibrio adecuado entre la tecnología y las habilidades analíticas.

4.3. VENTAJAS DE LAS IA

A continuación, se dan algunos aspectos positivos del uso de IA en la educación superior:

- Automatización de procesos: aunque es una ventaja en el ámbito empresarial, se puede adecuar al contexto de la educación superior, ya que ayudará a realizar tediosas tareas de forma automática, tareas que para el alumnado resultan repetitivas y tediosas.
- Reduce el error: algunos trabajos ejercicios exigen la repetición mecánica de movimientos o de acciones concretas (como la introducción de datos por ejemplos en asignaturas de estadística o econometría). Si de ello se encarga la IA el nivel de error es mínimo y de producirse podría corregirse con mayor facilidad.
- Potencia la creatividad: crea un ambiente de aula más agradable ya que con ayuda de ciertas herramientas es posible ver cómo cambia un resultado ante mínimos cambios en las condiciones iniciales, por ejemplo, sin que ello conlleve el volver a realizar todos los cálculos de nuevo, sino que es la

herramienta utilizada la que se encarga de ello. En asignaturas de matemáticas es particularmente útil el uso del software Geogebra por ejemplo.

- Aporta precisión y agiliza la toma de decisiones: la IA tiene un pensamiento autónomo, por lo que genera procesos que reducen los errores, puede analizar miles de datos en apenas minutos y además tener en cuenta posibles actualizaciones de los mismos. De esta forma, el alumnado obtiene una información bien sintetizada y actualizada y así podrán seguir el proceso de toma de decisiones y resolución de problemas de forma mucho más fácil y autónoma. Además, la IA permite conocer cuál es la mejor alternativa tras analizar los datos, y permite encontrar la decisión más adecuada para seguir con la resolución del problema.
- El análisis de los errores de seguridad: la IA ayuda al profesorado a prevenir, detectar y frenar posibles fraudes, aunque para ello el profesorado debe estar formado en estas herramientas ya que de otra forma, el uso de IA fomentaría el fraude entre el alumnado.

Aunque no están todas las ventajas que el uso de IA nos aporta, pasaremos a analizar lo opuesto, es decir, los inconvenientes que pueden suceder con el uso de IA en las aulas de Educación Superior.

4.3. INCONVENIENTES DE LAS IA

Es obvio, que no todo son ventajas, el uso de la IA también tiene algunos inconvenientes como, por ejemplo, la incertidumbre de no controlar totalmente las herramientas que se utilizan por parte del profesorado de del alumnado como se ha indicado en el apartado anterior. Por tanto, casi que se puede señalar un primer inconveniente que sería la necesidad de contar con especialistas en IA y el coste de su puesta en marcha, pero obviamente hay más más inconvenientes y algunos de estos son:

- La vulneración de derechos: los derechos de imagen, la privacidad de los datos utilizados y la posible vulneración de las leyes en vigor exigen una formación específica para evitar

posibles sanciones. No solo es el profesorado el que debe formarse en la ética del uso de la IA, el alumnado también debe tener claro que es necesario que se forme en ello para no caer en el fraude académico.

- La dificultad de acceso a los datos: ningún sistema de IA será eficaz si sus datos no están actualizados y tampoco si no son fiables. Desgraciadamente, no siempre es así y si el programa va desarrollando su labor sobre una base de datos errónea terminará por provocar errores sustanciales en el futuro, por lo que hay que asegurarse que los datos con los que trabaja la IA utilizada son correctos y están además actualizados. Claro ejemplo es el uso de ChatGPT en su versión gratuita donde los datos a los que accede son del año 2022 y si se le pide algo más actual da una respuesta, pero sobre datos que inventa ya que sus bases de datos no llegan a años posteriores a 2022.
- La falta de cualificación: la tecnología crece a un ritmo más rápido que lo que necesitan los profesionales para formarse, por tanto, a veces es imposible controlar qué hace la herramienta o decirle a ella lo que realmente queremos hacer.
- El coste: aunque existen alternativas gratuitas, el precio de los planes para un uso completo y eficiente de la herramienta podría llegar a ser prohibitivo, a veces las alternativas gratuitas utilizan bases de datos no actualizadas como se ha indicado anteriormente.
- La dependencia de la tecnología: basar toda la actividad en la IA no es positivo ya que en caso de error el resultado se vería seriamente afectado. Es por ello que su uso debe hacerse siempre desde el análisis y el pensamiento crítico. Actitudes y cualidades que, por otra parte, deben ser fomentadas en un aula de educación superior.
- La posibilidad de su uso con fines maliciosos: la IA no distingue entre un dato positivo y uno negativo, la IA también ayudará a quienes la utilicen para sustraer datos ajenos.

Por lo tanto, la IA se ha convertido en algo importante en nuestro día a día, pero sigue necesitando una revisión continua para ver por ejemplo si su toma de decisiones es la correcta o los datos con los que trabaja son correctos y actualizados.

- Adicción digital: dependencia de la tecnología para poder afrontar un día a día.
- Copia automatizada: Plagio académico, no presentar una valoración crítica de lo creado y copiar sin realizar una comprobación de la verdad.
- Competencias erosionadas: el uso constante de las IA, puede generar una pérdida de habilidades cognitivas de los estudiantes.
- Datos expuestos: los profesores y estudiantes están en constante pérdida de privacidad de los datos utilizados.
- Brecha tecnológica: en las edades de los estudiantes puede existir una desigualdad de acceso a las IA y con ello una brecha en la oportunidad de utilizar dichas herramientas, porque como se ha comentado anteriormente existe unos costes que todo el estudiantado no se lo puede permitir.

Los estudiantes pueden llegar a perder las habilidades como puede ser la creatividad, el uso de IA, tiene una creatividad reducida.

- Enfoque disminuido: las nuevas tecnologías hacen constantemente que los estudiantes tengan un porcentaje mayor de distracción y falta de concentración constante.

5. CONCLUSIONES

Como conclusión, podemos decir que la clave podría ser que la IA se utilizara como una herramienta complementaria y no como el eje sobre el que ha de girar todo.

La integración de herramientas de IA en la experiencia educativa universitaria puede ofrecer un potencial transformador, equipando a los

estudiantes con herramientas poderosas para el aprendizaje personalizado, la colaboración innovadora y la preparación para los trabajos del futuro.

Las herramientas IA ofrecen al profesorado y al alumnado acceso inmediato a una amplia gama de recursos educativos, desde bibliotecas digitales hasta plataformas de tutoría en línea, permitiéndoles acceder a información relevante y actualizada en cualquier momento y desde cualquier lugar. Estas tecnologías, además, pueden adaptar la experiencia de aprendizaje, ajustando el contenido y las actividades según las necesidades individuales de cada estudiante, lo que favorece un aprendizaje más eficaz y personalizado. Las plataformas tecnológicas pueden proporcionar retroalimentación instantánea sobre el progreso del estudiante, identificando áreas de mejora y fortaleza para orientar el estudio autodirigido y potenciar el rendimiento académico. Incluso fortalecen la colaboración entre estudiantes, permitiendo el intercambio de ideas y la resolución conjunta de problemas a través de recursos en línea y redes sociales educativas. Pero frente a estas significativas ventajas del uso de IA por los discentes nos encontramos con que su dependencia excesiva podría disminuir la capacidad de pensamiento crítico y la resolución de problemas independiente. Por otra parte, la calidad y precisión de las respuestas pueden variar, lo que podría llevar a errores si no se verifica adecuadamente. También existe la preocupación de la falta de práctica manual y el riesgo de descuidar el desarrollo de habilidades fundamentales, es por esto que es crucial utilizar estas herramientas como complemento al aprendizaje tradicional y fomentar un equilibrio adecuado entre la tecnología y las habilidades analíticas.

Es tal el impacto actual del uso de esta herramienta y al mismo tiempo el desconocimiento del alumnado sobre los límites éticos de su uso, que la Comisión Europea ya ha hecho público un primer borrador de la “Guía para un uso responsable de la IA generativa”.

6. REFERENCIAS

Bearman, M., Ryan, J., & Ajjawi, R. (2022). Discourses of artificial intelligence in higher education: a critical literature review. *Higher Education*, 86(2), 369-385. <https://doi.org/10.1007/s10734-022-00937-2>

- Bodong Chen, Xinran Zhu, & Fernando Díaz del Castillo H.,(2023) Integrating generative AI in knowledge building, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Volume 5.
- Carvalho, L., Martinez-Maldonado, R., Tsai, Y., Markauskaite, L., & De Laat, M. (2022). How can we design for learning in an AI world? *Computers And Education. Artificial Intelligence*, 3, 100053.
<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100053>
- Castillejos, B. (2022). Inteligencia artificial y entornos personales de aprendizaje: atentos al uso adecuado de los recursos tecnológicos de los estudiantes universitarios. *Educaciónn XXXI (60)*, pp. 9-24.
<https://doi.org/10.18800/educacion.202201.001>
- Cormac, T. Cerratto, N.J., & Per J. Palmgren, (2023)University teachers' perceptions of responsibility and artificial intelligence in higher education - An experimental philosophical study, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Volume 4.
- Fernández, A.M. (2021). Pandemia, confinamiento y educación a distancia: una valoración universitaria en la Ciudad de México. *Educación*, 30(59), pp. 90-112. <https://doi.org/10.18800/educacion.202201.005>
- Heaven, W.D (2023, 7 abril) ChatGPT is going to change education not destroy it MIT Technology.
<https://www.techonologyreview.com/2023/04/06/1071056/chatgpt-change-not-destroy-education-openai/>
- Lantian, A., Bagneux, V., Delouée, S. y Gauvrit, N. (2021). Maybe a Free Thinker but Not a Critical One: High Conspiracy Belief Is Associated with Low Critical Thinking Ability. *Applied Cognitive Psychology*, 35 (3), pp. 674-684. <https://doi.org/10.1002/acp.3790>
<https://doi.org/10.1002/acp.3790>
- Living guidelines on the responsible use of generative AI in research | Researchs and innovation. (s. f.). *Research And Innovation*. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/2b6cf7e5-36ac-41cb-aab5-0d32050143dc_en
- Selwyn, N. (2022). The future of AI and education: Some cautionary notes. *European Journal Of Education*, 57(4), 620-631.
<https://doi.org/10.1111/ejed.12532>
- Silvestre, E., Miranda, A. M., & Gutiérrez, V. F. (2022). Validation of a TAM Technology Acceptance Model in Dominican University Students. *Educación/Educación*, 31(60), 113-136.
<https://doi.org/10.18800/educacion.202201.005>

COMPARACIÓN ENTRE LAS RESPUESTAS A PREGUNTAS DE ENZIMOLOGÍA OBTENIDAS POR CHATGPT Y POR GEMINI

JOSEP JOAN CENTELLES SERRA

*Departament de Bioquímica i Biomedicina Molecular. Facultat de Biologia.
Universitat de Barcelona. Avda. Diagonal 643. 08028-Barcelona*

ESTEFANIA MORENO GUILLÉN

*Departament de Bioquímica i Biomedicina Molecular. Facultat de Biologia.
Universitat de Barcelona. Avda. Diagonal 643. 08028-Barcelona*

PEDRO RAMON DE ATAURI CARULLA

*Departament de Bioquímica i Biomedicina Molecular. Facultat de Biologia.
Universitat de Barcelona. Avda. Diagonal 643. 08028-Barcelona*

SANTIAGO IMPERIAL RÓDENAS

*Departament de Bioquímica i Biomedicina Molecular. Facultat de Biologia.
Universitat de Barcelona. Avda. Diagonal 643. 08028-Barcelona*

1. INTRODUCCIÓN

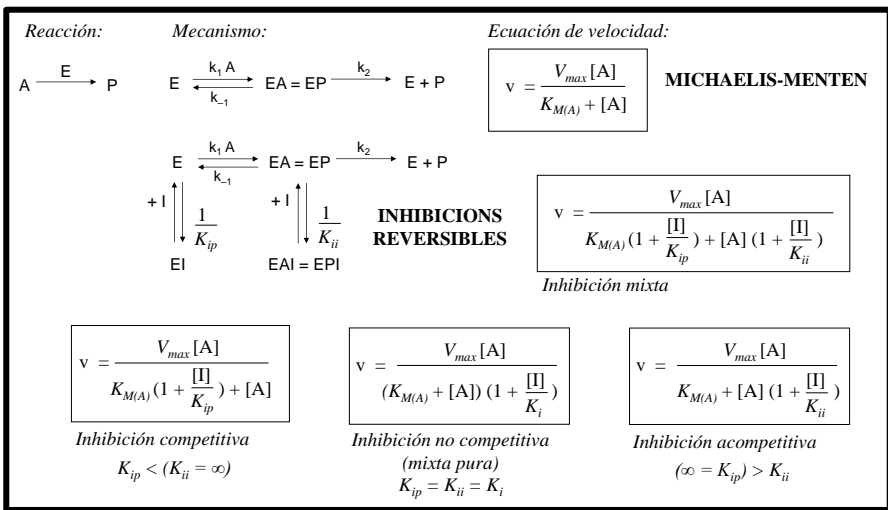
Una parte de la asignatura “Reconocimiento e Interacciones Moleculares” del grado de Bioquímica está dedicada al reconocimiento de las proteínas por parte de sus sustratos. Puesto que una de las funciones principales de las proteínas es la de actuar como biocatalizadores o enzimas, una parte importante de la asignatura son las reacciones enzimáticas.

Una cinética enzimática sencilla es la de Michaelis-Menten (Figura 1), estudiada por Leonor Michaelis y Maud Menten en 1913. Su mecanismo se basa en estudiar un mecanismo en dos etapas: una fase de unión del sustrato A a la enzima y una fase de reacción. La ecuación de velocidad obtenida es $v = V_{\max} A / (K_M + A)$ [Imperial and Centelles, 2014]. En esta ecuación, V_{\max} representa la máxima velocidad alcanzable por la enzima: $V_{\max} = k_2 [E]_T$ y la constante de Michaelis-

Menten, Km, consiste en la concentración de sustrato que da lugar a una velocidad de reacción igual a Vmax/2.

Los inhibidores reversibles son aquellos que se unen a la forma enzimática libre E o a la forma ES de modo reversible, de modo que existen dos equilibrios modulados por K_{ip} y por K_{ii}, respectivamente. Las constantes cinéticas se verán modificadas según el tipo de inhibición (Figura 1).

FIGURA 1. Mecanismos y ecuaciones de velocidad para una reacción enzimática irreversible:



$A \rightarrow P$. En ausencia de inhibidor se presenta la ecuación de Michaelis-Menten. En presencia de un inhibidor reversible, y para una concentración fija de inhibidor I, se sigue cumpliendo Michaelis-Menten pero con los parámetros cinéticos aparentes modificados. La inhibición puede ser competitiva, acompetitiva o mixta (la inhibición no competitiva o mixta pura es un caso particular de la inhibición mixta).

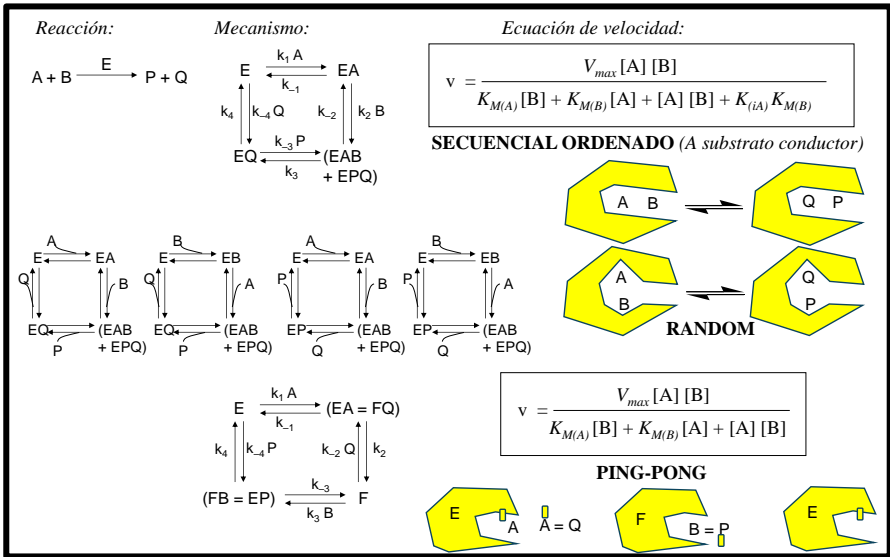
- Si la inhibición es competitiva, el inhibidor se une únicamente a la forma E y entonces: $V_{max}(I) = V_{max}$ y $K_m(I) = K_m (1 + I/K_{ip})$.
- Si la inhibición es acompetitiva, el inhibidor se une únicamente a la forma ES y $V_{max}(I) = V_{max}/(1 + I/K_{ii})$ y $K_m(I) = K_m/(1 + I/K_{ii})$.

Si la inhibición es mixta el inhibidor puede unirse a E pero también a ES y $V_{max}(I) = V_{max}/(1 + I/K_{ii})$ y $K_m(I) = K_m (1 + I/K_{ip})/(1 + I/K_{ii})$. En

el caso en que las dos constantes de inhibición son iguales, la inhibición es mixta pura o no competitiva, y entonces $K_m(I) = K_m$.

Las reacciones bisustrato se detallan en la Figura 2. Si se forman complejos ternarios EAB, los mecanismos son secuenciales, mientras que si no se forman los complejos ternarios el mecanismo es ping-pong. En caso de que un sustrato se una antes que el otro a la enzima, este sustrato se denomina sustrato conductor. Así, los mecanismos secuenciales pueden ser secuenciales ordenados (con A o B como sustrato conductor) o secuenciales al azar (o random), donde pueden entrar de modo aleatorio antes A o B, y en la Figura 2 se muestran los 4 mecanismos posibles.

FIGURA 2. Mecanismos y ecuaciones de velocidad para una reacción enzimática irreversible



$A + B \rightarrow P + Q$. Se presenta el mecanismo secuencial ordenado (con A como sustrato conductor), así como su ecuación de velocidad. A continuación, los 4 mecanismos posibles para el mecanismo secuencial random donde pueden entrar A o B aleatoriamente y salir los productos P y Q también aleatoriamente. Se presenta, finalmente, también el mecanismo ping-pong y su ecuación de velocidad. En este mecanismo no se forman complejos ternarios, sino sólo complejos binarios con la enzima

En la Figura 2 se muestran las ecuaciones de velocidad para los mecanismos secuencial ordenado (A sustrato conductor) y ping-pong [Imperial and Centelles, 2014].

Finalmente, otro aspecto estudiado en la asignatura es la aplicación de un método sencillo para determinar la ecuación de velocidad a partir del mecanismo: el método de King y Altman. Este método se basa en determinar las concentraciones de las formas enzimáticas presentes en el mecanismo, utilizando la teoría de los grafos [Centelles et al.2023a; Centelles et al. 2023b].

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo consistió en comparar el Chat Generative Pre-trained Transformer (ChatGPT) con el Gemini Advanced de Google, con la finalidad de identificar si alguna de las dos inteligencias artificiales respondía correctamente los aspectos tratados en la Introducción, que se detallan en la asignatura “Reconocimiento e Interacciones Moleculares” del grado de Bioquímica. Nuestro objetivo principal era analizar si podíamos recomendar alguna de las dos técnicas a nuestros alumnos, para que pudiesen aprender a través de esta IA.

3. METODOLOGÍA

Se ha utilizado el ChatGPT 3.5 gratuito [Web ChatGPT], y el Gemini Advanced de Google [Web Gemini]. Ambas aplicaciones responden a las preguntas que se les formulan, pues son dos formas de inteligencia artificial (IA). Se han preguntado las mismas cuestiones a ambas formas de IA, comparando las respuestas generadas por ambas técnicas, y analizando posteriormente la veracidad de sus respuestas.

4. RESULTADOS

Con la finalidad de comparar Gemini con ChatGPT, se realizaron un conjunto de preguntas básicas de cinética enzimática a ambos programas, y se compararon los resultados obtenidos, con la finalidad de analizar si las respuestas generadas eran correctas.

4.1. EXPLICA LA CINÉTICA DE MICHAELIS-MENTEN

4.1.1. Respuesta de Gemini a esta pregunta

La cinética de Michaelis-Menten describe la velocidad de muchas reacciones enzimáticas. Su nombre se debe a Leonor Michaelis y Maud Menten, quienes propusieron este modelo en 1913.

Modelo:

El modelo se basa en dos pasos:

- Formación del complejo enzima-sustrato (ES): La enzima (E) se une al sustrato (S) para formar un complejo ES.
- Descomposición del complejo ES: El complejo ES se descompone en producto (P) y enzima libre (E).

Ecuación de Michaelis-Menten:

La ecuación de Michaelis-Menten describe la relación entre la velocidad inicial de la reacción (v) y la concentración de sustrato ($[S]$):

$$v = V_{\max} * [S] / (K_m + [S])$$

Parámetros:

V_{\max} : Velocidad máxima de la reacción. Se alcanza cuando todos los sitios activos de la enzima están ocupados por sustrato.

K_m : Constante de Michaelis-Menten. Es la concentración de sustrato a la que la velocidad de reacción es la mitad de V_{\max} . La K_m indica la afinidad de la enzima por el sustrato:

K_m baja: Alta afinidad.

K_m alta: Baja afinidad.

Interpretación de la ecuación:

$[S]$ baja: La velocidad de reacción aumenta linealmente con la concentración de sustrato.

$[S]$ alta: La velocidad de reacción se acerca a V_{\max} y se vuelve independiente de la concentración de sustrato.

Aplicaciones:

La cinética de Michaelis-Menten se utiliza para:

- Determinar la V_{max} y K_m de una reacción enzimática.
- Comparar la afinidad de diferentes enzimas por un mismo sustrato.
- Estudiar el efecto de inhibidores enzimáticos.
- Diseñar nuevos fármacos.

Limitaciones:

La cinética de Michaelis-Menten es un modelo simplificado que no tiene en cuenta:

- La cooperatividad entre las subunidades de las enzimas oligoméricas.
- La regulación alostérica de las enzimas.
- Las reacciones enzimáticas irreversibles.

Recursos adicionales:

Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Cin%C3%A9tica_de_Michaelis-Menten

Química.es:

https://www.quimica.es/enciclopedia/Cin%C3%A9tica_de_Michaelis-Menten.html

Universidad de Murcia:

https://www.um.es/eubacteria/Los_cuatro_mosqueteros_de_la_cinetica_enzimatica_Eubacteria34.pdf

Recuerda:

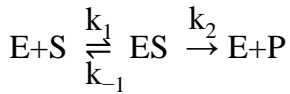
- La cinética de Michaelis-Menten es un modelo fundamental para comprender la catálisis enzimática.
- La ecuación de Michaelis-Menten permite determinar la V_{max} y K_m de una reacción enzimática.
- La K_m es un indicador de la afinidad de la enzima por el sustrato.

Espero que esta información te haya sido útil. Si tienes alguna pregunta, no dudes en preguntar.

4.1.2. Respuesta de ChatGPT a esta pregunta

La cinética de Michaelis-Menten es un modelo matemático que describe la velocidad de una reacción enzimática. Fue desarrollado por Leonor Michaelis y Maud Menten en 1913. Este modelo es fundamental para comprender cómo las enzimas catalizan las reacciones químicas en los organismos vivos.

La reacción enzimática se puede representar generalmente como:



Donde:

E es la enzima.

S es el sustrato.

ES es el complejo enzima-sustrato.

P es el producto.

k_1 es la tasa de formación del complejo enzima-sustrato.

k_{-1} es la tasa de disociación del complejo enzima-sustrato.

k_2 es la tasa de formación del producto a partir del complejo enzima-sustrato.

El modelo de Michaelis-Menten asume que la formación del complejo enzima-sustrato (ES) es el paso limitante en la reacción enzimática, lo que significa que la velocidad de formación de ES determina la velocidad global de la reacción. Basándose en esta suposición, se puede derivar una ecuación que relaciona la velocidad de la reacción (v) con la concentración de sustrato ($[S]$) y los parámetros cinéticos de la enzima:

$$v=V_{max}[S]/(K_M+[S])$$

Donde:

V_{max} es la velocidad máxima de la reacción, que se alcanza cuando todas las enzimas están saturadas con sustrato.

K_M es la constante de Michaelis-Menten, que representa la concentración de sustrato a la mitad de la velocidad máxima.

Esta ecuación muestra que cuando la concentración de sustrato es muy baja en comparación con K_M , la velocidad de la reacción es proporcional a la concentración de sustrato. Sin embargo, cuando la concentración de sustrato es mucho mayor que K_M , la velocidad de la reacción se aproxima a V_{max} , ya que todas las enzimas están saturadas con sustrato.

En resumen, la cinética de Michaelis-Menten proporciona una forma de cuantificar cómo la velocidad de una reacción enzimática depende de la concentración de sustrato y de los parámetros cinéticos de la enzima, V_{max} y K_M . Esto es fundamental para comprender y predecir el comportamiento de las enzimas en condiciones biológicas.

4.2. EXPLICA LAS INHIBICIONES REVERSIBLES (COMPETITIVA, ACOMPETITIVA Y MIXTA)

4.2.1. Respuesta de Gemini a esta pregunta

- Inhibiciones reversibles.- Las inhibiciones reversibles son aquellas en las que el inhibidor se une a la enzima de forma temporal, y puede ser desplazado por el sustrato. Existen tres tipos principales de inhibiciones reversibles: competitiva, acompetitiva y mixta.

Inhibición competitiva:

- El inhibidor se une al sitio activo de la enzima, compitiendo con el sustrato por su unión.
- La afinidad del inhibidor por el sitio activo es similar a la del sustrato.
- A medida que aumenta la concentración de sustrato, se desplaza al inhibidor y la velocidad de la reacción aumenta.
- La V_{max} no se ve afectada, pero la K_m aumenta (menor afinidad aparente por el sustrato).

Ejemplo: El metotrexato, un fármaco utilizado para tratar el cáncer, es un inhibidor competitivo de la dihidrofolato reductasa.

Inhibición acompetitiva:

- El inhibidor se une a un sitio diferente al sitio activo de la enzima, llamado sitio alostérico.
- La unión del inhibidor no afecta la unión del sustrato al sitio activo.
- La afinidad de la enzima por el sustrato disminuye.
- La V_{max} disminuye, pero la K_m no se ve afectada.

Ejemplo: El alopurinol, un fármaco utilizado para tratar la gota, es un inhibidor acompetitivo de la xantina oxidasa.

Inhibición mixta:

- El inhibidor se une a dos sitios diferentes de la enzima: el sitio activo y un sitio alostérico.
- La unión del inhibidor afecta la unión del sustrato al sitio activo, y viceversa.
- La V_{max} y la K_m disminuyen.

Ejemplo: El ácido cítrico es un inhibidor mixto de la aconitasa.

Representación gráfica:

Representación gráfica de las inhibiciones reversibles: [se quitó una URL no válida]

En resumen:

| Tipo de inhibición | Sitio de unión | Efecto sobre K _m | Efecto sobre V _{max} | Ejemplo |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------|
| Competitiva | Sitio activo | Aumenta | No cambia | Metotrexato |
| Acompetitiva | Sitio alostérico | No cambia | Disminuye | Alopurinol |
| Mixta | Sitio activo y sitio alostérico | Disminuye | Disminuye | Ácido cítrico |

Recuerda:

- Las inhibiciones reversibles son importantes para la regulación de las reacciones enzimáticas.
- Los inhibidores reversibles se pueden utilizar como fármacos para tratar enfermedades.
- La cinética de Michaelis-Menten se puede utilizar para estudiar las inhibiciones reversibles.
- Espero que esta información te haya sido útil. Si tienes alguna pregunta, no dudes en preguntar.

4.2.1. Respuesta de ChatGPT a esta pregunta

Las inhibiciones reversibles son aquellos procesos en los que un compuesto químico se une temporalmente a una enzima, alterando su actividad catalítica. Estas inhibiciones pueden clasificarse en tres tipos principales: competitiva, no competitiva (o acompetitiva) y mixta. A continuación, explicaré cada una de ellas:

Inhibición competitiva:

- En este tipo de inhibición, el inhibidor se asemeja estructuralmente al sustrato y compite con él por el sitio activo de la enzima.
- Cuando el inhibidor se une al sitio activo, impide que el sustrato se una y reaccione, reduciendo así la velocidad de la reacción enzimática.
- La inhibición competitiva se puede revertir mediante el aumento de la concentración de sustrato, lo que compite efectivamente con el inhibidor por la unión al sitio activo.
- La afinidad de la enzima por el sustrato se mide mediante la constante de inhibición competitiva (K_{ic}), que indica la concentración de inhibidor necesaria para aumentar K_M en un factor de dos.

Inhibición no competitiva (acompetitiva):

- En este tipo de inhibición, el inhibidor se une a un sitio diferente de la enzima que el sitio activo.
- La unión del inhibidor cambia la conformación de la enzima, lo que impide que el sustrato se una o reaccione eficientemente.
- La inhibición no competitiva no se puede revertir aumentando la concentración de sustrato, ya que el inhibidor no compite directamente con el sustrato por el sitio activo.
- En lugar de afectar la afinidad del sustrato por la enzima, la inhibición no competitiva generalmente afecta la velocidad máxima (V_{max}) de la reacción enzimática.
- La constante de inhibición no competitiva (K_{in}) indica la concentración de inhibidor necesaria para disminuir V_{max} a la mitad.

Inhibición mixta:

- En la inhibición mixta, el inhibidor se une tanto al complejo enzima-sustrato (ES) como a la enzima libre (E).
- Afecta tanto la afinidad del sustrato por la enzima como la velocidad máxima de la reacción.
- La inhibición mixta se puede revertir aumentando la concentración de sustrato, aunque esto no restaura completamente la actividad enzimática.

Tanto K_M como V_{max} se ven afectados por la inhibición mixta.

La constante de inhibición mixta (K_{im}) indica la concentración de inhibidor necesaria para aumentar K_M en un factor de dos y la constante de inhibición mixta competitiva (K_{icm}) indica la concentración de inhibidor necesaria para disminuir V_{max} a la mitad.

En resumen, las inhibiciones competitiva, no competitiva y mixta son formas en las que los inhibidores pueden afectar la actividad enzimática, alterando la unión del sustrato, la velocidad máxima o ambos.

Estas formas de inhibición son reversibles ya que los inhibidores se unen temporalmente a la enzima y pueden disociarse.

4.3. EXPLICA LA CINÉTICA ENZIMÁTICA PARA LAS REACCIONES BISUBSTRATO

4.3.1. Respuesta de Gemini a esta pregunta

Cinética enzimática para las reacciones bisustrato.- Las reacciones bisustrato son aquellas en las que una enzima cataliza la reacción entre dos sustratos (A y B) para producir dos productos (P y Q). La cinética de estas reacciones es más compleja que la de las reacciones monosustrato, ya que hay que tener en cuenta la interacción de la enzima con ambos sustratos.

Mecanismos de reacción:

- Existen diferentes mecanismos de reacción para las reacciones bisustrato. Algunos de los más comunes son:
- Mecanismo de ordenamiento secuencial: La enzima se une a los sustratos en un orden específico.
- Mecanismo de equilibrio al azar: La enzima se puede unir a cualquiera de los dos sustratos en cualquier orden.
- Mecanismo de complejo ternario: La enzima se une a los dos sustratos al mismo tiempo.

Ecuaciones de velocidad:

La velocidad de una reacción bisustrato se puede expresar mediante diferentes ecuaciones, dependiendo del mecanismo de reacción. Algunas de las ecuaciones más comunes son:

Ecuación de Michaelis-Menten para reacciones bisustrato:

$$v = V_{\max} * [A] * [B] / ((K_{m_A} * K_{m_B}) + (K_{m_A} * [B]) + (K_{m_B} * [A]) + ([A] * [B]))$$

Ecuación de Briggs-Haldane:

$$- v = V_{\max} * ([A] + [B]) / (K_{m_A} + K_{m_B} + ([A] * [B]) / (K_{m_A} * K_{m_B}))$$

Parámetros:

- V_{max}: Velocidad máxima de la reacción.
- K_{m_A}: Constante de Michaelis-Menten para el sustrato A.
- K_{m_B}: Constante de Michaelis-Menten para el sustrato B.

Interpretación de las ecuaciones:

- Las ecuaciones de velocidad para las reacciones bisustrato son más complejas que las de las reacciones monosustrato. Sin embargo, se pueden interpretar de forma similar.
- [A] y [B] bajas: La velocidad de la reacción aumenta linealmente con la concentración de ambos sustratos.
- [A] y [B] altas: La velocidad de la reacción se acerca a V_{max} y se vuelve independiente de la concentración de ambos sustratos.

Efecto de la inhibición:

- Los inhibidores también pueden afectar a las reacciones bisustrato. Los diferentes tipos de inhibición (competitiva, acompetitiva y mixta) pueden tener diferentes efectos sobre la V_{max} y la K_m de la reacción.

Recursos adicionales:

Wikipedia: [se quitó una URL no válida]

Química.es:

https://www.quimica.es/enciclopedia/Cin%C3%A9tica_de_Michaelis-Menten.html

Universidad de Murcia: <https://digitum.um.es/xmlui/handle/10201/4434>

Recuerda:

- La cinética de las reacciones bisustrato es más compleja que la de las reacciones monosustrato.
- Existen diferentes mecanismos de reacción para las reacciones bisustrato.
- Las ecuaciones de velocidad para las reacciones bisustrato se pueden interpretar de forma similar a las de las reacciones monosustrato.
- Los inhibidores también pueden afectar a las reacciones bisustrato.

Espero que esta información te haya sido útil. Si tienes alguna pregunta, no dudes en preguntar.

4.3.2. Respuesta de ChatGPT a esta pregunta

La cinética enzimática para las reacciones bisustrato, también conocidas como reacciones de orden terciario, es un poco más compleja que las reacciones monosustrato que siguen la cinética de Michaelis-Menten. Estas reacciones involucran la interacción de dos sustratos con la enzima para formar un complejo enzima-sustrato de dos sustratos.

Existen varios mecanismos posibles para las reacciones bisustrato, los cuales incluyen:

- Mecanismo de secuencia: Ambos sustratos se unen secuencialmente a la enzima antes de la reacción química.
- Mecanismo de distribución: Ambos sustratos se unen simultáneamente a la enzima antes de la reacción química.
- Mecanismo de orden aleatorio: Los sustratos pueden unirse a la enzima en cualquier orden.

La cinética de estas reacciones se describe mediante ecuaciones matemáticas específicas que pueden variar dependiendo del mecanismo de la reacción. Sin embargo, una de las formas más comunes de describir la cinética de las reacciones bisustrato es mediante la ecuación de Ping-Pong, que es aplicable a los mecanismos de secuencia y de distribución.

La ecuación de Ping-Pong se puede expresar de la siguiente manera:

$$v = V_{\max} [S1][S2] / (K1K2 + K1[S2] + K2[S1] + [S1][S2])$$

Donde:

- v es la velocidad de la reacción.
- V_{\max} es la velocidad máxima de la reacción.
- $[S1]$ y $[S2]$ son las concentraciones de los sustratos 1 y 2, respectivamente.
- $K1$ y $K2$ son las constantes de Michaelis-Menten para los sustratos 1 y 2, respectivamente.

En esta ecuación, $K1$ y $K2$ representan las constantes de disociación del complejo enzima-sustrato para cada sustrato, y están relacionadas con las concentraciones de los sustratos y las constantes de velocidad de la reacción. Cuando los sustratos se unen a la enzima en un mecanismo secuencial, $K1$ y $K2$ están relacionadas con las tasas de unión y liberación de los sustratos.

En resumen, la cinética enzimática para las reacciones bisustrato implica la interacción de dos sustratos con la enzima y puede describirse mediante ecuaciones específicas, como la ecuación de Ping-Pong, que tiene en cuenta los distintos pasos de la reacción y la formación del complejo enzima-sustrato de dos sustratos.

4.4. EXPLICA CÓMO OBTENER LA ECUACIÓN DE VELOCIDAD A PARTIR DEL MECANISMO, MEDIANTE EL MÉTODO DE KING Y ALTMAN

4.4.1. Respuesta de Gemini a esta pregunta

Obtención de la ecuación cinética de velocidad mediante el método de King y Altman.- El método de King y Altman, desarrollado en 1956, es una herramienta útil para obtener la ecuación cinética de velocidad a partir del mecanismo de una reacción enzimática, especialmente para reacciones con más de un complejo intermediario. Este método se basa en la teoría de grafos y permite deducir la ecuación de velocidad sin necesidad de realizar experimentos cinéticos.

Pasos del método:

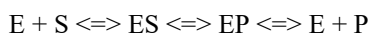
- Diagrama del mecanismo: Se dibuja un diagrama que represente el mecanismo de la reacción, incluyendo todos los intermediarios y las reacciones entre ellos.
- Definición de variables: Se define una variable para la concentración de cada especie presente en el diagrama (enzima libre, complejos intermedios, sustrato y producto).
- Aplicación de la ley de conservación de la masa: Se escribe una ecuación para cada especie, igualando la tasa de cambio de su concentración a la suma de las velocidades de las reacciones que la producen y la consumen.
- Resolución del sistema de ecuaciones: Se resuelve el sistema de ecuaciones para obtener la concentración de la enzima libre en función de las concentraciones de sustrato y producto.
- Cálculo de la velocidad: Se utiliza la ecuación de Michaelis-Menten para calcular la velocidad de la reacción a partir de la concentración de la enzima libre.

Ventajas del método:

- Permite obtener la ecuación cinética de velocidad sin necesidad de realizar experimentos.
- Es aplicable a reacciones con mecanismos complejos.
- Proporciona información sobre la relación entre la velocidad de la reacción y las concentraciones de las diferentes especies.
- Limitaciones del método:
 - Asume que el mecanismo de la reacción es conocido.
 - No tiene en cuenta las posibles interacciones entre las diferentes moléculas.
 - Puede ser complejo de aplicar para mecanismos muy complejos.

Ejemplo:

Consideremos la siguiente reacción enzimática con dos intermediarios:



Aplicando el método de King y Altman, se puede obtener la siguiente ecuación cinética de velocidad:

$$v = V_{\max} * [S] / (K_m + [S])$$

Donde:

V_{max}: Velocidad máxima de la reacción.

K_m: Constante de Michaelis-Menten.

[S]: Concentración de sustrato.

Recursos adicionales:

Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Cin%C3%A9tica_de_Michaelis-Menten

Química.es:

https://www.quimica.es/enciclopedia/Cin%C3%A9tica_de_Michaelis-Menten.html

Universidad de Murcia: <https://digitum.um.es/xmlui/handle/10201/4434>

Recuerda:

- El método de King y Altman es una herramienta útil para obtener la ecuación cinética de velocidad a partir del mecanismo de una reacción enzimática.
- Este método se basa en la teoría de grafos y permite deducir la ecuación de velocidad sin necesidad de realizar experimentos cinéticos.
- El método tiene ventajas y limitaciones que deben ser consideradas al utilizarlo.
- Espero que esta información te haya sido útil. Si tienes alguna pregunta, no dudes en preguntar.

4.4.2. Respuesta de ChatGPT a esta pregunta

El método de King y Altman es una técnica utilizada para derivar la ecuación de velocidad de una reacción enzimática a partir de su mecanismo. Este método es particularmente útil para reacciones bisustrato, donde dos sustratos interactúan con la enzima en un mecanismo de secuencia o distribución.

A continuación, se describe el proceso paso a paso para obtener la ecuación de velocidad utilizando el método de King y Altman:

- Identificar el mecanismo de la reacción: Antes de aplicar el método de King y Altman, es importante comprender el mecanismo de la reacción enzimática. Esto implica determinar cómo los sustratos se unen a la enzima y cuál es el orden de los pasos en la reacción.
- Escribir las ecuaciones de las etapas del mecanismo: Para cada etapa del mecanismo, se escriben las ecuaciones de las reacciones químicas correspondientes, incluidas las reacciones de formación del complejo enzima-sustrato y las reacciones de liberación del producto.
- Expresar las concentraciones de los intermediarios: Se expresan las concentraciones de los intermediarios (complejos enzima-sustrato y productos) en función de las concentraciones iniciales de los sustratos y de las constantes de equilibrio asociadas a las reacciones de formación y disociación de estos complejos.
- Derivar la ecuación de velocidad: Utilizando las ecuaciones de las etapas del mecanismo y las concentraciones de los intermediarios, se pueden derivar las ecuaciones de velocidad para cada paso. Estas ecuaciones relacionan la velocidad de la reacción con las concentraciones de los sustratos y de la enzima.
- Simplificar las ecuaciones de velocidad: En esta etapa, se pueden aplicar suposiciones o aproximaciones para simplificar las ecuaciones de velocidad, especialmente si algunos pasos del mecanismo son rápidos o lentos en comparación con otros.

- Obtener la ecuación de velocidad final: Después de simplificar las ecuaciones de velocidad, se obtiene la ecuación final que describe la velocidad de la reacción en función de las concentraciones de los sustratos y de los parámetros cinéticos asociados al mecanismo enzimático.

Es importante destacar que el método de King y Altman requiere un buen entendimiento del mecanismo de la reacción enzimática y puede ser complejo de aplicar en ciertos casos. Sin embargo, proporciona una forma sistemática de derivar la ecuación de velocidad a partir del mecanismo de la reacción, lo que permite comprender mejor la cinética enzimática.

5. DISCUSIÓN

Al preguntar por la cinética de Michaelis-Menten, ambos programas se refieren a la cinética desarrollada por Leonor Michaelis y Maud Menten en 1913. Gemini presenta las dos etapas del modelo, sin nombrar las constantes mecanísticas de cada una de las etapas, obteniendo una ecuación de velocidad correcta para la cinética de Michaelis-Menten irreversible. Por su lado, ChatGPT presenta las dos etapas con sus constantes mecanísticas (k_1 , k_{-1} y k_2), y de igual modo presenta la ecuación de velocidad. En ninguno de los dos programas nos presenta las constantes cinéticas (V_{max} y K_M) en función de las constantes mecanísticas. En ambos casos se definen correctamente las constantes cinéticas. ChatGPT termina su descripción, pero Gemini continua con una parte dedicada a aplicaciones y otra a limitaciones de la ecuación de Michaelis-Menten. Además, presenta también unas páginas web adicionales a la información dada, que incluye una página de la Wikipedia en la que se presenta cómo se obtiene la ecuación de velocidad comentada anteriormente, otra en la que se presenta las definiciones de las constantes cinéticas (V_{max} y K_M) y finalmente el link al artículo sobre 4 de los autores que más influyeron en la ecuación de Michaelis-Menten y en la obtención gráficamente de los parámetros cinéticos (Michaelis, Menten, Lineweaver y Burk) [López-Nicolás and García-Carmona, 2015]. Por todo ello, Gemini nos aporta mucha más información que ChatGPT sobre la cinética Michaeliana. Termina Gemini con un resumen de tres

puntos clave de la cinética, y con una frase que nos escribirá tras cualquier pregunta: “Espero que esta información te haya sido útil. Si tienes alguna pregunta, no dudes en preguntar”.

Referente a las formas de inhibir de modo reversible a una enzima Michaeliana, la definición de un inhibidor reversible no es completamente correcta en ninguno de los dos programas. ChatGPT da a entender que la inhibición no competitiva se denomina también acompetitiva. Seguramente viene debido a una mala traducción del inglés, donde uncompetitive se traduce por acompetitiva y non competitive por no competitiva.

Gemini comenta que, en el caso de la inhibición competitiva, la afinidad del inhibidor por el sitio activo es similar a la del sustrato, lo cual no tiene por qué ser cierto. Al explicar la inhibición acompetitiva, parece confundir esta inhibición con una no competitiva. Dice que la V_{max} disminuye, pero la K_m no se ve afectada. Pero esto no es cierto para la inhibición acompetitiva, pues la K_m disminuye de igual forma que la V_{max} , y lo que no se afecta es la relación V_{max}/K_m .

De nuevo se confunde al hablar de la inhibición mixta y comentar que la V_{max} y la K_m disminuyen. No tiene en cuenta los tres tipos de inhibición mixtas: con carácter competitivo (donde la K_m aumenta), mixta pura o no competitiva (donde la K_m no varía) y con carácter acompetitivo (donde la K_m disminuye). Posteriormente, nos presenta una tabla resumen en la que los errores se mantienen, un resumen con dos puntos clave, y la frase de siempre.

ChatGPT explica correctamente la inhibición competitiva, explica una inhibición no competitiva en lugar de la acompetitiva, y no explica correctamente la inhibición mixta. Habla de dos constantes de inhibición: constante de inhibición mixta (K_{im}) y constante de inhibición mixta competitiva (K_{icm}), pero no las relaciona con las conocidas K_{ip} (para el complejo EI) y K_{ii} (para el complejo ESI). Parece que su $K_{icm} = K_{ii}$, pero la definición de K_{im} es incorrecta.

Globalmente, para esta pregunta sobre los inhibidores reversibles, ninguno de los programas nos da unas definiciones correctas, y parece ser que la web de referencia a la que nos llevaba Gemini no es válida. Gemini nos informa que se quitó una URL no válida.

Cuando se habla de reacciones bisustrato es importante considerar la reacción: $A + B \rightarrow P + Q$. Solamente Gemini explica la reacción, aunque no explica que por convenio el producto de A es Q y el producto de B es P. Aquí es importante considerar que los mecanismos dependen de si se forman los complejos ternarios tipo EAB (mecanismos secuenciales) o que no se forman (mecanismo ping-pong).

Ambos programas hablan de un mecanismo que podría ser el mecanismo de Theorell-Chance, aunque ninguno de los dos programas lo cita así: mecanismo de distribución (ChatGPT) o mecanismo de complejo ternario (Gemini). Ambos programas olvidan el mecanismo ping-pong al describir los tipos de mecanismos. Sin embargo, ChatGPT presenta la ecuación de velocidad del mecanismo ping-pong y dice que es la del mecanismo secuencial. Gemini presenta la ecuación del mecanismo secuencial como “ecuación de Michaelis-Menten para reacciones bisustrato”, lo cual parece más razonable ya que no ha considerado en ningún momento la existencia de un mecanismo ping-pong.

Gemini prosigue con la que denomina ecuación de Briggs-Haldane, en la que suma las concentraciones de los sustratos A y B en el numerador en lugar de multiplicarlas. Además, aporta unas citas de páginas web, entre las cuales una no es válida, otra es la misma que la que nos presentó para la ecuación de Michaelis-Menten, y una tercera en la que se comenta una reacción bisustrato [Bódalo-Santoyo et al., 1988]. Finalmente habla muy por encima de inhibidores para reacciones bisustrato.

Para la pregunta sobre el método de King y Altman para obtener ecuaciones de velocidad a partir del mecanismo, ChatGPT no tiene claro aún este método. En un trabajo anterior preguntamos sobre dicho método [Centelles et al. 2023a; Centelles et al. 2023b] y nos hablaba de determinar las velocidades iniciales. Aquí parece tener más claro en qué consiste el método, aunque lo explica mucho peor que Gemini. Las citas de Gemini vuelven a ser las mismas de Michaelis-Menten, pero al menos comenta que el método sirve para obtener la ecuación de velocidad a partir del mecanismo de reacción, y que se basa en la teoría de grafos.

6. CONCLUSIONES

1. Tanto Gemini como ChatGPT se equivocan en aspectos importantes, y estos errores son mayores cuanto más compleja es la pregunta. Sin embargo, parece ser que Gemini no se equivoca tanto como ChatGPT.
2. Gemini detalla mucho más las respuestas que ChatGPT. Además, aporta recursos adicionales (en forma de páginas web, a partir de las cuales se puede ampliar la respuesta).
3. Gemini, además de recursos adicionales, presenta también un apartado denominado: Recuerda, en el que presenta un resumen de lo expuesto. Este apartado es similar al apartado: En resumen, que presenta ChatGPT.
4. Gemini presenta siempre la frase final: Espero que esta información te haya sido útil. Si tienes alguna pregunta, no dudes en preguntar.

7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Los autores pertenecemos al grupo de innovación docente consolidado QuiMet (Metabolismo en el Grado de Química) (GINDOC-UB/180). Agradecemos a RIMDA, Universitat de Barcelona, por el reconocimiento de nuestro trabajo.

8. REFERENCIAS

- Bódalo-Santoyo, A.; Gómez-Carrasco, J.L.; Gómez-Gómez, E.; Bastida-Rodríguez, J.; Tenés-Hernández, M. (1988). Difusión y reacción en sistemas enzimáticos heterogéneos bisustrato. *Anales de Ciencias*, 47(1-4), 53-61. Secretariado de Publicaciones. Universidad de Murcia
- Centelles, J.J.; Moreno, E.; deAtauri, P.; Imperial, S. (2023a) La técnica de King y Altman para determinar la ecuación de la velocidad de reacción a partir de un mecanismo conocido. ¿Puede ChatGTP ayudarnos? En "Competencias digitales en la era de la Inteligencia Artificial. Las TRIC para la transformación social. Libro de resúmenes del X Congreso Internacional de Investigación en Comunicación e Información Digital (CICID)" con ISBN 978-84-1177-044-6

Centelles, J.J.; Moreno, E.; deAtauri, P.; Imperial, S. (2023b). La técnica de King y Altman para determinar la ecuación de la velocidad de reacción a partir de un mecanismo conocido. ¿Puede ChatGTP ayudarnos? En "IA, educación y medios de comunicación: modelo TRIC" con ISBN 978-84-1170-764-0. Editorial Dykinson S.L., julio 2024

Web ChatGPT 3.5 gratuito [<https://chat.openai.com>]

Web Gemini Advanced de Google [<https://gemini.google.com/app>].

Imperial, S.; Centelles, J.J. (2014). Enzyme kinetics equations of irreversible and reversible reactions in metabolism. *Journal of Biosciences and Medicines*, 2, 24-29.

López-Nicolás, J.M.; García-Carmona, F. (2015). Los cuatro mosqueteros de la cinética enzimática. *Revista Eubacteria*, 34, 39-43. ISSN: 1697-0071

LA TRANSFORMACIÓN EDUCATIVA EN LA ERA DE LA IA: EL CASO DE SOFIA

JUAN ANTONIO PERTEGUER MUÑOZ

Centro para la Conservación de la Biodiversidad y el Desarrollo Sostenible (CBDS), E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain.

JOSÉ LUIS MARTÍNEZ BLANCO

Centro para la Conservación de la Biodiversidad y el Desarrollo Sostenible (CBDS), E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain

1. INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial (IA) está revolucionando diversos ámbitos de nuestra sociedad, y la educación no es una excepción. En los últimos años, hemos sido testigos del surgimiento de herramientas tipo chatbot y asistentes virtuales basados en IA que prometen transformar la forma en que utilizamos la IA. En el ámbito educativo un ejemplo destacado es la asistente virtual SofIA, una asistente virtual desarrollada por un equipo de educadores e informáticos, que ya está siendo utilizada por más de mil alumnos en los Colegios Edith Stein y Chesterton de Madrid (España) y que se está implantando en varios colegios más de España y pronto en otros países.

SofIA ha demostrado un gran potencial para ayudar a los docentes a preparar sus clases, a personalizar la educación y a mejorar los aprendizajes de los alumnos. Al interactuar con estudiantes y docentes de forma natural y adaptativa, la asistente virtual SofIA puede ofrecer apoyo académico y también socioemocional de forma muy eficiente, en el momento y la forma en que los docentes y los estudiantes lo necesitan. Esta tutoría personalizada, tradicionalmente accesible solo para estudiantes privilegiados que podrían pagarse un profesor particular, podría democratizar el acceso a una educación de alta calidad.

Sin embargo, la integración de asistentes como SofIA en el contexto educativo también plantea importantes desafíos éticos y de orden práctico. Para aprovechar plenamente su potencial transformador, hay que abordar estos desafíos. Esto implica señalar los principios éticos que hay que tener siempre presentes, asegurando su transparencia, equidad y rendición de cuentas. También requiere repensar el papel del educador en la era de la IA, buscando formas de complementar y potenciar su trabajo, en lugar de reemplazar, su invaluable labor.

En este artículo, examinamos el caso de la asistente virtual SofIA y otras aplicaciones con IA para así explorar las oportunidades y desafíos de la transformación educativa impulsada por la IA. Nuestro objetivo es contribuir al creciente cuerpo de conocimiento sobre las relaciones entre IA, educación y ética, y ofrecer orientación práctica para instituciones educativas, desarrolladores de tecnología y responsables políticos en este nuevo territorio por explorar.

SofIA es una asistente virtual basada en IA que ha sido desarrollada específicamente para el contexto educativo. A diferencia de otros chatbots o asistentes genéricos, la asistente virtual SofIA ha sido diseñada y entrenada por un equipo interdisciplinario de educadores e informáticos, con el objetivo explícito de apoyar a los docentes y alumnos en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

A nivel técnico, la asistente virtual SofIA se basa en modelos de procesamiento de lenguaje natural y aprendizaje automático que le permiten entender y responder a las consultas de los estudiantes de manera contextual y adaptativa. Puede acceder a una amplia base de conocimientos curriculares, así como a los datos de rendimiento y compromiso individual de los estudiantes, para ofrecer apoyo personalizado.

Pero la asistente virtual SofIA es más que solo un repositorio de conocimiento o un sistema de tutoría automatizado. Ha sido diseñada para entablar interacciones empáticas y motivadoras con los estudiantes, utilizando estrategias basadas en la teoría del aprendizaje y la psicología educativa. Puede ofrecer retroalimentación formativa, sugerir recursos adicionales, e incluso proporcionar aliento emocional y coaching motivacional.

Para los educadores, la asistente virtual SofIA sirve como un asistente de enseñanza, ayudando con tareas como la evaluación, la diferenciación de la instrucción y la identificación temprana de estudiantes en riesgo. A través de su interfaz de "vista de docente", los educadores pueden obtener información procesable sobre el progreso y las necesidades de sus estudiantes, permitiéndoles intervenir de manera más específica y oportuna.

La implementación de la asistente virtual SofIA en los Colegios Edith Stein y Chesterton de Madrid (España) ha proporcionado un valioso estudio de caso sobre el impacto potencial de la IA en entornos educativos reales. Los primeros resultados son prometedores: los estudiantes informan de una mayor motivación y confianza, mientras que los educadores aprecian el apoyo adicional en sus tareas para satisfacer las diversas necesidades de sus alumnos.

Sin embargo, la introducción de SofIA también ha planteado importantes preguntas y preocupaciones. ¿Cómo podemos asegurarnos de que la asistente virtual SofIA sea accesible y beneficioso para todos los estudiantes, independientemente de su origen o habilidad? ¿Cómo podemos salvaguardar la privacidad y la seguridad de los datos de los estudiantes? ¿Y cómo podemos ayudar a los educadores para que participen activamente en el diseño y despliegue de estos sistemas, en lugar de ser simplemente usuarios de unas tecnologías impuestas?

Abordar estas preguntas requerirá una cuidadosa consideración y deliberación por parte de todas las partes interesadas. Pero el ejemplo de SofIA sugiere que, con el enfoque y las salvaguardas adecuadas, la IA tiene un potencial inmenso para ayudar a mejorar y transformar la educación.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este artículo es examinar el potencial transformador y los desafíos de la integración de asistentes virtuales basados en IA, como SofIA, en el contexto educativo. Este objetivo se desglosa en los siguientes objetivos específicos:

- 2.1. Analizar cómo la asistente virtual SofIA y herramientas similares de IA están transformando la educación de manera sostenible y confiable, enfocadas en la personalización del aprendizaje, la colaboración y la eficiencia administrativa.
- 2.2. Examinar el impacto de la asistente virtual SofIA en las dinámicas educador-estudiante y en la evolución del papel del educador en la era de la IA, considerando tanto las oportunidades para el docente como las posibilidades para los alumnos.
- 2.3. Identificar y discutir los desafíos éticos y prácticos clave asociados con la implantación de asistentes virtuales como SofIA en entornos educativos, incluyendo cuestiones de seguridad, privacidad, transparencia y rendición de cuentas.
- 2.4. Proponer un marco basado en la confianza para guiar el diseño, desarrollo e implementación ética y responsable de sistemas de IA en la educación, con estrategias concretas para abordar los desafíos identificados.
- 2.5. Desarrollar recomendaciones prácticas para educadores, instituciones educativas y responsables políticos sobre cómo aprovechar efectivamente herramientas basadas en IA como SofIA para mejorar los resultados y experiencias en el proceso de enseñanza- aprendizaje.

3. METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos propuestos, empleamos una metodología de investigación cualitativa basada en un estudio de caso instrumental (Stake, 1995). Seleccionamos a la asistente virtual SofIA, un asistente virtual educativo basado en IA, como nuestro caso focal para examinar el fenómeno más amplio de la transformación educativa impulsada por la IA.

Nuestra metodología comprende tres componentes principales: 1) una revisión de la literatura, 2) un análisis en profundidad de la asistente virtual SofIA, y 3) la síntesis de un marco ético basado en la confianza.

Revisión de la literatura: Realizamos una revisión narrativa de la literatura académica relevante para nuestro estudio. Esto incluye investigaciones sobre aplicaciones educativas de la IA, asistentes virtuales,

ética de la IA, confianza y aceptación de la tecnología, papel de los educadores, y políticas educativas relacionadas con la IA. Buscamos en bases de datos académicas, así como en informes, documentos y artículos de prensa. La revisión de la literatura nos permite contextualizar nuestro estudio de caso dentro de los discursos académicos y públicos más amplios sobre la IA en la educación.

Análisis de caso de la asistente virtual SofIA: Llevamos a cabo un análisis en profundidad del diseño, implementación e impacto de la asistente virtual SofIA en contextos educativos del mundo real. Esto implica:

- a. **Revisión de documentos:** Examinamos materiales relevantes, como documentación técnica, lógica interna, entrenamiento, para comprender las funcionalidades, la arquitectura y los objetivos de la asistente virtual SofIA.
- b. **Entrevistas con informantes clave:** Realizamos entrevistas semiestructuradas con diversos actores involucrados en el desarrollo, implementación y uso de la asistente virtual SofIA, incluyendo diseñadores, educadores y estudiantes. Las entrevistas exploran sus experiencias, percepciones y reflexiones sobre el impacto de la asistente virtual SofIA en la enseñanza y el aprendizaje, así como sobre consideraciones éticas y desafíos encontrados.
- c. **Observación de interacciones:** Cuando es posible, observamos sesiones en vivo de estudiantes y educadores que interactúan con SofIA en entornos de clase reales. Así mismo analizamos las conversaciones e interacciones de los alumnos y docentes con la asistente virtual SofIA.

Síntesis de un marco ético: Basándonos en los hallazgos de nuestra revisión de la literatura y el análisis del estudio de caso, desarrollamos un marco ético para guiar la implementación responsable de la IA en la educación. Este marco se centra en la confianza como un valor central y un mecanismo habilitador para la adopción efectiva de la tecnología. Sintetizamos principios clave, consideraciones de diseño y estrategias concretas para fomentar la confianza en los sistemas educativos de IA entre educadores, estudiantes, padres y la sociedad en general.

A lo largo de nuestra investigación, seguimos estándares éticos, asegurando la información adecuada, el consentimiento informado de familias y usuarios, protegiendo la privacidad de los participantes e informando reflexivamente sobre nuestro propio posicionamiento y sesgos como investigadores.

4. RESULTADOS

Nuestro estudio de caso de la asistente virtual SofIA, junto con nuestra revisión de la literatura, ofrece varios resultados clave para informar la transformación educativa impulsada por la IA:

Un marco ético centrado en la confianza: Proponemos un marco ético para guiar el desarrollo e implementación responsables de la IA en la educación. Este marco sitúa la confianza como un valor fundamental y un facilitador clave para la adopción efectiva y eficiente de la tecnología digital basada en la IA. Destacamos la importancia de la transparencia, la privacidad, la responsabilidad, la rendición de cuentas y siempre la máquina al servicio del ser humano en el diseño y despliegue de sistemas educativos de IA.

Estrategias para fomentar la confianza: Identificamos varias estrategias concretas que las instituciones educativas pueden emplear para cultivar la confianza en el uso adecuado de la IA educativa. Estas incluyen priorizar la transparencia y la explicabilidad, establecer mecanismos sólidos de gestión y supervisión, e invertir en la participación y consulta continua de la comunidad educativa. Estas estrategias pueden ayudar a alinear el desarrollo de la IA con los valores y necesidades de los interesados, mitigar los riesgos y fomentar un sentido de uso colectivo de la IA al servicio de la comunidad educativa..

Implicaciones para los papeles y competencias de los educadores: Nuestros hallazgos sugieren que la IA tendrá un impacto significativo en los papeles y competencias de los educadores. A medida que los asistentes de IA asuman tareas más rutinarias, los educadores podrán dedicar más tiempo y atención al conocimiento personal del alumno, al diseño del proceso de enseñanza-aprendizaje, a la personalización de la enseñanza, a la evaluación de la misma y al apoyo socioemocional. Sin

embargo, este cambio también requerirá que los educadores adquieran nuevas competencias y habilidades en áreas como el manejo de herramientas digitales, el análisis de datos, metodologías asistidas por herramientas digitales y atención a la diversidad entre otras.

Potencial y riesgos para la no discriminación y la inclusión: Nuestro análisis revela tanto el potencial como los riesgos de la IA educativa para la no discriminación y la inclusión. Por un lado, asistentes como SofIA podrían democratizar el acceso a una atención personalizada con mejores oportunidades de un aprendizaje de alta calidad. Por otro lado, si no se implementan de manera reflexiva, también podrían aumentar los desequilibrios existentes debido a sesgos en los datos y el acceso desigual a la tecnología. Creemos fundamental recordar la necesidad de un desarrollo inclusivo, una implantación adecuada y un monitoreo continuo para garantizar que los beneficios de la IA se compartan ampliamente.

Una agenda para futuras investigaciones: Si bien nuestro estudio ofrece información valiosa, también destaca la necesidad de investigaciones adicionales sobre la IA en la educación. Identificamos varias vías prometedoras, como estudios longitudinales sobre los impactos a largo plazo, investigaciones comparativas en diferentes contextos, desarrollo de nuevos modelos pedagógicos y exploraciones de aplicaciones para el aprendizaje socioemocional. Creemos que dado el alcance y las posibilidades que ofrece la IA es muy importante una investigación interdisciplinaria y colaborativa entre diferentes especialidades para construir una base sólida de evidencia que ayude a su desarrollo e implantación práctica.

5. DISCUSIÓN

Los hallazgos de nuestro estudio de caso de la asistente virtual educativa SofIA arrojan luz sobre varias consideraciones clave para la transformación educativa impulsada por la IA. En esta sección, discutimos tres temas interrelacionados que surgieron como centrales en nuestro análisis: 1) el potencial de la IA para personalizar y democratizar el aprendizaje, 2) la evolución de los papeles de los educadores, y 3) la importancia de la confianza y la ética en el uso de la IA educativa.

Personalización y democratización del aprendizaje

Uno de los hallazgos más convincentes de nuestro estudio es el potencial de asistentes como SofIA para personalizar las experiencias de aprendizaje a una escala previamente inimaginable. Al interactuar con los estudiantes mediante conversaciones principalmente de texto y adaptarse dinámicamente a sus necesidades e intereses individuales, la asistente virtual SofIA puede ofrecer apoyo académico y socioemocional altamente efectivo, en el momento y la forma en que los estudiantes lo necesitan. Además la asistente virtual SofIA aprende de cada docente o estudiante según va interactuando con él. Este apoyo y tutoría personalizada, tradicionalmente accesible solo para estudiantes privilegiados, se pone al servicio de docentes y alumnos a un coste muy asequible lo que permite y facilita el acceso a una educación de calidad, democratizando el aprendizaje.

Sin embargo, nuestros hallazgos también subrayan varios desafíos y riesgos en su aplicación. Primero, existe el riesgo de que los sistemas de IA como la asistente virtual SofIA puedan ampliar las desigualdades existentes si su desarrollo e implementación no son inclusivos y equilibrados. Los sesgos históricos incrustados en los datos de entrenamiento, combinados con el acceso desigual a la tecnología y la infraestructura digital, podrían privilegiar a algunos estudiantes frente a otros y reforzar sesgos y estereotipos no ajustados a la verdad, el bien y la justicia social. Para reducir y mitigar este riesgo, es fundamental que la IA educativa se desarrolle bajo principios éticos, utilizando conjuntos de datos de entrenamiento adecuados, diversos y representativos, con un fuerte compromiso con la justicia, las oportunidades, la inclusión y la no discriminación.

En segundo lugar, aunque la personalización impulsada por la IA puede ayudar y mucho a atender las necesidades individuales de los docentes y los estudiantes, también podría fomentar el aislamiento de los mismos, sustituyendo la relación social por la relación con la máquina. Nuestro análisis sugiere que los asistentes virtuales educativos tipo la asistente virtual SofIA son más efectivos cuando se enmarcan como una herramienta dentro de un ecosistema más amplio de metodologías y

actividades de aprendizaje, incluyendo interacciones presenciales con compañeros y educadores. Las instituciones que buscan adoptar asistentes de IA deben hacerlo de manera reflexiva e intencional, asegurando que complementen y enriquezcan, en lugar de reemplazar, las relaciones personales dentro de una comunidad educativa.

Evolución de los papeles de los educadores

Nuestra investigación indica que asistentes virtuales basados en IA como SofIA tienen el potencial de transformar significativamente los papeles y actividades de los educadores. Al asumir tareas rutinarias y proporcionar apoyo personalizado a los docentes y a los estudiantes, la asistente virtual SofIA puede liberar a los educadores para enfocarse en lo realmente importante, el conocimiento personal de cada alumno y su labor como mentor en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto podría implicar que el docente se centre menos en lo que tiene que enseñar y mucho más en cómo el alumno aprende, además de tener un asistente para trabajar mejor las habilidades socioemocionales de los alumnos. En resumen, los docentes podrán centrarse en cada alumno, en sus competencias de orden superior y dejar a las máquinas las labores más fáciles de automatizar del aprendizaje.

Sin embargo, este cambio también presentará desafíos. Muchos profesores pueden sentir que su identidad profesional está amenazada, ya que tareas que antes eran centrales para su papel son asumidas por máquinas. Pueden sentir una pérdida de autonomía y control, ya que algoritmos cada vez más complejos guían las decisiones de instrucción y evaluación. Otro gran desafío es adquirir las nuevas habilidades y competencias necesarias para prosperar en este nuevo entorno, de forma que la IA sea una herramienta al servicio de la educación y no una amenaza para la labor docente.

Abordar estos desafíos requerirá inversiones significativas en el desarrollo profesional docente, así como un replanteo fundamental de los programas de preparación docente. Los educadores necesitarán apoyo continuo para desarrollar habilidades en áreas como el análisis de datos, el diseño del aprendizaje y el uso de herramientas digitales tan potentes como la asistente virtual SofIA. También necesitarán momentos y

espacios para reflexionar críticamente sobre las implicaciones de la IA en la educación y para experimentar con nuevos modelos pedagógicos y de relación.

Un hallazgo clave de nuestro estudio es la importancia de ayudar a los educadores e involucrarles en el proceso de implantación de herramientas basadas en IA en el centro educativo. En lugar de simplemente imponerles estas herramientas, los educadores deben ser tenidos muy en cuenta y deben recibir la formación adecuada con las habilidades y los conocimientos necesarios para evaluar críticamente, adaptar y manejar los sistemas de IA en su actividad educativa específica.

Importancia de la confianza y la ética en el uso de la IA educativa

Quizás el tema más importante que surge de nuestro análisis es la importancia de la confianza en el éxito de cualquier transformación educativa basada en asistentes virtuales basados en IA. Para que asistentes como SofIA desarrollen su potencial, estudiantes, educadores, padres y el público en general deben confiar en que estos sistemas se desarrollarán e implantarán de manera segura, transparente y adecuada, alineados con los valores e intereses de las comunidades a las que sirven. Sin esta confianza, la adopción de la IA educativa probablemente enfrentará una resistencia significativa y podría llegar a ser contraproducente.

Nuestros hallazgos sugieren varias estrategias clave para cultivar la confianza en los sistemas educativos de IA. Primero, las instituciones deben priorizar la transparencia en el diseño y desarrollo de estos sistemas. Esto incluye ser claros sobre los propósitos y limitaciones de las tecnologías, así como dar acceso a información sobre cómo funcionan los algoritmos, qué datos se recopilan y cómo se toman las decisiones. Los estudiantes y educadores deben poder comprender, interrogar y, si es necesario, impugnar las recomendaciones y evaluaciones basadas en IA.

Abordar estos desafíos requerirá inversiones significativas en el desarrollo profesional docente, así como un replanteo fundamental de los programas de preparación docente. Los educadores necesitarán apoyo continuo para desarrollar habilidades en áreas como el análisis de datos, el diseño del aprendizaje y la facilitación. También necesitarán espacios

para reflexionar críticamente sobre las implicaciones de la IA y para experimentar con nuevos modelos pedagógicos y de relación.

En los Colegios Edith Stein y Chesterton, el despliegue de la asistente virtual SofIA ha ido acompañado de esfuerzos intencionales para ayudar y capacitar a los educadores. Se han realizado extensas sesiones de capacitación sobre cómo utilizar el sistema de manera eficaz, así como sobre las potenciales implicaciones éticas. Los educadores han sido animados a experimentar con nuevos enfoques pedagógicos que aprovechan las capacidades de la asistente virtual SofIA, como el aprendizaje adaptativo y la instrucción diferenciada.

Más allá de la capacitación, los educadores también han sido tratados como socios activos en la implantación y mejora continua de la asistente virtual SofIA. Sus comentarios y experiencias han informado las actualizaciones y refinamientos del sistema, y se han establecido canales regulares para que planteen inquietudes y sugerencias. Este enfoque colaborativo ha ayudado a generar una sensación de propiedad entre el claustro.

Por supuesto, la experiencia de estos colegios puede no ser generalizable a todos los contextos. Los educadores en diferentes entornos pueden afrontar diferentes situaciones y dificultades. Pero lo que el caso de la asistente virtual SofIA sí destaca es la necesidad de un enfoque proactivo y centrado en el ser humano, el docente, el alumno, para gestionar la transición hacia la educación potenciada por la IA. No podemos simplemente desplegar herramientas y esperar que los educadores se adapten; debemos invertir en su desarrollo continuo y prepararlos como agentes de cambio.

En última instancia, el objetivo no debería ser reemplazar a los educadores con máquinas, sino elevar y mejorar su trabajo, permitiéndoles enfocarse en las dimensiones que más importan. Al hacerlo, podemos no solo mejorar los resultados educativos, sino también humanizar el trabajo de la enseñanza y reafirmar su estatus como una de las vocaciones más esenciales y gratificantes.

En segundo lugar, las instituciones deben establecer mecanismos sólidos de gobierno y supervisión, incluidas políticas claras sobre la privacidad de datos, el sesgo algorítmico y el uso ético. Deben haber líneas

claras de rendición de cuentas y responsabilidad por cualquier impacto negativo de estas tecnologías.

Finalmente, fomentar la confianza en los sistemas educativos de IA requerirá un compromiso profundo y sostenido con la participación de las partes implicadas. Los estudiantes, educadores y padres deben ser tratados como partes activas en la implantación de estas tecnologías, con posibilidad de participar activamente en el diseño, implantación, desarrollo y evaluación. Este tipo de compromiso ayudará a alinear las tecnologías con las necesidades reales de la comunidad educativa involucrando a todas las partes afectadas

6. CONCLUSIONES

La historia de la inteligencia artificial en la educación está apenas comenzando a escribirse. Cómo se desarrollará este guión está, en última instancia, en nuestras manos. Herramientas como la asistente virtual SofIA ofrecen una aplicación práctica de un futuro en el que el aprendizaje será cada vez más individualizado, adaptativo y permanente. Pero llegar a desarrollar adecuadamente esta visión requerirá algo más que avances tecnológicos. Requerirá sabiduría, previsión y un compromiso inquebrantable con los principios éticos que deben regir el ideal del crecimiento humano a través de la educación.

En este artículo, hemos tratado de ofrecer un marco para pensar críticamente sobre estos temas y avanzar en el discurso de manera constructiva. Al examinar el caso de la asistente virtual SofIA, hemos destacado las oportunidades y desafíos clave de la transformación educativa impulsada por la IA, y hemos esbozado algunas estrategias y principios para una implementación ética y eficaz.

Pero esto es solo el comienzo de la conversación. A medida que la IA continúa evolucionando a un ritmo rápido, también deben evolucionar nuestros marcos para comprenderla y gobernarla. Necesitaremos una investigación continua y multidisciplinaria para mantenernos a la vanguardia de los desarrollos tecnológicos y sus implicaciones.

La IA tiene el potencial de cambiar radicalmente la relación entre estudiantes, educadores, familias e instituciones, y los papeles y responsabilidades de cada uno. Tiene el potencial de cambiar lo que aprendemos, cómo lo aprendemos y por qué lo aprendemos. En resumen, tiene el potencial de transformar las bases de la educación.

Navegar este cambio de manera efectiva y ética requerirá que pensemos de manera audaz y creativa sobre lo que significa aprender y prosperar en una era de inteligencia de máquinas. Requerirá que mantengamos nuestros valores más fundamentales, incluso mientras cuestionamos muchos de nuestros supuestos más arraigados. Y requerirá que adoptemos un espíritu de apertura, indagación y compromiso constante con el crecimiento.

Al confrontarnos con las posibilidades y los límites de la inteligencia artificial, también nos invitan a confrontar las posibilidades y límites de nuestra propia inteligencia humana. Nos invitan a imaginar nuevamente lo que es la educación, lo que podría ser y lo que debe ser.

Es una invitación que no debemos tomar a la ligera. Los desafíos que afrontamos como sociedad global, desde los retos climáticos, la globalización, las guerras, las injusticias, la tecnología, son formidables y se están acumulando. Abordarlos requerirá no solo nuevas herramientas y tecnologías, sino también una nueva reflexión.

En última instancia, el verdadero imperativo de nuestra era de IA es también el imperativo perenne de la educación: entender lo que es el hombre, sus facultades, su esencial relacionalidad, los valores y las virtudes, encender la chispa de la curiosidad, la compasión y la creatividad que reside en cada alumno y su capacidad para construir un mundo mejor. Si podemos mantener esa meta como nuestro norte, incluso mientras navegamos por las incertidumbres y complejidades del cambio tecnológico, entonces quizás podremos no solo imaginar un futuro mejor, sino también hacerlo realidad.

7. REFERENCIAS

- Baker, R. S. (2016). Stupid tutoring systems, intelligent humans. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 600-614.
- Cope, B., & Kalantzis, M. (2019). Education 2.0: Artificial intelligence and the end of the test. *Beijing International Review of Education*, 1(2-4), 528-543.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education*. Boston: Center for Curriculum Redesign.
- Hoy, W. K., & Tschannen-Moran, M. (1999). Five faces of trust: An empirical confirmation in urban elementary schools. *Journal of School Leadership*, 9(3), 184-208.
- Luckin, R. (2017). Towards artificial intelligence-based assessment systems. *Nature Human Behaviour*, 1(3), 1-3.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*.
- Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 582-599.
- Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers?: AI and the future of education*. John Wiley & Sons.
- Tschannen-Moran, M., & Hoy, W. K. (2000). A multidisciplinary analysis of the nature, meaning, and measurement of trust. *Review of Educational Research*, 70(4), 547-593.
- Van Maele, D., Forsyth, P. B., & Van Houtte, M. (Eds.). (2014). *Trust and school life: The role of trust for learning, teaching, leading, and bridging*. Springer Science & Business Media.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—where are the educators?. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1-27.

CONTEXTO, REFLEXIONES Y RECOMENDACIONES DE LA PROPIA IA SOBRE SU USO EN ENTORNOS ACADÉMICOS DE EDUCACIÓN SUPERIOR

ANTONIO ALONSO-GONZÁLEZ

Universidad El Bosque

MARTA PERIS-ORTIZ

Universitat Politècnica de València (UPV)

CARLOS RUEDA-ARMENGOT

Universitat Politècnica de València (UPV)

PEDRO NEL VALBUENA-HERNÁNDEZ

Universidad El Bosque

1. INTRODUCCIÓN

La incorporación de la Inteligencia Artificial (en adelante, IA) en las Instituciones de Educación Superior (en adelante, IES) representa un cambio paradigmático en la manera en que se concibe la enseñanza y el aprendizaje, y es que este avance tecnológico ha venido ofreciendo una gama de posibilidades para personalizar la educación, mejorar los procesos de evaluación y fomentar un aprendizaje más interactivo y participativo. Sin embargo, la adopción de la IA en el aula también plantea desafíos significativos, desde cuestiones éticas, hasta la necesidad de adaptar las infraestructuras educativas actuales, pasando por el compromiso de los docentes y personal educativo a la hora de acoger estas nuevas tendencias.

Se puede afirmar por tanto que la educación superior como la conocemos hoy se encuentra en un momento crucial de transformación, impulsada por el rápido desarrollo y adopción de estas novedosas tecnologías de IA (Ferman, Lima & Riva, 2020). La integración de la IA en las aulas universitarias no es simplemente una cuestión de incorporar nuevas herramientas tecnológicas, sino de rediseñar los procesos

educativos para aprovechar al máximo el potencial de la IA a la hora de personalizar el aprendizaje y optimizar los recursos educativos (Montuori *et al.*, 2020). Según Rama (2023), la IA representa la llamada "Cuarta Revolución Educativa", siguiendo ésta a las revoluciones previas marcadas por el uso de vídeos y ordenadores, internet, y la web 2.0. Esta revolución no solo se caracteriza por la innovación tecnológica sino también por un cambio profundo en los métodos pedagógicos y en la relación entre profesores y estudiantes (Prendes-Espinosa, 2023). Así mismo, los sistemas de IA en la educación superior tienen el potencial de brindar una educación más inclusiva y accesible, al permitir la personalización del aprendizaje a una escala previamente inimaginable (Schiff, 2021), además del impacto de la IA en otras áreas de las IES, como por ejemplo en la mejora de la eficiencia administrativa y la gestión del conocimiento dentro de las instituciones educativas (Wan, Tao & Chen, 2024). Sin embargo, su integración efectiva requiere no solo inversiones en tecnología sino también en el desarrollo profesional de los educadores y la adaptación de los currículos para incorporar competencias digitales y de IA (Moura & Carvalho, 2024).

En la presente investigación se exploran las implicaciones de la IA en el contexto educativo superior, analizando tanto sus potenciales beneficios, como también los retos asociados a su implementación. Para ello se fijan como objetivos la revisión exhaustiva del estado del arte en lo referente al impacto actual de la IA en las IES, mediante la utilización de herramientas basadas en Modelos de Lenguaje de Gran Escala, también conocidos como *Large Language Models – LLMs*, y concretamente la herramienta ChatGPT en su versión 4.0. Esto permitirá profundizar en el análisis y discusión de la literatura existente identificada, para así poder ofrecer como resultado una serie de recomendaciones de aplicación en los entornos educativos superiores y universitarios dirigidas al personal docente y los estudiantes en referencia a estas herramientas de IA.

2. OBJETIVOS

La investigación recogida en el presente documento tendrá como objetivos dos ejes fundamentales que se enuncian a continuación:

- Evaluar el estado actual y perspectivas de aplicación de las herramientas de IA en las aulas de clase de IES en su generalidad: Mediante una extensa revisión de la Literatura y Estado del Arte actual, se detallará cómo las IES están integrando actualmente la IA en sus entornos académicos de clase, así como las perspectivas más inmediatas respecto a su uso en estos entornos, identificando desafíos y oportunidades en referencia a todos los actores implicados en dichos ambientes educativos, de transmisión del conocimiento y enseñanza-aprendizaje.
- Desarrollar lineamientos y recomendaciones de aplicación de herramientas de IA en las aulas de clase de IES: Derivado del trabajo realizado en la presente investigación, se propondrá un conjunto de 10 reglas o recomendaciones para guiar la implementación y el uso responsable de la IA en el entorno de clase de las IES, el cual pueda ser aplicado por todos los actores implicados en el ejercicio de la transmisión del conocimiento en el aula.

3. METODOLOGÍA

La realización de la presente investigación se realizó en dos partes claramente diferenciadas: Revisión de la Literatura y Aplicación de Herramientas de IA basadas en Modelos de Lenguaje de Gran Escala para el análisis de la información y desarrollo de las recomendaciones.

En cuanto a la Revisión de la Literatura, se realizó una búsqueda de fuentes de información secundaria a través de la plataforma de Google Scholar en la última semana de marzo y primera de abril del presente año 2024, pudiendo identificar y seleccionar 29 fuentes de interés como base constitutiva de esta revisión en función de los siguientes criterios:

1. La parametrización de las búsquedas se realizó para ofrecer resultados de fuentes disponibles a partir de una fecha de publicación de 2020 o posterior
2. Se exigieron en las búsquedas que las palabras clave utilizadas aparecieran todas en el título de la fuente, no incluyendo citas ni patentes

3. Se priorizaron las fuentes de información abiertas, disponibles o descargables que provinieran de revistas o publicaciones científicas, no teniendo en consideración trabajos de grado, artículos periodísticos o de opinión
4. Se filtraron los resultados para ofrecer artículos con enfoque generalista y polivalente, descartando los casos de análisis, revisión o aplicación específica, o casos de estudio con un espectro o alcance limitado
5. Las palabras clave utilizadas fueron “Artificial Intelligence Classroom Education” (obteniendo 29 resultados a analizar), “AI Classroom Education” (obteniendo 16 resultados), “Inteligencia Artificial Aula Educación” (obteniendo 3 resultados), “IA Aula Educación” (obteniendo 2 resultados), “Inteligencia Artificial Educación Superior” (obteniendo 94 resultados), “IA Educación Superior” (obteniendo 18 resultados), de los cuales, eliminando las fuentes no disponibles o que no tenían relación directa con la presente investigación, pudieron aprovecharse 29 referencias de interés que fueron incluidas en el apartado “8. Referencias” del presente documento, además de otras referencias citadas en la investigación que fueron agregadas en dicha sección.

Una vez se tuvieron estas 29 fuentes de interés derivadas de este proceso de búsqueda a través de la plataforma Google Scholar, se procedió a la siguiente fase de Aplicación de Herramientas de IA basadas en Modelos de Lenguaje de Gran Escala para el análisis de esta información, teniendo como herramientas de IA candidatas ChatGPT 4.0 de OpenAI, Gemini de Google y Copilot de Microsoft Edge, como las más conocidas y de mayor reconocimiento, seleccionando la opción de ChatGPT 4.0 al disponer de la versión licenciada que permitía la subida de documentos PDFs para su análisis correspondiente. El proceso se realizó de la siguiente manera:

1. Las 29 fuentes seleccionadas de la plataforma Google Scholar fueron descargadas en formato PDF y subidas a ChatGPT 4.0 utilizando el siguiente *prompt*: “Analizar el siguiente

adjunto en formato de artículo científico, ofreciendo la siguiente información:

- a. Resumen del artículo con un máximo de 600 palabras.
 - b. Citar las 3 principales conclusiones del artículo con un máximo de 100 palabras cada una.
 - c. Cita de este documento según Normas APA 7ma edición”
2. Los autores del presente trabajo utilizaron la información y respuestas compiladas desde la herramienta ChatGPT 4.0 del literal a. para poder elaborar el apartado “4. Resultados” y la información del literal b. para la elaboración del apartado “5. Discusión”, en función de los objetivos de la presente investigación enunciados en el apartado “2. Objetivos”
 3. Finalmente, los autores desarrollaron las conclusiones derivadas de todo este proceso e investigación en el apartado “6. Conclusiones”, donde también se utilizó dicha información para que a través del uso de la herramienta ChatGPT 4.0, se formularan 10 lineamientos y recomendaciones a ofrecer a la comunidad académica de IES en referencia al uso y aprovechamiento de las herramientas de IA en el aula de clase, y los cuales fueron revisados por los autores para eliminar la posibilidad de alucinaciones o errores en la propuesta

4. RESULTADOS

4.1. CONTEXTO GENERAL DE LA IA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Se puede afirmar que la IA está suponiendo una auténtica revolución en todos los ámbitos educativos, incluso acuñándola con el término de “Cuarta Revolución Educativa” (siguiendo las revoluciones previas marcadas por el uso de vídeos y ordenadores, internet, y la web 2.0.), provocando un punto de inflexión en las IES a la hora de generar tanto oportunidades para la innovación pedagógica, como desafíos éticos y prácticos (Prendes-Espinosa, 2023; Tedre *et al.*, 2021). Es por ello que

la incursión de la IA puede suponer por tanto el advenimiento de la llamada “Universidad 4.0”, reconfigurando las prácticas educativas, la gestión institucional y los procesos de enseñanza-aprendizaje en la educación superior para abrir caminos hacia una personalización más profunda del aprendizaje, la democratización del acceso a la educación y la gestación de un entorno académico más inclusivo y flexible, pero resaltando la importancia de adoptar un enfoque crítico hacia estas innovaciones y por tanto reconociendo no solo sus potenciales beneficios sino también los desafíos éticos y prácticos que presenta (Rama, 2023). Incluso se está ya debatiendo la posibilidad de que la IA reemplace a los humanos en el aula, con sendos debates sobre el avance y la integración de la IA en entornos de aprendizaje que desafían la participación humana en la educación, pero sugiriéndose que, aunque la IA está avanzando, no reemplazará componentes críticos de la enseñanza de calidad y los elementos instructivos, sino que se complementará con ellos para mejorar las técnicas y metodologías de enseñanza (Etiubon & Etiubon, 2023). La IA puede por tanto ayudar a superar desafíos comunes en el sistema educativo actual, en relación por ejemplo a estrategias de enseñanza obsoletas y la desmotivación de los estudiantes, facilitando una personalización del aprendizaje y mejora la efectividad de la enseñanza (Das & Roy, 2021)

Por lo anteriormente descrito, se puede afirmar que el potencial transformador de la IA en el ámbito educativo es innegable, abordando desde su conceptualización hasta su aplicación práctica en las aulas para profundizar en las múltiples aplicaciones de la IA en la educación, tales como la tutoría inteligente, personalización del aprendizaje, gamificación, realidad virtual, simulación y robótica educativa, evidenciando cómo estas tecnologías pueden individualizar la enseñanza, fomentar la interacción y enriquecer las experiencias de aprendizaje, y siendo ya muy alto el impacto de la IA en el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de su rol en la evaluación automatizada y el desarrollo de estrategias educativas adaptativas (Manrique-Chávez *et al.*, 2023). Los docentes de IES ya reconocen la necesidad de una formación más profunda sobre el uso de la IA en sus prácticas y expresan tanto entusiasmo por las posibilidades que ofrece la IA para personalizar el aprendizaje,

como preocupaciones sobre los riesgos asociados, como la desinformación y la dependencia excesiva de la tecnología (Moura & Carvalho, 2024). El desarrollo de estas competencias en el uso de herramientas de IA por parte del profesorado también tiene otras implicaciones en el desarrollo profesional de su carrera, como por ejemplo la posibilidad de poder aumentar su posicionamiento o Marca Personal, en la línea de los estudios realizados por Chaparro-Guevara, Ospina-Estupiñán & Alonso-Gonzalez (2019), Cortes-Arevalo, Sanchez-Saenz & Alonso-Gonzalez (2016) y Velasquez-Arana, Carvajal-Vasquez, & Alonso-Gonzalez (2017). Este efecto se vuelve más significativo si combinamos el potencial de las herramientas de IA a la hora de maximizar los procesos de innovación, gestión del conocimiento y desarrollo sostenible, como indican Alonso-Gonzalez, Peris-Ortiz & Cao-Alvira (2018).

Por tanto, se puede destacar que el uso de la IA en las aulas de IES presenta desafíos y oportunidades, desde cuestiones sobre el uso de IA en la presentación de trabajos y su relación con el plagio, hasta su capacidad para revolucionar los métodos de enseñanza y evaluación. También en otras áreas de interés como la administración universitaria está ofreciendo oportunidades destacables, como lo referente a optimizar recursos y reducir costos, mostrando así un panorama donde las universidades pueden comenzar a funcionar con niveles de eficiencia empresarial. Sin embargo, se resalta la necesidad de abrir una discusión crítica en la academia sobre la regulación de la IA y el papel fundamental que las IES y las universidades deben desempeñar en esta conversación global (Pacheco, 2023).

4.2. HERRAMIENTAS DE IA DE APLICACIÓN EN EL AULA

Sin duda, hablar de herramientas de IA en los entornos educativos es hablar de IA generativas, y concretamente los llamados Modelos de Lenguaje de Gran Escala. Bonner, Lege & Frazier (2023) exploran el uso de estos modelos conocidos en la literatura anglosajona como *Large Language Models – LLMs*, y que engloban herramientas ya conocidas por todos los públicos como ChatGPT de la empresa OpenAI, Copilot de Microsoft o Gemini de Google. Estas herramientas de IA tienen la capacidad de interpretar, predecir y generar textos, gráficas e

incluso imágenes, siendo muy valiosas y apreciadas en el aula a la hora de aliviar la carga de trabajo de los maestros y estudiantes, y sugiriendo formas específicas en las que pueden ser utilizadas para el desarrollo de materiales, actividades en clase y retroalimentación a través de ejemplos prácticos, ofreciendo específicamente a los docentes nuevas formas innovadoras de simplificar el proceso de enseñanza para centrarse en las necesidades del estudiante.

En esta misma línea, Jofre (2023) ofrece en su investigación una revisión teórica sobre el impacto de la herramienta ChatGPT y la IA en la educación superior, enfocándose en nuevas tensiones y desafíos que surgen a partir de la introducción de estas tecnologías en el ámbito académico, y examinando aspectos críticos como la autoría asistida por IA, y las implicaciones éticas en la práctica de escritura académico-científica con relación a la deshonestidad académica. A través del análisis de las capacidades de ChatGPT, se problematizaron las prácticas de aprendizaje y evaluación, sugiriendo la necesidad de revisar críticamente los entornos de producción de conocimiento tecnológicamente asistidos. Messeri (2023) exploró las implicaciones del uso de ChatGPT y la IA generativa en el contexto educativo superior, examinando críticamente el equilibrio entre el uso asistido de esta herramienta y el riesgo de reemplazo de la labor intelectual humana, destacando la importancia de mantener un enfoque reflexivo hacia la integración de la IA en la educación. También Milán *et al.*, (2023) reflexionan sobre el uso de ChatGPT, abordando temas críticos como la propiedad intelectual, la producción de contenidos académicos, las implicaciones éticas, y las potenciales transformaciones pedagógicas que derivan de su integración en el ámbito educativo, examinando cómo ChatGPT puede servir como una herramienta para asistir en la enseñanza y el aprendizaje. En la misma línea, Ferman, Lima & Riva (2020) investigan cómo diferentes combinaciones de IA e inteligencia humana son incorporadas en la instrucción de aulas y cómo afectan los resultados de los estudiantes, mejorando significativamente las mismas en lo referente a puntuaciones de ensayos, y ayudando a los docentes a involucrarse más en tareas no rutinarias que apoyan la individualización de la pedagogía. Los resultados demuestran el potencial de la IA para ampliar el conjunto de tareas que pueden ser automatizadas

y cómo los avances en IA pueden reposicionar el trabajo humano hacia tareas que la automatización aún no puede alcanzar. Schiff (2021) avanza en esta misma línea, explorando el uso de sistemas de tutoría inteligentes y agentes educativos antropomorfizados como ejemplos de herramientas de IA en educación, discutiendo su capacidad para simular tutores, proporcionar una diferenciación robusta entre estudiantes e incluso fomentar el compromiso socioemocional.

También existen estudios que analizan herramientas de IA no basadas en Modelos de Lenguaje de Gran Escala. En este sentido, Li *et al.*, (2023) centraron su investigación en la aplicación de IA en la educación, específicamente en el análisis de comportamiento en el aula mediante dispositivos embebidos e integrados que recopilaban imágenes en tiempo real para identificar y cuantificar las emociones de los estudiantes. Los experimentos controlados revelaron que el uso de dispositivos inteligentes incrementó el efecto de la enseñanza en el aula en un 9.44%. Estos dispositivos inteligentes embebidos se ofrecen como herramientas valiosas para monitorear el estado de aprendizaje de los estudiantes y promover la mejora de la calidad de la enseñanza en el aula. Montuori *et al.*, (2020) investigan la aplicación de IA en la educación superior, con un enfoque particular en el modelo de aula invertida complementado con la enseñanza *Just In Time - JIT*, optimizando así la enseñanza. Esta aproximación permitió a los profesores adaptar el flujo de lecciones y preparar estrategias centradas en las deficiencias de los estudiantes, mejorando significativamente el compromiso y la comprensión conceptual. Sea *et al.*, (2022) exploran la integración de tecnologías de IA en el aula para complementar y mejorar las lecturas convencionales, a través del desarrollo de un sistema de Aula Inteligente que incluye cuatro dispositivos interconectados: una cámara inteligente para digitalizar texto escrito en la pizarra, un micrófono inteligente que procesa información clave de las conferencias mediante técnicas de procesamiento del lenguaje natural, un controlador de temperatura ambiental inteligente para ajustes automáticos y controlados por el usuario, y una aplicación móvil del aula inteligente que integra todas estas funcionalidades. Los resultados demostraron que la implementación de estas tecnologías mejoró la experiencia de aprendizaje al hacer las notas

de la pizarra accesibles desde cualquier asiento, proporcionando acceso instantáneo a la información explicada por los profesores, y manteniendo una temperatura de aula cómoda.

4.3. IMPACTO, OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS DE LA IA EN IES

Como se puede deducir a priori, el impacto de las herramientas de IA en las aulas de IES, así como las oportunidades y desafíos que se derivan de su implementación, son numerosas. AlFarsi et al. (2021) examinan en su trabajo la influencia de la IA en aulas inteligentes, destacando la importancia de los medios visuales sobre los literarios para mejorar la retención del aprendizaje en los estudiantes, explorando las debilidades de las nuevas tecnologías en la colaboración educativa y cómo las aulas inteligentes pueden mejorar el aprendizaje y los logros estudiantiles mediante el uso de imágenes, gráficos, videos y sustancias pictóricas, revisando las tecnologías disponibles, su impacto significativo y las recomendaciones para mejorar su uso. En la misma línea, Borbajo, Malbas & Dacanay (2023) abordan el impacto global resultante de integrar la IA en la educación y sus implicaciones para la reforma educativa a través de un análisis meta-analítico de estudios indexados en Scopus, para examinar los efectos de la IA sobre los resultados de aprendizaje de los estudiantes, las prácticas docentes, los enfoques pedagógicos y la política educativa. Los hallazgos sugieren que la integración de la IA en el aula tiene el potencial de mejorar significativamente los resultados de aprendizaje, ofreciendo instrucción personalizada y experiencias de aprendizaje diferenciadas. Además, se identificó que la IA facilita la toma de decisiones basada en datos, permitiendo a los docentes realizar elecciones instruccionales informadas.

Otra investigación destacable es la desarrollada por Sethi & Opoku (2022), que examinan el papel de la IA en la enseñanza en el aula, destacando su potencial para promover la equidad educativa y mejorar la eficiencia en el aula, al integrarse profundamente con la pedagogía y pudiendo convertirse en una fuerza principal en la educación para abordar problemas como la escasez de recursos educativos de alta calidad y la uniformidad en los métodos de enseñanza. Vera (2023) explora las percepciones de los profesores sobre la incorporación de tecnologías de

IA en sus aulas, revelando éstos una valoración positiva hacia el uso de esta al reconocer su potencial para mejorar la enseñanza y el aprendizaje, y destacando la importancia de considerar los niveles de motivación de los estudiantes y la competencia tecnológica y pedagógica de los profesores al integrar la IA en los entornos educativos. Apoyan esta línea Wang, Tao y Chen (2024), los cuales describen que el uso de la IA en el discurso del aula ha demostrado tener un impacto positivo en los resultados de aprendizaje, las emociones, el comportamiento y la percepción de estas herramientas por parte de los estudiantes y profesores, aunque la implementación práctica sigue siendo algo limitada y con cierta resistencia al cambio. Esta visión también es apoyada por Wu (2023), que investiga cómo la tecnología de IA facilita la enseñanza innovadora en el aula desde la perspectiva del desarrollo de alta calidad, para construir un sistema educativo más inteligente y personalizado, ofreciendo tendencias y experiencias significativas para enfocar reformas e innovaciones educativas a nivel nacional, impulsando la educación hacia una dirección más inteligente, eficiente y equitativa.

Como se puede observar, los estudios identificados dan un gran soporte y enfoque positivo en el uso de herramientas de IA en las aulas de las IES. Estas afirmaciones siguen con los trabajos desarrollados por Duan, Cui & Li (2023), que exploran la aplicación de la IA en la educación, específicamente en el entorno de las aulas inteligentes, analizando tanto su impacto como las estrategias para abordar los desafíos emergentes. Los autores identifican tres sistemas principales impulsados por IA en las aulas inteligentes: monitoreo inteligente, grabación inteligente y evaluación de enseñanza basada en Tecnologías de la Información y Comunicaciones - TICs, señalando los beneficios de estos sistemas, sobre todo en lo referente a la personalización del aprendizaje y la mejora de la interacción en el aula. Huang, Lu & Yang (2023) investigan el impacto de las recomendaciones personalizadas habilitadas por herramientas de IA en la motivación de aprendizaje, el compromiso y los resultados de los estudiantes en un entorno de aula invertida. Los resultados mostraron que estas recomendaciones mejoraron significativamente el desempeño y el compromiso de los estudiantes con un nivel de motivación moderado.

Hasta ahora se presentaron los impactos positivos que el uso de IA pueda aportar en las aulas de IES. Sin embargo, también se deben introducir los riesgos o desafíos que podrían derivarse de su implementación y usos. En este sentido, Cordón (2023) aborda la integración de la IA en IES, destacando tanto las oportunidades como los riesgos que esta tecnología presenta para las universidades. El autor examina el estado actual de la IA en la educación, identificando aplicaciones prácticas y metodológicas, herramientas tecnológicas y casos de uso específicos. A través de un análisis exhaustivo, propone claves para una implantación efectiva de la IA en el sistema universitario español, enfocándose en los desafíos y riesgos a nivel tecnológico, pedagógico, organizativo, legislativo y ético. El estudio sugiere que la IA puede revolucionar la educación superior, ofreciendo personalización y eficiencia en el aprendizaje, pero también advierte sobre la necesidad de abordar cuidadosamente aspectos éticos y legales para garantizar una integración responsable y equitativa. En esta línea, Ubal *et al.* (2021) abogan por un profundo análisis y generación de estrategias que aseguren una educación que no comprometa el desarrollo cognitivo esencial para la formación y desarrollo científico y tecnológico, considerados pilares fundamentales de la cultura, proponiendo discusiones sobre las limitaciones y posibles trabajos futuros para abordar estos desafíos. Así mismo, Walter (2024) expone que la integración de la IA en la educación presenta desafíos, incluida la necesidad de una formación exhaustiva para educadores y la adaptación del currículo para alinearse con las estructuras sociales. La alfabetización en IA se identifica como crucial, englobando un entendimiento de las tecnologías de IA y sus impactos más amplios en la sociedad. La ingeniería de *prompts* se destaca como una habilidad clave para obtener respuestas específicas de sistemas de IA, enriqueciendo experiencias educativas y fomentando el pensamiento crítico. Igualmente, Xing (2021) destaca tanto las oportunidades que la IA presenta para la expansión de recursos educativos y la personalización de la enseñanza, como los desafíos que plantea en cuanto a la colaboración entre "maestros dobles" (humanos e IA), la regulación e integración del contenido de enseñanza, y la preservación de las relaciones entre docentes y estudiantes, analizando cómo la IA puede servir como un recurso dinámico para comprender las situaciones de aprendizaje de los estudiantes en

tiempo real al proporcionar condiciones de enseñanza personalizadas y optimizar la relación de enseñanza en el aula, pero también indicando las preocupaciones sobre cómo la incorporación de la IA podría llevar a un tecnicismo en la evaluación de la enseñanza y potencialmente debilitar las relaciones interpersonales en el entorno educativo.

Los riesgos y desafíos siguen presentándose a medida que se van desarrollando más investigaciones. Duan, Cui & Li (2023) resaltan problemas críticos derivados de la aplicación de herramientas de IA en el aula, como la distorsión del rendimiento en el aula, el riesgo de reducción de la calidad del aprendizaje y preocupaciones sobre la privacidad y protección de datos. Para abordar estos desafíos, se proponen contramedidas en tres áreas: regulación del uso de las aulas inteligentes, realización de estudios de casos excelentes y dependencia de tecnologías de protección de la privacidad. En la misma línea, Manrique-Chávez *et al.*, (2023) reflexionan sobre los desafíos, riesgos y oportunidades que la integración de la IA en la educación conlleva, insistiendo en la importancia de un enfoque ético y socialmente responsable en su implementación. Etiubon & Etiubon (2023) también presentan y discuten los riesgos asociados al uso de la IA, como la influencia extranjera en los sistemas educativos nacionales y la posibilidad de que el uso excesivo de simulaciones comprometa el aprendizaje aplicable en el mundo real. Messeri (2023) también plantea preocupaciones sobre la integridad académica, la originalidad y la expansión del pensamiento crítico frente a las capacidades y limitaciones de ChatGPT. Milán *et al.*, (2023) destacan los riesgos de su utilización indebida, tales como la generación de contenidos falsos o plagiados, y por tanto la necesidad de adaptar prácticas pedagógicas y evaluativas ante la presencia de esta tecnología en el entorno educativo.

Por tanto, podemos decir que el uso y aplicación de estas herramientas de IA en las aulas de IES presenta numerosas e interesantes oportunidades, así como también abundantes riesgos y desafíos. Se hace por tanto necesario el poder discutir a profundidad sobre el impacto que tienen y que van a tener estas herramientas de IA en los entornos educativos presentes y futuros, y poder enunciar una serie de recomendaciones a los públicos de interés académicos para mejorar su integración y uso.

5. DISCUSIÓN

Se va a realizar la discusión del presente trabajo de investigación en función de los 2 objetivos trazados en su inicio:

5.1. PERSPECTIVAS DE APLICACIÓN DE LA IA EN LAS AULAS DE IES

La integración de la IA en las aulas de las IES es un fenómeno que está cobrando impulso en todo el mundo y que promete transformar radicalmente tanto la enseñanza como el aprendizaje. La diversidad de aplicaciones de la IA, desde la personalización del aprendizaje hasta la mejora de la calidad docente, plantea tanto oportunidades como desafíos significativos para educadores y estudiantes por igual. Basándose en la literatura académica reciente que se identificó y se seleccionó en la presente investigación, el análisis que se deriva de la misma pretende examinar el estado actual y las perspectivas de aplicación de las herramientas de IA en las aulas de clase de IES. Es importante iniciar la presente discusión mencionando que estas instituciones y entidades, como cualquier otra empresa, deberían propender por desarrollar metodologías de innovación aplicada en sus procesos de creación, gestión y transmisión del conocimiento hacia su diferentes y variados *stakeholders*, como manifiestan Mauri-Castello, Alonso-Gonzalez & Peris-Ortiz (2018), siendo las herramientas de IA una vía sumamente importante y a considerar a la hora de maximizar la eficiencia de estos procesos. Además, esto no solo debería ceñirse a las instituciones universitarias convencionales, sino también a las universidades corporativas desarrolladas en el seno de las grandes empresas para poder incrementar su impacto en cuanto a innovación social, sostenibilidad y transferencia tecnológica, como argumentan Alonso-Gonzalez, Peris-Ortiz & Palacios-Chacon (2018).

En cuanto al uso específico de las herramientas de IA en las aulas de clase de IES, cabe la pena mencionar que quizás es la personalización del aprendizaje el aspecto más prometedor en estos entornos. Como argumentan Ferman, Lima, y Riva (2020) y Li *et al.* (2023), las tecnologías basadas en IA pueden adaptar el contenido educativo a las necesidades individuales de los estudiantes, ofreciendo un aprendizaje más eficaz y comprometido. Esto no solo ayuda a mejorar los resultados

académicos, sino que también aumenta la motivación de los estudiantes al proporcionarles un camino de aprendizaje que se ajusta a sus habilidades y preferencias personales. Sin embargo, la implementación de estas tecnologías no está exenta de desafíos. Xing (2021) destaca varios obstáculos que deben superarse, como la necesidad de infraestructuras tecnológicas robustas y accesibles, la formación de docentes en competencias digitales y pedagógicas relacionadas con la IA, y preocupaciones éticas como la privacidad de los datos de los estudiantes. Estos desafíos subrayan la importancia de abordar no solo las dimensiones técnicas, sino también las pedagógicas y éticas de la integración de la IA en la educación superior. También la interacción entre docentes y estudiantes se está viendo afectada por la introducción de la IA en el aula. Como se señala en los trabajos de Jofre (2023) y Schiff (2021), la IA puede servir como un catalizador para fomentar un entorno de aprendizaje más colaborativo y participativo. Sin embargo, existe el riesgo de que la dependencia de las herramientas de IA en la enseñanza pueda debilitar la conexión humana esencial en el proceso educativo. Por tanto, es crucial que las instituciones educativas busquen un equilibrio entre el aprovechamiento de la tecnología y el mantenimiento de relaciones interpersonales sólidas en el aula. La evaluación de la enseñanza y la mejora de la calidad docente son otros aspectos importantes de la aplicación de la IA en la educación superior. Investigaciones de Wang *et al.* (2024) y Wu (2023) ilustran cómo las tecnologías de IA pueden ofrecer métodos innovadores para evaluar y mejorar la enseñanza. Estas herramientas pueden proporcionar recomendaciones valiosas sobre la efectividad de los métodos pedagógicos y ayudar a los educadores a adaptar sus estrategias para satisfacer mejor las necesidades de sus estudiantes.

Aunque la integración de la IA en la educación superior presenta claros beneficios, es evidente que aún queda mucho camino por recorrer para superar los riesgos y desafíos asociados y maximizar su potencial. La formación docente, el desarrollo de infraestructuras tecnológicas accesibles y la creación de un marco ético sólido son fundamentales para asegurar que la implementación de la IA en las aulas sea tanto efectiva como equitativa. Además, es vital que las IES mantengan un enfoque centrado en el estudiante, garantizando que la tecnología sirva para

enriquecer y no para reemplazar las experiencias de aprendizaje y enseñanza. Mirando hacia el futuro, las perspectivas de aplicación de la IA en la educación superior son prometedoras. A medida que las instituciones educativas continúen explorando y adoptando estas tecnologías, es probable que veamos transformaciones significativas en cómo se enseña y se aprende. La IA no solo tiene el potencial de mejorar la calidad y accesibilidad de la educación superior, sino que también puede preparar a los estudiantes para un futuro en el que la inteligencia artificial y otras tecnologías jueguen un papel central en la sociedad. Al fomentar habilidades como el pensamiento crítico y la resolución de problemas en contextos mediados por la IA, las IES pueden garantizar que los estudiantes no solo sean consumidores de tecnología, sino también creadores y críticos informados. Además, la evaluación continua y la investigación sobre el impacto de la IA en la educación serán fundamentales para comprender y optimizar su uso en el aula. Estudios como los de Wang et al. (2024) y Wu (2023) ofrecen una base sólida para esta exploración, pero es esencial expandir estas investigaciones para incluir una gama más amplia de contextos educativos y tecnologías de IA. A medida que avanzamos, la recopilación y análisis de datos de gran escala sobre el uso de la IA en la educación superior proporcionará enfoques valiosos para informar tanto la práctica pedagógica como la política educativa.

La adopción ética de la IA en la educación también implica una reflexión profunda sobre su papel en la sociedad. Como herramienta, la IA refleja los valores y prioridades de quienes la diseñan y utilizan. Por lo tanto, es crucial que el desarrollo e implementación de tecnologías de IA en la educación sean guiados por principios de equidad, inclusión y respeto por la diversidad humana. Este enfoque no solo minimizará los riesgos asociados con la IA, sino que también maximizará sus beneficios para todos los estudiantes. En conclusión, la integración de la IA en las aulas de IES se encuentra en un punto de inflexión. Las perspectivas de su aplicación son inmensamente prometedoras, ofreciendo oportunidades para revolucionar la enseñanza y el aprendizaje. Sin embargo, para realizar plenamente este potencial, es imperativo abordar de manera efectiva los desafíos pedagógicos, técnicos y éticos que presenta. Al hacerlo, podemos asegurar que la IA sirva como una herramienta poderosa para

enriquecer la educación superior y empoderar a las generaciones futuras para navegar y moldear un mundo cada vez más tecnológico. Sin embargo, para que estas transformaciones sean positivas y sostenibles, será esencial que se aborden de manera proactiva los desafíos identificados. La colaboración entre educadores, ingenieros, técnicos, estudiantes, órganos de gobierno y responsables políticos será crucial para desarrollar prácticas de IA éticas y efectivas que puedan adaptarse a las cambiantes necesidades educativas y sociales.

5.2. LINEAMIENTOS Y RECOMENDACIONES SOBRE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE IA EN LAS AULAS DE IES

Llegados a este punto, se utilizó de nuevo la herramienta ChatGPT 4.0 para que, con todos los insumos y reflexiones realizadas y plasmadas en la investigación hasta ahora, se le solicitara a la IA que pudiera ofrecernos 10 lineamientos, guías o recomendaciones sobre la aplicación de las herramientas de IA en las aulas de IES, las cuales fueron revisadas por los autores y presentadas a continuación:

1. **Aprendizaje Centrado en el Estudiante:** La implementación de IA debe priorizar la personalización del aprendizaje, adaptando el contenido educativo y las estrategias pedagógicas a las necesidades, habilidades y preferencias individuales de cada estudiante. Esto promueve un aprendizaje más eficaz y aumenta la motivación y el compromiso estudiantil.
2. **Fomentar la Colaboración:** Utilizar la IA para promover entornos de aprendizaje colaborativo y participativo, donde estudiantes y profesores cocrean conocimiento. La tecnología de IA debe servir como un facilitador para el intercambio de ideas y el trabajo en equipo, no como un sustituto de las interacciones humanas.
3. **Capacitación Continua:** Invertir en la formación continua de los docentes y estudiantes en competencias digitales y pedagógicas relacionadas con la IA. Los educadores deben estar preparados para integrar eficazmente estas tecnologías en sus

prácticas de enseñanza y adaptarse a los cambios que estas herramientas traen al entorno educativo.

4. Promover la Ética y la Privacidad: Asegurar que la implementación de la IA en la educación siga principios éticos sólidos, respetando la privacidad y los datos de los estudiantes. Es crucial desarrollar y seguir pautas claras sobre cómo se recopilan, almacenan y utilizan los datos generados por herramientas de IA.
5. Enfoque en la Excelencia: Utilizar la IA para evaluar y mejorar la calidad de la enseñanza. Las herramientas de IA pueden proporcionar un *feedback* detallado y en tiempo real a los educadores sobre la efectividad de sus métodos pedagógicos, permitiéndoles ajustar su enseñanza para satisfacer mejor las necesidades de sus estudiantes.
6. Accesibilidad e Inclusión: Garantizar que las herramientas de IA sean accesibles para todos los estudiantes, independientemente de sus antecedentes o capacidades. La tecnología debe usarse para eliminar barreras en el aprendizaje y promover una educación más inclusiva.
7. Integración Curricular: La IA no debe verse como un complemento aislado, sino que debe integrarse plenamente en el currículo y los objetivos de aprendizaje. Esto implica revisar y adaptar los planes de estudio para incluir competencias digitales y de IA, preparando a los estudiantes para el futuro.
8. Innovación Pedagógica: Explorar y experimentar con nuevas metodologías pedagógicas habilitadas por la IA. Las IES deben estar abiertas a probar enfoques innovadores en la enseñanza y el aprendizaje, evaluando continuamente su impacto.
9. Fomentar Infraestructuras de Calidad: Desarrollar y mantener infraestructuras tecnológicas que soporten eficazmente la implementación de la IA en la educación. Esto incluye no solo el hardware y software necesarios, sino también el soporte técnico y las redes de seguridad.

10. Autoevaluación y Alta Calidad: Adoptar un enfoque hacia la excelencia, evaluando regularmente la efectividad de las herramientas de IA en el aula y ajustándolas según sea necesario. La retroalimentación de estudiantes y profesores debe ser un componente clave en este proceso, asegurando que la tecnología satisfaga las necesidades educativas y fomente un ambiente de aprendizaje positivo.

Al seguir este decálogo, las IES y sus públicos académicos y de interés pueden maximizar el potencial de las herramientas y tecnologías de IA para enriquecer la enseñanza y el aprendizaje, mientras enfrentan de manera proactiva los desafíos asociados a su implementación.

6. CONCLUSIONES

En este estudio se abordó la revolución que la IA está propiciando en el ámbito de las IES, marcando un cambio paradigmático en los procesos de enseñanza y aprendizaje. La investigación destaca cómo la IA ofrece una oportunidad única para personalizar la educación, optimizar los procesos de evaluación y fomentar un aprendizaje más interactivo y participativo. No obstante, la adopción de esta tecnología también plantea retos significativos, desde dilemas éticos hasta la necesidad de adaptar infraestructuras educativas y desarrollar competencias digitales tanto en estudiantes como en docentes.

La implementación de la IA en las aulas universitarias se presenta no solo como una integración de nuevas herramientas tecnológicas, sino como un rediseño de los procesos educativos para maximizar el potencial de personalización del aprendizaje. La investigación sugiere que la IA puede ser la clave para la creación de una educación más inclusiva y accesible, facilitando la personalización del aprendizaje a una escala antes inimaginable y mejorando la eficiencia administrativa dentro de las instituciones educativas. Sin embargo, se enfatiza la necesidad de inversiones significativas en tecnología, desarrollo profesional de los educadores y adaptación de los currículos para incorporar competencias digitales y de IA.

A través de una extensa revisión de la literatura y el análisis de información utilizando herramientas de IA basadas en Modelos de Lenguaje de Gran Escala como es ChatGPT 4.0, este estudio presenta un detallado panorama del estado actual y las perspectivas de aplicación de las herramientas de IA en el aula. Se evidencia un creciente reconocimiento del potencial transformador de la IA en la educación, desde la personalización del aprendizaje hasta la mejora de la calidad docente, aunque también se identifican desafíos importantes como la necesidad de infraestructuras tecnológicas robustas, formación de docentes en competencias digitales y preocupaciones éticas.

El estudio desarrolló y presentó también con el apoyo de la herramienta ChatGPT 4.0 unos lineamientos y recomendaciones de aplicación de las herramientas de IA en las aulas de clase de IES, que comprende 10 principios al respecto, como son el aprendizaje centrado en el estudiante, la promoción de la colaboración, la capacitación continua de docentes, el enfoque en la excelencia docente, y la innovación pedagógica, entre otros. Estos lineamientos tienen como objetivo guiar la implementación y el uso responsable de la IA en el entorno educativo superior, promoviendo una educación efectiva, equitativa y adaptada a las necesidades del siglo XXI.

En conclusión, la integración de la IA en las IES ofrece un horizonte lleno de posibilidades para revolucionar los métodos de enseñanza y aprendizaje, haciendo la educación más personalizada, inclusiva y eficiente. Sin embargo, es imperativo abordar los desafíos identificados de manera proactiva, asegurando una implementación ética y equitativa de estas tecnologías. La colaboración entre educadores, ingenieros, estudiantes y responsables políticos será fundamental para desarrollar prácticas de IA que sean éticas y efectivas, adaptándose a las cambiantes necesidades educativas y sociales. Este enfoque colaborativo y crítico hacia la adopción de la IA en la educación asegurará que esta tecnología no solo mejore los procesos educativos, sino que también prepare a los estudiantes para un futuro donde la IA juegue un papel central en la sociedad.

7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Los autores del presente documento queremos agradecer el apoyo que nuestras instituciones nos dieron en cuanto a la dedicación de tiempo y recursos para poder realizar y llevar a cabo la presente investigación, mencionando por ello a la Universidad el Bosque, de Bogotá D.C., Colombia; a la Universidad Politécnica de Valencia, de Valencia, España; y a CETYS Universidad, de Baja California, México.

8. REFERENCIAS

- AlFarsi, G., Tawafak, R. M., ElDow, A., Malik, S. I., Jabbar, J., & Al Sideiri, A. (2021). Smart classroom technology in artificial intelligence: A review. *Proceedings of the International Conference on Culture Heritage Education Sustainable Tourism and Innovation Technologies (CESIT 2020)*, 229-235. DOI: 10.5220/0010306502290235
- Alonso-Gonzalez, A., Peris-Ortiz, M. & Cao-Alvira, J. J. (2018). Personal Branding as a Knowledge Management Tool to Enhance Innovation and Sustainable Development in Organizations. En Peris-Ortiz, M., Ferreira, J. J. & Merigo-Lindahl, J. M. (Eds.) *Knowledge, Innovation and Sustainable Development in Organizations: A Dynamic Capabilities Perspective* (pp. 113-129). Springer International Publishing. ISBN: 978-3-319-74881-8
- Alonso-Gonzalez, A., Peris-Ortiz, M. & Palacios-Chacon, L. A. (2018). Corporate Universities as a New Paradigm and Source of Social Innovation, Sustainability, Technology and Education in the XXI Century. En Peris-Ortiz, M., Gomez, J. A. & Marquez, P. (Eds.) *Strategies and Best Practices in Social Innovation: An Institutional Perspective* (pp. 153-169). Springer International Publishing. ISBN: 978-3-319-89857-5
- Bonner, E., Lege, R., & Frazier, E. (2023). Large Language Model-Based Artificial Intelligence in the Language Classroom: Practical Ideas for Teaching. *Teaching English with Technology*, 23(1), 23-41. <https://doi.org/10.56297/BKAMI691/WIEO1749>
- Borbajo, M. N. M., Malbas, M. H., & Dacanay, L. R. (2023). Reforming Education: The Global Impact of Integrating Artificial Intelligence in the Classroom Environment. *American Journal of Language Literacy and Learning in STEM Education*, 01(05), [número de páginas]. ISSN (E): 2993-2769.
- Chaparro-Guevara, R. A., Ospina-Estupiñán, H. R. & Alonso-Gonzalez, A. (2019). Personal Branding como elemento diferenciador, en la figura de los docentes de Instituciones de Educación Superior en Latinoamérica. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 15(29)

- Cordón, O. (2023). Inteligencia Artificial en Educación Superior: Oportunidades y Riesgos. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, (15), 16-27. <https://doi.org/10.6018/riite.591581>
- Cortes-Arevalo, C., Sanchez-Saenz, S. & Alonso-Gonzalez, A. (2016). La marca personal como elemento decisorio de un buen maestro. *Revista Libre Empresa*, 13(2):73-83
- Das, P., & Roy, N. R. (2021). Artificial Intelligence: A Way Towards Effective Activity Based Classroom. *Palarch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, 18(4), 7111-7117. ISSN 1567-214x.
- Duan, L., Cui, W., & Li, J. (2023). Research on the Impact and Countermeasures of Artificial Intelligence Empowering Smart Classroom. *Frontiers in Educational Research*, 6(8), 55-61. <https://doi.org/10.25236/FER.2023.060807>
- Etiubon, R. U., & Etiubon, A. (2023). Replacement of Humans in the Classroom by Artificial Intelligence: A Rhetoric. *Asian Journal of Educational Technology*, 2(1), 12-21. <https://doi.org/10.53402/ajet.v2i1.185>
- Ferman, B., Lima, L., & Riva, F. (2020). *Experimental Evidence on Artificial Intelligence in the Classroom*. Munich Personal RePEc Archive.
- Huang, A. Y. Q., Lu, O. H. T., & Yang, S. J. H. (2023). Effects of Artificial Intelligence-Enabled Personalized Recommendations on Learners' Learning Engagement, Motivation, and Outcomes in a Flipped Classroom. *Computers & Education*, 194, 104684. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104684>
- Jofre, C. M. (2023). ChatGPT, Inteligencia Artificial y Universidad: Nuevas tensiones, transformaciones y desafíos en la educación superior. *Campo Universitario*, 4(7), 1-12. ISSN: 2718-6121.
- Li, L., Chen, C. P., Wang, L., Liang, K., & Bao, W. (2023). Exploring Artificial Intelligence in Smart Education: Real-Time Classroom Behavior Analysis with Embedded Devices. *Sustainability*, 15(7940), 1-24. <https://doi.org/10.3390/su15107940>
- Manrique Chávez, Z. R., Sakibaru, L. A., Rosseau Flores Espinoza, M. A., Morote Mescua, J. A., Rodríguez Viena, C., & Vizcarra Flores, H. H. (2023). *El futuro de la educación: cómo la inteligencia artificial transformará el aula*. Lima: Editorial Mar Caribe.
- Mauri-Castello, J., Alonso-Gonzalez, A. & Peris-Ortiz, M. (2018). Applied Innovation Methodology: A Proposal for a Dynamic Sustainable Environment for the Generation of Innovation and Knowledge Management Practices in SMEs. En Peris-Ortiz, M., Ferreira, J. J. & Merigo-Lindahl, J. M. (Eds.) *Knowledge, Innovation and Sustainable Development in Organizations: A Dynamic Capabilities Perspective* (pp. 61-76). Springer International Publishing. ISBN: 978-3-319-74881-8

- Messeri, L. (2023). Teaching with ChatGPT: Critiquing Generative Artificial Intelligence from the Classroom. *Anthropology Now*, 15(1), 84-92. <https://doi.org/10.1080/19428200.2023.2230098>
- Millán M., J. A., Ramírez Hoyos, D. M., Vallejo Zapata, V. J., Molina Mejia, J. M., & Agudelo Ochoa, A. M. (2023). ¿Qué *#?@ hacemos con el ChatGPT en la academia?: Primer conversatorio sobre inteligencia artificial en la Universidad de Antioquia. *Folios Revista De La Facultad De Comunicaciones Y Filología*, (49), 20-35.
- Montuori, L., Alcázar-Ortega, M., Bastida-Molina, P., Vargas-Salgado, C. (2020). Application of Artificial Intelligence to High Education: Empowerment of Flipped Classroom with Just-in-Time Teaching. *INNODOCT 2020*, Valencia, 11th-13th November 2020. DOI: 10.4995/INN2020.2020.11896
- Moura, A., & Carvalho, A. A. A. (2024). Teachers' perceptions of the use of artificial intelligence in the classroom. International Conference on Lifelong Education and Leadership for All (ICLEL 2023), *Atlantis Highlights in Social Sciences, Education, and Humanities*, 17, 141-150. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-380-1_13
- Pacheco, I. F. (2023). Inteligencia Artificial y la Esencia de la Universidad. *Revista de Educación Superior en América Latina*.
- Prendes-Espinosa, M. P. (2023). La revolución de la Inteligencia Artificial en tiempos de negacionismo tecnológico. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, (15), 1-15. <https://doi.org/10.6018/riite.594461>
- Rama, C. (2023). Disrupción digital, universidad 4.0 e inteligencia artificial. *Cuadernos de Universidades* (Núm. XXIV). Unión de Universidades de América Latina y el Caribe.
- Schiff, D. (2021). Out of the laboratory and into the classroom: the future of artificial intelligence in education. *AI & Society*, 36(2), 331-348. <https://doi.org/10.1007/s00146-020-01033-8>
- Sea, C. S., Leong, S. W. K., Low, Z. X., Chong, J. K., & Ooi, P. C. (2022). Artificial Intelligence in Classroom: Integrating Technologies to Aid Conventional Lecture. *Journal of Engineering Science*, 18(1), 17-45.
- Sethi, R., & Opoku, D. O. (2022). The Application of Artificial Intelligence in Classroom Teaching. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Tedre, M., Toivonen, T., Kahila, J., Vartiainen, H., Valtonen, T., Jormanainen, I., & Pears, A. (2021). Teaching Machine Learning in K–12 Classroom: Pedagogical and Technological Trajectories for Artificial Intelligence Education. *Journal of Physics: Conference Series*, 80101, Joensuu, Finland: School of Computing, University of Eastern Finland. Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2021.3097962

- Ubal, M., Tambasco, P., Martínez, S., & García, M. (2023). El impacto de la Inteligencia Artificial en la educación. Riesgos y potencialidades de la IA en el aula. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, (15), 41-57. <https://doi.org/10.6018/riite.584501>
- Velasquez-Arana, J. E., Carvajal-Vasquez, M.C. & Alonso-Gonzalez, A. (2017). Implicaciones del uso del personal branding en el profesorado de educación superior. *Revista Libre Empresa*, 14(2): 131-148. ISSN: 1657-2815
- Vera, F. (2023). Integrating Artificial Intelligence (AI) in the EFL Classroom: Benefits and Challenges. *Revista Electrónica Transformar*, 4(2), [número de página]. ISSN 2735-6302.
- Walter, Y. (2024). Embracing the future of Artificial Intelligence in the classroom: The relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(15). <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00448-3>
- Wang, D., Tao, Y., & Chen, G. (2024). Artificial intelligence in classroom discourse: A systematic review of the past decade. *International Journal of Educational Research*, 123, 102275. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2023.102275>
- Wu, Y. (2023). Research on Classroom Teaching Innovation Promoted by Artificial Intelligence from the Perspective of High-Quality Development. *Journal of Artificial Intelligence Practice*, 6(7). Clausius Scientific Press, Canadá. DOI: 10.23977/jaip.2023.060709
- Xing, H. (2021). Challenges and Countermeasures of Artificial Intelligence in Classroom Teaching. *Frontiers in Educational Research*, 4(1), 59-64. DOI: 10.25236/FER.2021.040113

EXPERIENCIA DEL CLIENTE EN EL SECTOR RETAIL DE PAÍSES LATINOAMERICANOS

GERMAN ZAMBRANO VERDESOTO

Universidad Bolivariana del Ecuador

Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología

Universidad de Valencia

TERESA FAYOS GARDÓ

Universidad de Valencia

HAYDEÉ CALDERÓN GARCÍA

Universidad de Valencia

1. INTRODUCCIÓN

A raíz de la crisis de la Covid-19, no solo se ha experimentado una amplia crisis económica, sino también un cambio significativo en los hábitos tradicionales de compra. En esta era de innovación constante, las empresas deben ofrecer experiencias de compra que se adapten a la transformación de la demanda del consumidor, un requisito indispensable para mantenerse en el mercado (Foundeur, 2021).

Los continuos avances tecnológicos, especialmente el aumento en el uso de smartphones, tabletas y otros dispositivos móviles, han impulsado este cambio. Basante (2020) la pandemia, al limitar la movilidad de las personas y cerrar muchos comercios minoristas por razones de seguridad, ha transformado las formas de consumo. Este cambio ha dado lugar a la creación de un entorno omnicanal en Internet, donde los consumidores se desplazan por diversos canales integrados.

La evolución tecnológica, catalizada por la pandemia, ha llevado a un interés creciente de las empresas en la implementación de estrategias omnicanal para mantener su competitividad. Este enfoque no solo se ha convertido en una respuesta necesaria a las circunstancias actuales, sino también en una oportunidad para adaptarse a las nuevas dinámicas del

mercado y satisfacer las expectativas cambiantes de los consumidores. En este contexto, la conexión fluida entre los canales en línea y fuera de línea se presenta como un elemento clave para el éxito empresarial (Karoui, & Khemakhem, 2019)

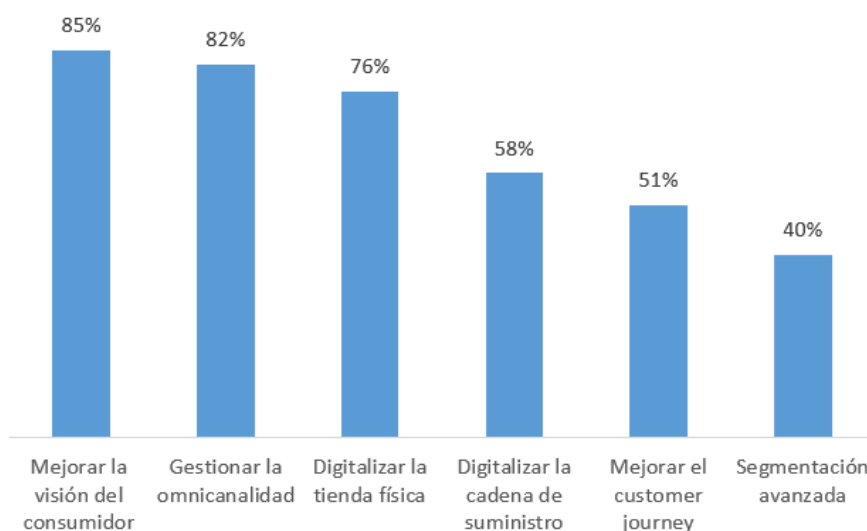
Y es que, también el consumidor se ha hecho más exigente, pues requiere de servicios personalizados, de tal forma que, para que los consumidores se adapten, la experiencia del cliente debe ser cada vez con mayor personalización. Adicionalmente, se toma en consideración la importancia de la interacción, pues esta conforma un aspecto clave para el consumidor, he ahí que requiere la opinión concreta, para adentrarse en la marca y que logre una experiencia única, innovadora y memorable (Deneux, 2020). Así también, en el transcurso del tiempo, el consumidor también se ha vuelto impaciente, ya que requiere un producto de forma más ágil y que no tenga que esperar mientras tiene un servicio con adaptación, he ahí que justamente estas características se han intensificado a partir de la crisis de la Covid-19 y con ella también las expectativas del cliente ha evolucionado ante la actual información globalizada.

Por otra parte, en el informe realizado por (Esade Creapolis, 2021) que habla sobre los retos del retail en el 2021, se mencionan las oportunidades para ejecutar una nueva visión sobre el sector, con el fin de buscar las tendencias del futuro en el contexto del retail, de tal forma que es una guía para los colaboradores industriales, sobre todo ahora cuando el mundo actual y sobre todo los países en desarrollo atraviesan un momento en estudio realizado por Esade Creapolis (2021), realizó una investigación a 1.500 empresas del sector retail, fue así que se hicieron 20 entrevistas a actores de este sector, de las que el 42% fueron empresas minoristas, el 38% distribuidores, 18% fabricantes y 2% mayoristas, con los resultados se logró entender que, los principales retos a los que estas empresas se enfrentan, tanto a nivel nacional como internacional, presenta una visión 360° de clientes, donde se refleja un amplio acuerdo. Además, hay dos retos que se asocian con clientes entre los que se encuentra la necesidad de definir herramientas específicas para el logro de una segmentación avanzada de los clientes a partir de la optimización del customer journey. Y por supuesto esto a su vez permite una mejor experiencia del cliente. En cuanto a los canales a usar

para el retail el 82% de empresas coincidieron con que la digitalización de una tienda física es un reto para los retailers. También, se verificó la importancia crucial que dan los fabricantes a la transición del B2B (Business to Business), B2C (Business to Consumer), de ello se verifica la trazabilidad de las cadenas productivas y de logísticas, así como se verifica una segmentación más amplia de clientes (Cancino et al., 2020)

Es así como, en el gráfico I se observan los principales retos de los retailers:

GRÁFICO I. Principales retos-retailers



Fuente: (Esade Creapolis, 2021)

Como se observa en el gráfico I, los retos principales que tienen los retailers son la mejora de la visión del consumidor (85%), la gestión de la omnicanalidad (82%), la digitalización de la tienda física (76%), siendo estos los tres retos más importantes a los que se enfrenta el retailer a diario.

Por todo lo dicho anteriormente, es indispensable que se analice la información bibliográfica existente que hable sobre los factores que influyen en la experiencia del cliente en el sector Retail de países Latinoamericanos, teniendo claro que, el producto/servicio personalizado

se ha constituido en un punto clave de la experiencia positiva del cliente, y es justamente donde las empresas de retail tienen su necesidad de mejora continua, teniendo clara la urgencia por mantener la fidelización del cliente, para continuar con las actividades cotidianas de la empresa (Karoui & Khemakhem, 2019).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- Realizar una revisión bibliográfica que especifique los factores que influyen en la experiencia del cliente en el sector Retail de países Latinoamericanos.
- Recopilar fuentes de consulta confiables de revistas indexadas y científicas que hablen sobre la temática en cuestión
- Interpretar los resultados emitidos por los hallazgos de la revisión bibliográfica

3. METODOLOGÍA

La búsqueda bibliográfica se realizó en Google Académico y en portales como Scielo, Researchgate y Scopus sobre el tema de los factores de influencia en la experiencia del cliente en el sector Retail en países Latinoamericanos, se utilizaron palabras y términos relacionados con el tema planteado para utilizar en la búsqueda de artículos, estudios o resúmenes sobre: retail, detallistas, minoristas, factores, clientes.

Para los criterios de selección se utilizaron ancladores de criterio: AND, OR, NOT, se tomaron en cuenta solo aquellos artículos científicos desde el año 2019 en adelante, para dar información actualizada se consideró artículos realizados en países de Latinoamérica y del contexto mundial con relevancia en la experiencia al cliente.

Las bases de datos de acceso libre que se consultaron fue Scielo, Researchgate, Colaboración Cochrane y Scopus, que ofrecen recursos de información de diversidad de temáticas tanto para profesionales como

para el público en general, los materiales antes de ser incluidos deben cumplir con ciertos criterios estrictos de selección,

El Método para sistematización de la información se fundamentó en cuatro fases específicas para la revisión bibliográfica sistematizada que consiste en la búsqueda que es donde se recopila la información y datos de fuentes bibliográficas confiables especialmente de revistas científicas que han sido indexadas a distintos repositorios de las cuales se obtendrá información sobre la temática.

La segunda etapa es la evaluación en se analiza para verificar que fuentes bibliográficas sean confiables en su totalidad, por medio de la evaluación de confiabilidad, al ingresar su nombre directamente en los repositorios mencionados, para lo cual se tendrá que contrastar entre varias fuentes encontradas los datos que se encuentran sobre la temática y comprobar si son similares los datos hallados.

La tercera etapa es el análisis consiste en desagregar los datos de manera que sea posible conocer sus características y cualidades o su estado actual y con ello extraer conclusiones que se evalúan por separado, como son los factores que inciden en el cliente en empresas de retail.

La cuarta etapa es la Síntesis consistió en organizar o relacionar aquellos resultados o diferentes elementos existentes que hayan sido obtenidos de la revisión bibliográfica, de tal forma que en lo posterior sean agrupados para obtener resultados favorables que aporten a la investigación.

3.1. MARKETING EXPERIENCIAL

En la actualidad, se destaca la importancia del marketing en la creación de una experiencia de consumo que potencie el valor del producto, generando así una satisfacción emocional adicional para el consumidor (Arbaiza & Rodríguez, 2016). Esta orientación ha dado lugar a una nueva generación de consumidores más informados y empoderados, cuyas preferencias y percepciones han sido moldeadas tanto por las estrategias de marketing como por los beneficios diferenciales y funcionales

La experiencia del consumidor se ha transformado en un sistema comercial donde los aspectos de contacto son independientes y personalizados,

y donde la conexión directa con el consumidor se valora más que las simples promesas. En este contexto, el marketing experiencial surge como la herramienta clave para satisfacer las demandas variadas de los consumidores y establecer un diálogo efectivo con la marca, centrándose en sus intereses particulares (Xueting & Jaejin, 2023).

Este enfoque no solo se limita a la transacción comercial, sino que busca construir una relación significativa y duradera entre la marca y el consumidor. Al poner énfasis en la conexión emocional y las experiencias personalizadas, el marketing experiencial se posiciona como una estrategia esencial para destacar en un mercado cada vez más competitivo y orientado hacia las expectativas y deseos del consumidor actual (González, 2019).

3.2 EL SECTOR RETAIL Y EL E-COMMERCE

Es necesario considerar que, la industria del retail se compone por diversos tipos de empresas, y a su vez se segmenta en: textiles, artículos de gran durabilidad, comestibles, tiendas especializadas, combustible, productos en general, siendo que, los pedidos se lo hacen por correo, teléfono o por las empresas minoristas en línea. Y es que cada segmento oferta la oportunidad para lograr la venta online, sin embargo, la utilización del internet podría ser diferente para cada segmento (Basante, 2020).

Es así como, hay establecimientos por ejemplo alimenticios y de bebidas que usan el sitio web para dar más información acerca de su ubicación física y menús, y otros ofertan la entrega de los productos por medio de los pedidos en la web. Así también, hay que considerar la revolución de la digitalización en los últimos tiempos, lo que gestiona amplios avances en el sector en la mayor parte de segmentos, lo que a su vez produce un entorno innovador para las empresas de acuerdo a que estas venden productos por medio de gran cantidad de canales e integran las tiendas físicas en los sitios web y plataformas de uso móvil, incluso hay la posibilidad de utilizar el internet, al apoyarse en el fomento del desarrollo de comerciantes que participan en línea (Tjistske & Sigrid, 2020).

Es de esta forma como el retail, está en continua innovación y modifica los negocios, así como se gestiona una acción global, al consolidarse una economía digital, pero, dicho cambio digital en cuanto al sector retail se da por la transformación en el comportamiento del consumidor y según el momento de ejecutar el proceso de compra (Tjitske & Sigrid, 2020). Por ello se conoce que, los usuarios necesitan ejecutar su proceso de compra por diversos canales, para lo cual estos deben estar totalmente integrados a las tecnologías y plataformas online en los hábitos de compra lo que a su vez es una gran posibilidad para los retailers (Bilbao, 2020). Ya que las nuevas tecnologías van innovándose de forma continua, y en ellas se usa los smarthphones y tabletas, que se han vuelto herramientas bastante indispensables en los medios de marketing y en la publicidad, he ahí que estas permiten la dirección a los consumidores directamente hacia los sitios web para la adquisición de productos y servicios. Según García et al. (2022) las plataformas digitales utilizadas por el sector de retail, considera que, los establecimientos virtuales han de cumplir con las funciones específicas de una tienda física donde se incluyen los siguientes aspectos:

- Información y venta
- Acceso a los pedidos
- Cobros
- Entrega de productos
- Prestación de un servicio de postventa

Dichas funciones se han de verificar en los servicios prestados por establecimientos de tipo virtual, y es así como, los minoristas han de ejecutar estrategias de acción a largo plazo para ser parte del incremento de la competencia, además de las transformaciones en los requerimientos del cliente (Deneux, 2020). Dichas transformaciones en el contexto de dicho sector concreto que involucran un aspecto de la aparición de otros competidores, formatos, tecnología y la misma globalización. Es así como, la estrategia es usual en los retailers, y la estrategia de los minoristas donde se verifica una declaratoria que identifica al mercado objetivo de las PYMES, el formato de las bases ante las que estas empresas construyen la ventaja competitiva sostenible.

3.3. EL CONSUMIDOR DEL SIGLO XXI

Es necesario definir al consumidor desde varios puntos de vista, pues un concepto puede darse de acuerdo al mercado y otro según la norma jurídica; así en términos económicos un consumidor o también conocido como comprador es “una persona u organización que demanda bienes y servicios a cambio de dinero proporcionados por el productor o proveedor” (Bilbao, 2020, p. 19); es decir que, toda persona que ejecuta una transacción de compra y venta de bienes y servicios, se lo denomina un consumidor. Para definir al consumidor es necesario segmentarlo en variables específicas para entenderlo con más detalle, pues se lo puede percibir dentro del comportamiento de compra, por sus relaciones con el medio y por el perfil sociodemográfico, en esta situación se analizan seis tipos de compradores “comprador on-off line, comparativo, tradicional, dual, e-rezagado, navegante” (Bermeo et al., 2021). Las características específicas del consumidor on-off es que “utilizan internet como canal de información y realizan compra por otra vía” (Esade Creapolis, 2021); mientras que el consumidor o comprador que le gusta comparar es aquel que se fundamenta en la comparación de precios, características y maneras específicas de selección de un producto; mientras que aquel consumidor tradicional es aquel que adquiere sus productos en establecimientos convencionales, como tiendas, supermercados, centros comerciales, y otros lugares de adquisición de bienes y servicios convencionales.

El consumidor dual en cambio es aquel que utiliza el internet como canal informativo; a su vez los consumidores e-rezagados son aquellos que jamás utilizan el internet como medio para informarse sobre un producto y sus características, mientras que el comprador navegante por su parte es aquel que incluye altas experiencias en compras por internet. En cuanto a su perfil sociodemográfico, los compradores o consumidores on-off son por lo general personas de 20 a 24 años de ambos géneros y solteros, los compradores que comparan son solteros entre 25 a 29 años por lo general de género masculino, en cuanto al comprador tradicional son personas de más de 40 años, hombres; el comprador dual es por lo general soltero de 20 a 24 años, de género masculino; el e-rezagado se incluye en edades mayores a 35 años, y especialmente

son mujeres; mientras que el comprador navegante, por lo general es casado, y tiene más de 30 años de edad (Espinell et al., 2019).

3.4. CAMBIOS EN LOS ÚLTIMOS TIEMPOS EN EL SECTOR DEL RETAIL

Se considera que, la globalización ha hecho posible que el comercio y la producción vayan más allá de un local físico, y es así como, en los centros comerciales se pueden encontrar productos con distintos orígenes (Kaorui & Khemakhem, 2019). Es así como, se ha posibilitado que algunos productos tengan ventajas sobre otros por el origen de la fabricación, esto es en cuanto a aspectos de ‘efecto país de origen’- Y es que esta terminología ha tenido una influencia ya sea positiva o negativa que el país de producción puede disponer de procesos de decisión de compra del consumidor o comportamiento adherido a este (González & Trelles, 2021).

Ya se ha dicho que, el consumidor padece de transformaciones continuas, fruto de los aspectos del entorno que influyen en su comportamiento de compra, he ahí que, cuando inició el año 2020, se dio paso a la gran crisis sanitaria, en la que se afectaron diversas áreas de tipo económica de mercados principalmente en países en vías de desarrollo (Álvarez & Harris, 2020). Es así que, naciones como el Ecuador, han sido afectadas por una reducción en la productividad en los diferentes sectores laborales que influyen de forma directa tanto en el tipo como en el nivel de compra y de consumo de sus habitantes, es así que, esto genera un precedente enfocado en el desarrollo de nuevas actividades que permiten verificar las disposiciones que ayudan a contrastar el esparcimiento del virus de Covid-19 (Guerrero, 2020).

He ahí que, el cambio de un individuo según Espinell et al. (2019) en su proceso de compra se ve influido por distintos aspectos que van a intervenir en el proceso de la compra según el entorno que le rodea y el contexto donde se encuentra. Es así que, en la actualidad es indispensable el análisis de aspectos característicos de cada uno de los consumidores, así como su capacidad de exigir y ejecutar una compra, y según ello, es posible remontarse al estudio del comportamiento en el momento en el cual, se verifican otros aspectos como la economía, la cultura, así como la sociedad en sí que van en constante cambio, y esto a

su vez motiva a cambiar la manera de pensar de cada persona, y esto por supuesto, también afecta al proceso económico y experiencial en el cliente del retail.

4. RESULTADOS

Cabe destacar que, el mercado de retail a nivel mundial y mucho más en países de América Latina ha tenido cambios continuos debido a la reducción de la participación que había del canal tradicional de forma progresiva, además de los territorios amplios a nivel nacional al e internacional que incrementa el área de comercio y el número de tiendas existentes, he ahí que, por ejemplo se observan pequeños negocios que forman parte del mercado tradicional, pero así también hay las grandes economías de escala con la instauración de marcas que inmediatamente se posicionan en el mercado porque son cadenas de descuento (Vanegas & Zapata, 2018). Y es así que, a ello se suman los grupos de inversión grande como las corporaciones que incrementan la participación en el mercado con mayor ímpetu cada vez (Prada & Acosta, 2017).

Es así como, se visualiza a continuación en la Tabla 1, las principales bibliografías que hablan sobre la evolución de las características actuales de las empresas de retail, como las que se mencionan a continuación.

Tal como se observa en la Tabla 1, en cuanto a las características principales de las empresas de retail que en la actualidad se encuentran en diversos países de América Latina, fue posible percibir según Cancino et. al (2020) que, en Colombia, el mercado de retail ha reducido la participación en canales tradicionales y así se ha intensifica los formatos de tiendas de descuento duro (TTD), donde las características socioculturales, y su relación con horarios de atención, y de frecuencia de consumo en las compras denota un mercado de retail bien definido pero cambiante, que hoy se inclina al mercado online y de tiendas de descuento duro.

TABLA 6. Características principales de las empresas de retail actualmente en países de América Latina

| Autor-año | País | Características del mercado de retail | Características por región |
|-------------------------|----------|---|--|
| (Cancino et al., 2020) | Colombia | Reducción de la participación en canales tradicionales de venta, formatos de tiendas de descuento duro (TTD). | Mercado variable, asociación entre grandes superficies con día y horario para compras. |
| (Tello et al., 2020) | Perú | Cambio de canales de comercialización a online debido al COVID-19. | Implementación de comercio electrónico en empresas peruanas, especialmente en Lima, aumentando la dependencia de herramientas digitales. |
| (Calvillo, 2020) | México | Sector retail enfrenta grandes desafíos económicos. | Según las cifras de la Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales (AN-TAD), se identificó que las ventas en la tienda física se redujeron en abril del 2020 en el 24.5% en comparación a abril del 2019, de igual forma la venta de autos cayeron en un 60.1% en abril del 2020 en comparación a marzo de ese año. |
| (Jara et al., 2022) | Perú | Relación entre neuromarketing y posicionamiento de marca en el sector retail. | Necesidad de investigaciones sobre el uso de neuromarketing en estrategias de posicionamiento en empresas de retail. |
| (Valarezo et al., 2020) | Ecuador | Influencia de redes sociales en competitividad empresarial en el segmento de retail. | Implementación de nuevos canales de venta y relaciones públicas para lograr comunicación bidireccional con consumidores. |

Así también autores como Tello et al. (2020) describen el mercado de retail en Perú, donde se describió la asociación entre la venida del Covid-19 y la ejecución de ventas, que cambian los canales de comercialización al pasarlos de tradicionales a online, donde los compradores se han inclinado al uso de herramientas digitales. Lo antes dicho, también se asemeja a lo dicho por Valarezo et al. (2020) pues en el mercado de retail en Ecuador, también se ha masificado el uso de redes sociales en cuanto a la competitividad empresarial, definiendo al retail como el último eslabón de la cadena de comercialización, con la idea de otorgar a los consumidores la facilidad de acceso a los productos según sus gustos y preferencias.

De igual forma en países como México el sector retail una vez iniciado el Covid-19 tuvo diversos desafíos sobre todo de tipo económico y

social con similares condiciones a los mercados de Colombia y Perú antes mencionados donde se han reducido las ventas en tiendas físicas y se intensificaron las ventas online. A lo cual Jara et al. (2022) indican que existen nuevas estrategias de fidelización en cuanto a la mejora de la experiencia del cliente como es el uso del neuromarketing para entender los gustos y preferencias más profundas del consumidor

A continuación, en la Tabla 2 se verifica la experiencia del consumidor en las empresas de retail, teniendo claro que esta experiencia ha ido cambiando con el tiempo y en relación a la idea del consumidor por tener mayor información de la empresa y el producto, así como recibir garantía por lo que compra, teniendo claros también aspectos de calidad-precio, que son determinantes, sobre todo en un entorno actual post pandemia, donde las cosas no volverán a ser las mismas que años atrás puesto que, hoy por hoy, se ha intensificado en su máxima expresión el mercado online del retail, a donde las empresas deben encaminar sus estrategias para mantenerse y posicionarse en el mercado.

TABLA 7. *Experiencia del consumidor en la actualidad.*

| Autor-año | Eventos específicos | Experiencia del consumidor |
|-----------------------|---|--|
| (Bermeo et al., 2021) | Transformaciones del consumidor durante la pandemia | Consumidor actúa por aspectos racionales y emocionales, influencia de herramientas digitales en decisiones de compra. |
| (Basante, 2020) | Evolución del comercio electrónico post-COVID-19 | Cambios en experiencia y consumo del cliente, inclusión de nuevos canales digitales en Falabella Retail. |
| (Paredes, 2021) | Cambios en los canales de retail post-COVID-19 | Cambio en estrategias de retailers, participación creciente de canales emergentes, análisis de motivación de compra de compradores multicanal. |
| (Gamboa, 2021) | Impacto de la pandemia en las tendencias del retail | Aceleración de tendencias tecnológicas, cambios en patrones de consumo a nivel mundial. |
| (Terán et al., 2021) | Calidad del servicio al cliente post-COVID-19 | Innovación y calidad de servicio al cliente en contexto post-COVID-19. |
| (Cubo et al., 2022) | Impacto del personal de contacto en e-commerce | Influencia de canales de atención en experiencia del cliente, énfasis en omnicanalidad. |
| (Rodríguez, 2020) | Uso de Inteligencia Artificial en retail y e-commerce | Mejora en experiencia del cliente mediante análisis del comportamiento, compra óptima en tiendas y online. |

En torno a la experiencia del consumidor actualmente, se verifican aspectos como los dichos por Bermeo et. al (2021) quienes ratifican que el consumidor se ha transformado totalmente, en base a que los aspectos del entorno actual influyen de manera directa en su comportamiento, además se indica igualmente un antes y después de la venida del Covid-19, pues se sabe que hoy el consumidor no solo actúa de forma racional por aspectos tradicionales como precio, ventajas o posibles desventajas del producto, sino que se verifican aspectos emocionales como los impulsos que van a ser parte de la decisión de compra. A lo cual Basante (2020) ratifica la idea de que el comercio electrónico ha ido evolucionando de manera amplia para enfrentar la competencia desde el 2020, ejemplo de ello fue Falabela Retail que fue una de las empresas que se tuvo que reinventar totalmente con canales digitales para ofertar nuevas experiencias al cliente. A lo cual Paredes (2021) ratifica que desde la crisis sanitaria los compradores se han vuelto multicanal. Por lo que Terán et al. (2021) recae en la importancia de reemplazo de las viejas formas de comercialización para acoplarse a las nuevas necesidades de experiencia de los clientes.

5. DISCUSIÓN

En cuanto a los factores que influyen en la nueva experiencia del cliente, se verifican aspectos como los dichos por Basantes (2020) que relata sobre los aspectos tales como: tiempo de entrega, precio, marca, promoción, devolución, pro todo ello se da en función a las consecuencias de la crisis sanitaria tales como cambios en estilos de vida de las personas, en donde las viviendas se convirtieron en sitios en donde se ejecutaba toda actividad, además se dio paso a tomar importancia a actividades que antes no eran tan relevantes como cocina, deportes en casa, cursos online, lo que ayudó a entender que la economía se trasladó directamente al hogar.

También entre los aspectos que indica Bilbao et. al (2020) se verifican aspectos como: medios de comunicación, frecuencia de compra, categorías y el origen de los productos y servicios, así como las actividades en el hogar que cobran importancia, lo cual coincide con lo dicho por

Basantes (2020), y a esto se añaden los canales de comunicación digital como alternativa de contacto con familia, amistades, y por supuesto con la idea de la conectividad en tiempo real. A lo anterior Vasilica y Santander (2021) hablan sobre otros factores como la percepción del riesgo, las motivaciones del consumidor acerca de calidad percibida del producto, norma social, actitud a la compra online. Y finalmente Gozzer et al., (2018) hablan sobre factores de experiencia del consumidor como: especialización técnica en atención al cliente, información a detalle sobre productos/servicios, atención personalizada, pero de forma oportuna y confiable, haciendo énfasis en que el cliente no quiere que le vendan productos que no desea, en definitiva, el consumidor es más especializado como resultado del e-commerce.

6. CONCLUSIONES

Es de considerar que, la experiencia del consumidor va cambiando continuamente, pero mucho más se vio influenciada esta transformación con la venida del Covid-19, siendo que se transformó el mercado y el consumidor totalmente, pasando del uso de medios tradicionales en cuanto a consumos en tiendas físicas y el cambio hacia tiendas virtuales, donde el e-commerce se potencializó como nunca lo había hecho.

Es así que, el mercado de retail abordó temáticas como la urgencia por llegar al cliente ya no solo a su consciente sino a su inconsciente, pero además hay que entender que, con la venida del Covid-19 el mercado de México y casi la mayor parte de países de América Latina decidió inclinarse a la compra estricta de productos de primera necesidad (alimentos, bebidas, medicinas), dejando de lado productos no esenciales, como automóviles y demás, he ahí la urgencia porque estas empresas de retail ofrezcan una nueva forma de experiencia al consumidor a partir de la inclusión de multicanales online, que oferten lo que realmente el cliente requiere y necesita, sin olvidar aspecto como calidad-precio, calidad-servicio, garantía, confiabilidad, mayor información de la empresa y del catálogo de productos al cliente según su necesidad.

7. REFERENCIAS

- Arbaiza Rodríguez, F., & Rodríguez Alayo, L. (2019). La experiencia de consumo en Piura: Análisis de los recursos de Marketing Experiencial en las tiendas de retail moderno de ropa y calzado. *Revista De Comunicación, 15*(1), 128–165.
<https://revistadecomunicacion.com/article/view/1245>
- Álvarez, R., & Harris, P. (2020). COVID-19 en América Latina: Retos y Oportunidades. *Revista chilena de pediatría, 91*(2), 179-182.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062020000200179
- Basante, O. (2020). Análisis de las estrategia e-commerce de Falabella Retail en el marco de la pandemia sanitaria COVID-19 y cambios de consumo en Colombia. [Tesis de pregrado, Universidad ICESI] Biblioteca Digital - Universidad icesi.
https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/87478/1/TG03052.pdf
- Bermeo, N., Ortega, D., & Villavicencio, M. (2021). Comportamiento de compra del consumidor retail frente al uso de herramientas digitales en pandemia. *Digital Publisher CEIT, 6*(6), 212-221
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8149608>
- Bilbao, A. (2020). *La Nueva Era de la Distribución en el Sector Retail ¿Adaptarse o morir?* [Tesis de posgrado, Universidad Pontificia Comillas] Repositorio Comillas.
<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/41379>
- Cancino, Y., Cristancho, G., Palacios, J., Carrillo, J., Castro, M. d., & Páez, J. (2020). *Comparación del comportamiento del consumidor en tiendas de descuento duro y grandes superficies.* 41 (5) 9-25.
<https://www.revistaespacios.com/a20v41n07/20410709.html#>
- Cubo Pons, S., Bernadich Marquez, M., & Sarda, X. (2022). Impacto del personal de contacto en la experiencia y satisfacción del cliente en el e-commerce. *Uniandes Episteme. Revista De Ciencia, Tecnología E Innovación, 9*(2), 264–292. Recuperado a partir de
<https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/EPISTEME/article/view/2467>
- Calvillo, E. (2020). *Retail, el reto de prevalecer ante la disrupción.* Deloitte.
<https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/consumer-business/articles/retail-el-reto-de-prevalecer-ante-la-disrupcion.html>
- Deneux, M. (2020). *Les embauches d'Amazon explosent ces 5 dernières années.*
<https://www.lsa-conso.fr/infographie-les-embauches-d-amazon-explosent-sur-les-5-dernieres-annees,368223>

- Esade Creapolis. (2021). *Los Retos en Retail 2022 las nuevas perspectivas para el sector*. <https://www.retaildigital.es/wp-content/uploads/2021/12/IOS-RETOS-DEL-RETAIL.pdf>
- Espinel, B., Monterrosa, I., & Espinosa, A. (2019). Factores que influyen en el comportamiento del consumidor de los negocios al detal y supermercados en el Caribe colombiano. *Revista Lasallista de Investigación*, 16(2), 4-27. <https://doi.org/10.22507/rli.v16n2al>
- Fondeur, L. (2021). La redefinición del retail ante los retos planteados por la crisis de la Covid-19 y su impacto en el comportamiento del consumidor. [Tesis de pregrado Universidad Pontificia Comillas COMILLAS]. Repositorio Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/51198/TFG%20-%20Fondeur%2C%20Lise%20.pdf?sequence=2>
- Gamboa, F. (2021). *Consumo y Retail en América del Sur. Tendencias 2021*. KPMG <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/co/sac/pdf/2021/04/kpmg-tendencias-en-retail.pdf>
- García Holguín, C. D., Espinoza García, D. L., & Mero Zambrano, M. F. (2022). Incidencia del marketing digital como herramienta de innovación empresarial en el metaverso.: Incidence of digital marketing as a tool for business innovation in the metaverse. *Journal Business Science - ISSN: 2737-615X*, 3(2), 9–20. <https://doi.org/10.56124/jbs.v3i2.0002>
- González-Cabrera, C., & Trelles-Arteaga, K. (2021). Etnocentrismo del consumidor e intención de compra en países en desarrollo. *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 11 (21), 165-180. <https://doi.org/10.17163/ret.n21.2021.10>
- González, P. (2019). *Marketing Experiencial y aplicación al Retail. Caso IKEA*. [Tesis de pregrado de la Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/40273>
- Guerrero, S. (2020). Coronavirus en Ecuador: Una opinión desde la academia. *La Granja Revista de ciencias de la vida*.32 (2), 127-133. <http://doi.org/10.17163/lgr.n32.2020.10>
- Gozzer, J., Gonzalez D., & Tolsa., J (2018). *El nuevo consumidor latinoamericano: Cuestion de confianza*. LLORENTE 7& CUENCA. https://ideas.llorenteycuenca.com/wp-content/uploads/sites/5/2018/07/170718_DI_ConsumerTrust_LatAm_ESP.pdf
- Jara Cerna, K., Miranda Guerra, M., & Céspedes Ortiz, C. (2022). Relación entre el neuromarketing y el posicionamiento de marca de una empresa del sector Retail. *Universidad Y Sociedad*, 14(1), 554-563. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2587>

- Karoui, S., & Khemakhem, R. (2019) Consumer ethnocentrism in developing countries, *European Research on Management and Business Economics (ERMBE)*, Vol. 25, Iss. 2, pp. 63-71, <https://doi.org/10.1016/j.iedeen.2019.04.002>
- Paredes Sandoval, M. (2021). El estado del sector retail bajo una crisis sanitaria global. *Revista Tecnológica Ciencia Y Educación Edwards Deming*, 5(1). <https://revista-edwardsdeming.com/index.php/es/article/view/74>
- Prada, R., & Acosta, J. (2017). *Calidad del servicio en tiendas de comercio al detal. Un estudio empírico en Colombia*. *Revit Espacios* 38 (34) 6. <https://www.revistaespacios.com/a17v38n34/a17v38n34p06.pdf>
- Rodríguez, C. (2020). La Inteligencia Artificial en el retail. Optimización y mejora de Experiencia de cliente. [Tesis de posgrado, Universidad Pontificia Comilla]. <http://hdl.handle.net/11531/42887>
- Tello Saldaña, J. D., Nizama Imán, M. A., Huamán Yovera, B. de los Ángeles., & Vargas Merino, J. A. (2020). Impacto de los canales de comercialización online en tiempos del COVID-19. *INNOVA Research Journal*, 5(3.1), 15–39. <https://doi.org/10.33890/innova.v5.n3.1.2020.1531>
- Terán Ayay, N. T., Gonzáles Vásquez, J., Ramirez-López, R., & Palomino Alvarado, G. del P. (2021). Calidad de servicio en las organizaciones de Latinoamérica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(1), 1184-1197. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i1.320
- Tjitske Anna., & Sigrid C.O. W. (2020). Retailing local food through supermarkets: Cases from Belgium and the Netherlands, *Journal of Cleaner Production*, 300. 1-10 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126948>
- Valarezo Romero, J. X., Cedeño Rivera, E. D., & Novillo Maldonado, E. F.. (2020). Influencia de las Redes Sociales en la Rentabilidad de las Empresas, caso: Empresas ecuatorianas de Retail. *INNOVA Research Journal*, 5(2), 219–233. <https://doi.org/10.33890/innova.v5.n2.2020.1350>
- Vasilica, M., & Santander, E. (2021). Factores que afectan la intención de compra de los consumidores de moda en el comercio electrónico: un modelo teórico para América Latina. (2021). *REVISTA DE INVESTIGACIÓN SIGMA*, 9(01), 84-96. <https://doi.org/10.24133/sigma.v9i01.2628>
- Xueting, P, & Jaejin, H, (2023). Demonstrating the influencing factors and outcomes of customer experience in omnichannel retail. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 77. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103622>

DIGITAL TWIN (DT) TECHNOLOGY FOR ARCHITECTURE, ENGINEERING AND CONSTRUCTION: A CRITICAL LITERATURE REVIEW

JUAN CAMILO LEGA BARCO

Universitat Politècnica de Valencia (UPV)

FERNANDO CASTELLÓ-SIRVENT

Universitat Politècnica de Valencia (UPV)

1. INTRODUCTION

1.1. A LOW PRODUCTIVITY INDUSTRY

Construction is referred to as the production process of the built environment and it consists of various activities from conception through design to execution. (Ive & Gruneberg, 2000). Because of this, it is common to refer to the industry as Architecture, Engineering and Construction AEC. According to the Mckinsey Global Institute, while productivity in manufacturing, retail and agriculture has grown by as much as 1.500 percent, productivity in AEC has barely increased at all (Mckinsey 2017). Meanwhile, Cette et al 2021 conclude that the employment information and communications technology (ICT) specialists and the use of digital technologies, *ceteris paribus*, improves a firm's labor productivity by about 23% and its total factor productivity by about 17%. It follows therefore that the implementation of ICT by construction firms should increase their productivity.

The core of ICT technologies for the AEC industry is a collection of practices that can be conceptualized as Digital Twins (DT) technology. DT has been defined in several different ways by authors in the past. However, the most often used definition, especially in the context of the AEC industry, is the one used by Grieves in his 2014 seminal paper in which he states that DT is composed of three parts, a physical entity,

a virtual entity and finally the data connections that link these together. As such, DT includes Building Information Modelling (BIM) and other modelling techniques used to generate the virtual entity and worksite sensing technologies as well as anything that can be used to link the real-world entity to the virtual through data flow and all computational techniques and technologies that are enabled once the real-world entity is effectively reproduced in the virtual world (Boje *et al.* 2020).

1.2. A HIGH SOCIAL IMPACT INDUSTRY

The AEC industry has been at the center of several societal debates in the last few years. Debate has been especially intense around two issues: 1. the AEC's industry's contribution to global Greenhouse Gas (GHG) emissions and the need to adopt environmentally sustainable practices (Pheng & Hou, 2019), and; 2. The widespread housing deficit that has only become exacerbated since the Covid-19 pandemic because of the myriad shocks that have followed the event (Parrott & Zandi, 2021). These issues are part of a civilizational struggle for sustainable development that is being met through the adoption of the 2030 agenda and sustainable development goals (SDGs) by the United Nations General Assembly (Arora-Jonsson, 2023).

The SDGs place innovation, sustainability and collaboration at the heart of the proposed roadmap for world development. The link between the SDGs and the AEC industry is clearly seen in goals 6, 7, 9, 11,12 and 15 all of which either rely on the AEC industry (in the development of infrastructure and new cities) or are highly affected by the decisions made by the AEC industry (as is the case for energy, water and other resources used in the operations of infrastructure).

1.3. THE PURPOSE BEHIND THIS CRITICAL LITERATURE REVIEW

The aim of this chapter therefore is to provide a critical literature review on the topic of digital twins (DT) as it relates to the AEC industry and to showcase how the further adoption of this technology can be used to solve the problems discussed in this section. It is hoped that creating a consolidated text for researchers and practitioners to access the current state of DT for the AEC industry will contribute to actions that will lead

to the future resolution of these challenges both at the firm and at the societal levels.

2. OBJECTIVES

The principal objective of this chapter is to produce a consolidated vision of the current state of DT in the AEC industry by critically analyzing technical and academic literature related to this technology. This study seeks a deep understanding of the evolving nature of DT technology adoption in the industry. In this vein, the review sets out to identify the principal developments, tendencies, challenges and opportunities that have emerged during the past half-decade as such, a principal research question (Q.1) and various sub-questions (SQs) have been formulated to more clearly direct research efforts as follows:

Q.1: How has Digital Twins (DT) technology developed within the AEC industry during the past 5 years?

In order to more deeply answer Q.1 the following sub-questions have also been formulated:

SQ.1 What is the definition of DT technology in the context AEC industry?

SQ.2 What have been the principal applications of DT technology in the AEC industry during the past half-decade?

This critical review contributes to DT literature by providing answers to these questions at the building, city and regional infrastructure level.

3. METHODOLOGY

The research for this chapter has been carried out under a qualitative approach, based on a hermeneutic paradigm, the core of this study has been text interpretation. According to Gadamer (1981), the key for the understanding of a text is not its manipulation or control, as is the case for the scientific method, but rather the participation of the interpreter-researcher subject in the interpretation and opening of the interpretative paths that are pointed to by the text. In this way, the proper objective of hermeneutics is not to establish objectively valid rules for

understanding but rather to understand comprehension itself in a broad sense, and to gain depth of understanding of the phenomenon under study (Paterson & Higgs, 2005).

Now, the methodological design of this study is structured under theory whose foundations are built on Glaser y Strauss (1967), as theoretical knowledge is sought to be generated through literature review, recollection and analysis of data and the posterior filter of sources based on these analyses. For these reasons, the proposed methodology is the optimal method for the understanding and analysis of complex phenomena, such as the development of DT technology for the AEC industry, from a holistic and interpretative perspective of a critical literature review.

The methodological process followed was divided into the following stages:

Literature Gathering: an exhaustive search for academic and technical literature related to DT in the AEC industry was performed. Scopus, science direct and MDPI were searched and a forward and backward citation analysis applied for the selection of high-quality literature from scientific journals, conference proceedings, and other relevant resources that held current and pertinent research on the topic and produced within the past 5 years.

Source selection: After a first analysis of the gathered literature inclusion and exclusion criteria were applied to reduce the number of sources to the most relevant and significative for the literature review. The criteria used were, research quality, content pertinence, publishing date, and author and journal reputation.

Content analysis: A systematic content analysis was performed on the selected sources, by using coding and categorization to identify themes, patterns and relevant relationships in the literature related to DT in the AEC industry. These analyses produced the significant insights and allowed for the construction of a solid conceptual framework, as presented in the results section of this chapter. Selected articles were analyzed through the lens of each of the SQs established in the objectives section of this chapter.

Synthesis and interpretation: an integrative synthesis of the findings obtained through content analysis with a focus on the principal developments, tendencies, challenges and opportunities related to DT in the AEC industry. A critical interpretation of these results was performed, as a result of which an original perspective on the topic has been created and presented in the discussion and conclusion section of this chapter.

Article production: Finally, the current chapter which documents the results of this process, its findings and conclusions, in a clear and concise manner was produced. Established academic and scientific guidelines were followed in its production to guarantee the rigor and validity of the final product of the study.

Through this methodological focus a complete and deep understanding of the last half-decade's developments and future of DT in relation to the AEC industry was obtained and documented, creating in this way a solid foundation for future research, practices and decisions in this constantly evolving field of study.

4. RESULTS

As set out in the objectives section of the chapter, the main research question (Q.1) has been broken up into a set of five sub-questions (SQs) that together clearly resolve Q.1. This section been broken into sections that focus on answering each of the SQs.

4.1. WHAT IS A DIGITAL TWIN (SQ.1)?

Taherkhani *et al.* take Industry 4.0 as the starting point when defining DT, this term was coined by the German government in 2011 in its effort to catch up with the industrialization taking place in Asia, by implementing alternative production methods (Klinc and Turk 2019). These alternative methods transform ordinary systems into self-aware systems that can self-predict, self-compare, self-configure, self-maintain, and self-organize (Gokalp et al. 2016; Lee et al. 2015), resulting in systems that can collect real-time data on the product/process (Gokalp et al. 2016). As such, they conclude that the construction industry has been changing its paradigm by adopting “in addition to

Building Information Modeling (BIM), DT ... a virtual replica of a physical asset in real-time” (Esmaeili 2021) showing that there is indeed a movement within the AEC industry to adopt ICT technology to improve productivity.

Other authors posit that Gelernter’s 1991 book “Mirror Worlds” is the origin of DT as an idea, wherein he describes “a city-scale model of reality that is continuously being fed by massive amount of data enabling the user to zoom in or out for realizing desired levels of details on a computer screen “in a single dense, live, pulsing, swarming, moving, changing picture.” Most agree that the idea was taken up by Grieves in his presentation on Product Lifecycle Management (PLM), when he gave shape to theoretical framework for digital twinning, by the formulating the essential elements of DT systems as:

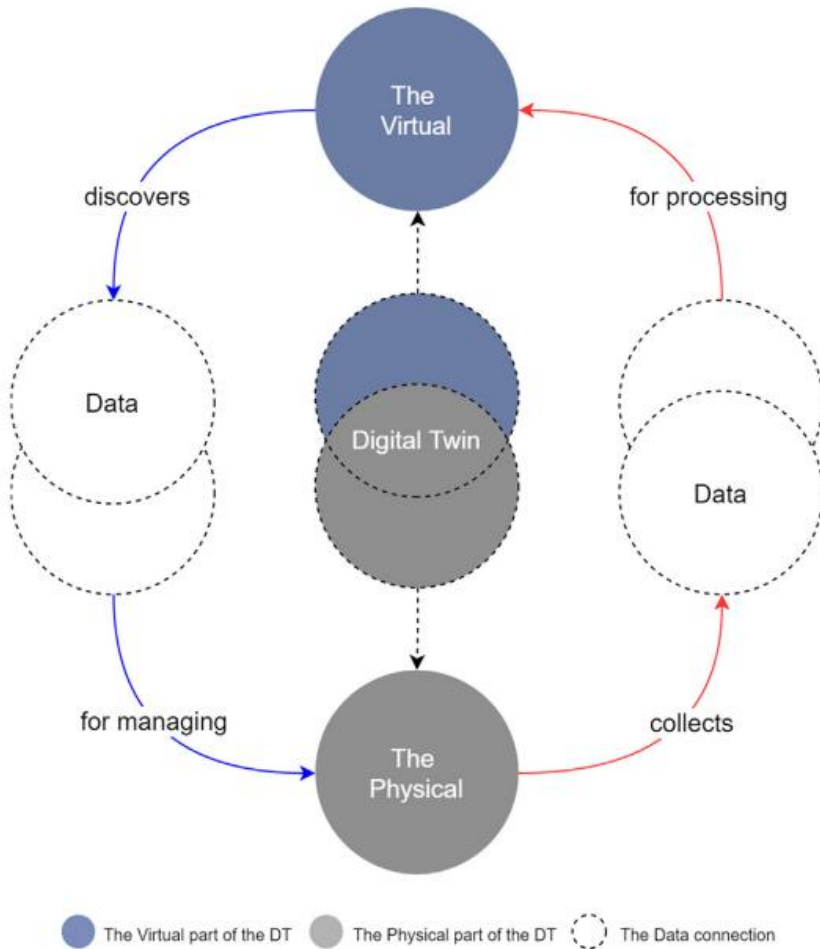
- An entity that exists in real space
- A second entity that exists in virtual space, and;
- Dual links facilitating data transmission between the two realms (AlBalkhy *et al.*).

NASA further developed this idea when it provided one of the first definitions of DT as “an integrated multi-physics, multi-scale, probabilistic simulation of a vehicle or system using the best available physical models, sensor updates, fleet history, etc., to replicate the flying twin’s life” (Esmaeili 2021).

Whether the origin of DT happened as an extension of industry 4.0, independently, or as is proposed here, as a result of both processes, the fact stands that there have been several definitions for DT; some much longer than others, and each serving its specific purpose best. In the realm of concise definitions, Boje *et al.* have produced perhaps the most influential view, when they proposed that DT is a whole composed of three parts, by stating that “the “Physical” part collects real world data which is sent for processing. In return, the “Virtual” part applies its imbedded engineering models and AI to discover information which is used for managing the day to day usage of the “Physical”. They further

illustrate this point by producing the “Digital Twin paradigm diagram”, which was reproduced by several authors (figure 1).

FIGURE 1.



Reproduced from Taherkani *et al.* 2023

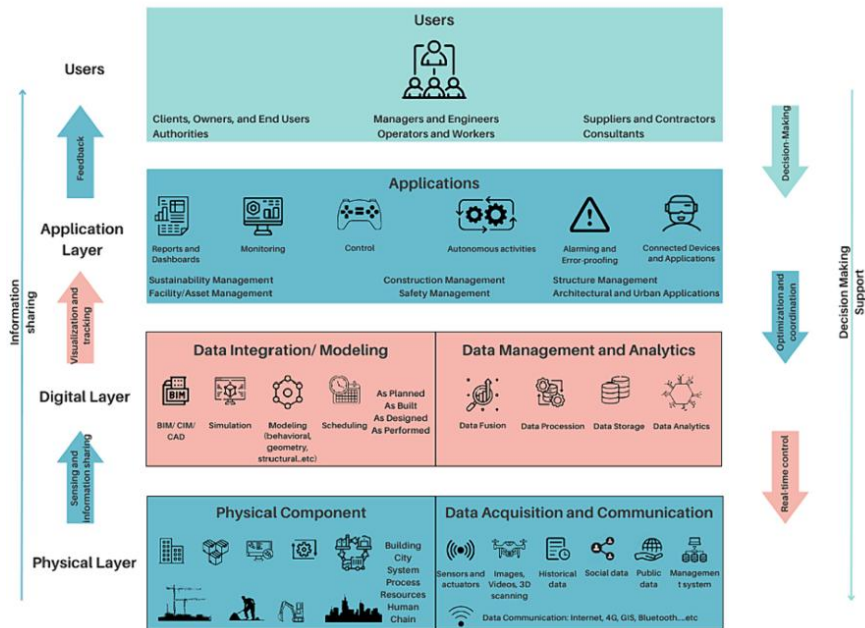
Though this short definition is useful for communicating a complex idea quickly it fails to work adequately for more nuanced discussion. A survey of the longer, more descriptive and technical definitions has therefore been performed so that a better understanding of what has been proposed within the literature can be reached.

AlBalkhy *et al.* for example name: analysis capabilities of DT systems, decision-making support, simulation, prediction, optimization, monitoring, control, and supporting autonomous activities as some of the main shortcomings of short definitions. To accommodate for these, they suggest the following definition:

“A digital twin is a living virtual replica of a physical twin such as a product, asset, component, process, or system. Supported by technologies such as AI, machine learning, sensors, and IoT, a flow of data between the digital and physical twins is made to ensure that digital twins are continuously updated and adapted to the changes in the physical twins. Which allows sharing insights, supporting decision-making, and enabling simulation, prediction, monitoring, control, and performance optimization of the physical twin throughout its lifecycle. Digital twins can range from simple prototypes to sophisticated models with self-learning and adapting capabilities, depending on their level of complexity”.

They provide the diagram reproduced as figure 2, to illustrate this complex definition:

FIGURE 2.



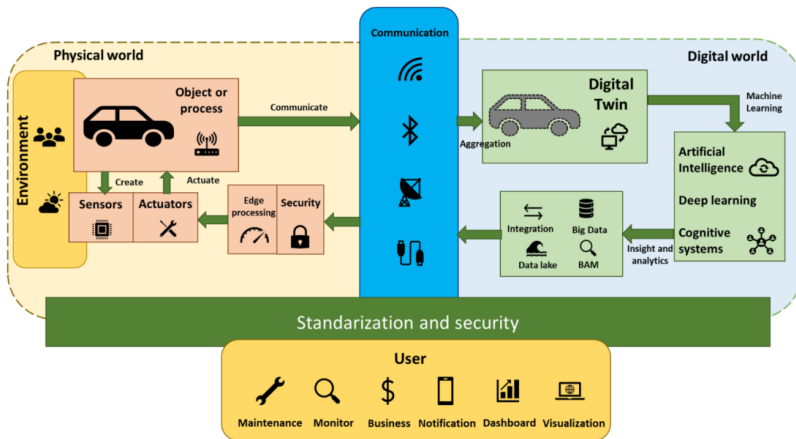
Reproduced from AlBalkhy *et al.* 2024

It is their view therefore, that there must be bi-directional real time dataflow between the physical and virtual entities, and that this data must be processed and effectively used.

Another lengthy discussion on the general definition of DT is produced by Botín-Sanabria *et al.* who define DT as “a virtual representation of a physical object or process capable of collecting information from the real environment to represent, validate and simulate the physical twin’s present and future behavior. It is a key enabler of data-driven decision making, complex systems monitoring, product validation and simulation and object lifecycle management”.

They come up with the following elements, “basic components include sensors in the physical world (to gather information from the real environment), a physical twin, edge processing capabilities, data security, the digital twin itself, data processing capabilities (enabled by machine learning (ML), artificial intelligence (AI), big data, etc.) and communication interfaces such as the internet, Bluetooth, satellite, etc” and further add “user visualization” to these core functions.

FIGURE 3.



Reproduced from Botín-Sanabria *et al.* 2022

They produce the diagram reproduced in figure 3, explaining that “the physical world is composed of the physical object or process, sensors,

actuators and processing capabilities. The digital world is composed of the digital twin itself, machine learning and data processing capabilities and databases. Both are connected in the communication element where several protocols and interfaces are available such as WiFi, Bluetooth and wired connections. For the user, this architecture allows constant monitoring and visualization”.

They add that there are three types of DT:

- Digital twin instance (DTI), Characterized by the fact that it accompanies a physical entity through its whole life time inception to disposal and is constantly updated.
- Digital twin prototype (DTP): One that accompanies the product as it is fabricated or built and allows for optimization and prediction during the process, this would be the type of twin used during design and construction within the AEC industry.
- Performance digital twin (PDT): Focused on monitoring performance and use of a physical entity.

This idea further brings specificity to the type of DT one would wish to talk about. In this vein, the authors generate a framework used to analyze the level of development of a DT as follows:

- Digital model: In its basic concept, the digital model will not integrate any automatic information flow from the physical world to the virtual world, change must be reflected through manual modification.
- Digital shadow: The digital shadow will integrate unidirectional automatic information flow from the physical world to the virtual world, as long as it is automatic, the integration level can be determined as a digital shadow.
- Digital twin: A fully integrated twin where the virtual and physical world interact in a bidirectional fashion.

These terms further expand and specify the vocabulary that should be used when talking about DT at different levels of development. Finally, they create the chart reproduced as figure 4 to summarize DT maturity:

FIGURE 4.

| Level | Principle | Usage |
|-------|--|--|
| 0 | Reality capture (e.g., point cloud, drones, photogrammetry or drawings/sketches) | Brownfield (existing) as-built survey |
| 1 | 2D map/system or 3D model (e.g., object-based, with no metadata or building information models) | Design/asset optimization and coordination |
| 2 | Connect model to persistent (static) data, metadata and building information model (BIM) Stage 2 (e.g., documents, drawings, asset management systems) | 4D/5D simulation, design/asset management, BIM Stage 2 |
| 3 | Enrich with real-time data (IoT, sensors) | Operational efficiency |
| 4 | Two-way data integration and interaction | Remote and immersive operations; control the physical from the digital |
| 5 | Autonomous operations and maintenance | Complete self-governance with total oversight and transparency |

Reproduced from Botín-Sanabria *et al.* 2022

The content found in figure 4, acts as the linchpin that can connect this general view of DT to the AEC industry, as we can see that the levels proposed are those used by the BIM Maturity matrix.

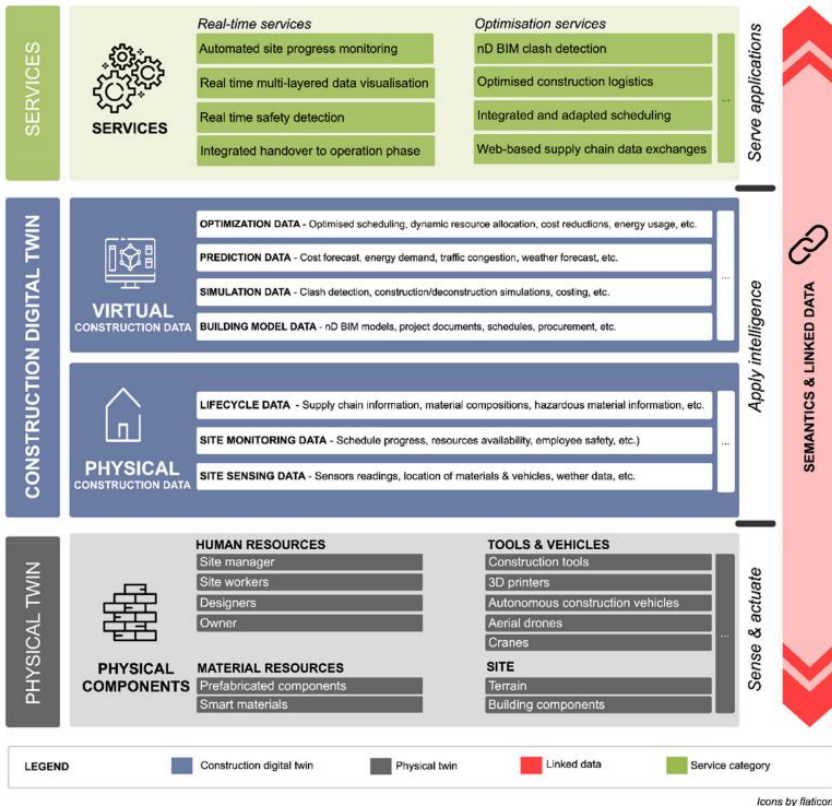
In order to further narrow the definition of DT for the AEC industry, Al-Sehrawy and Kumar take a novel approach to analyzing DT definitions by breaking all of them up into “1. The identity, nature or the structure per se of the DT. 2. The aim, purpose or function oriented. 3. The main constituents, elements, components or aspects of a DT”. In this way they produce a matrix that break down 13 author’s definitions in this manner. The overall result is then summarized as:

“An approach for connecting a physical system to its virtual representation via bidirectional communication (with or without human in the loop) using temporally updated Big Data (primary data collected from this physical system and supplementary data from the surrounding environment interacting with it for the purpose of contextual awareness)

to allow for exploitation of Artificial Intelligence and Big Data Analytics by harnessing this data to unlock value through optimization and prediction of future state”.

This discussion comes full circle when Boje *et al.* propose an AEC specific definition in the sense that DT are a “paradigm [that] aims to enhance existing construction processes and models (nD BIMs), with their underpinning semantics (e.g. IFC, COBie) within the context of a cyber-physical synchronicity, where the digital models are a reflection of the construction physical assets at any given moment in time”.

FIGURE 5.



Reproduced from Boje *et al.* 2020

This idea unites multi-dimensional, hence nD referring to models with more than 3 dimensions such as time, cost, environmental factors (Boje

et al. 2020), Building Information Modelling, with computer science protocols for the standardized formatting of model data (IFC and CO-Bie) and mention this idea of a Cyber-Physical synchronicity, referring to bi-directional exchange of data in real time. This discussion leads to the final diagram of this section, produced by Boje *et al.* to encapsulate a longform definition for DT as reproduced in figure 5.

The answer for SQ1 therefore, is that DT are a complex construct that has very specific definitions depending on the context under which they are being discussed. DT are clearly composed of physical and virtual elements, and their functionality can vary according to the needs of users but will always include a bi-directional exchange of data between the physical and virtual elements.

4.2. WHAT HAVE BEEN THE PRINCIPAL APPLICATIONS (SQ.2)?

The pursuit of what the principal applications of DT technology have been is best broken up into two sections based on scale. A first section will focus on building level DTs, and a second section will focus on the larger city scale models.

4.2.1. Building scale DTs

As technology has been adopted, firms have begun moving from a BIM based, siloed and low-level of real-time data transfer models to DTs that resemble Industry 4.0 applications adapted for the AEC industry. This is especially true since “DTs enable the collection and integration of data to improve the design, construction, operation, and maintenance of physical infrastructure” (Broo and Schooling 2021). It has also been noted by several studies that “DT technologies are primarily applied in operation and maintenance stages of the facility life cycle” (El Jazzer *et al.*, 2020). Conversely, Boje *et al.* have noted that “design and construction stages project data has increased almost exponentially since BIM adoption, experiencing what is termed ‘drowning in data’ (Remund *et al.* 2012), wielding little added benefit to the construction supply chain to date”. There is immense potential for DT technology, but that there are still financial and technical barriers to adoption that have not made DT widespread in the industry. While not a proper DT,

And BIM models can be seen as precursors or non-automatized DT components, according to Boje *et al.* highlight “Today however, the use of BIM models has become mandatory to ensure faster and more collaborative processes (Luc *et al.* 2014)... BIM is now applied throughout the full building lifecycle from design to decommissioning, 4D and 5D BIM has been traditionally applied at the pre-construction and construction stages [Whitlock *et al.* 2018]”, concluding that the need to evolve into a DT model is patent as “BIMs produced remain closed and serve little uses after the completion of the construction project, completely neglecting its uses for the future lifecycles and the creation and maintenance of Digital Twins”.

Under the understanding that DT applications are cutting edge and not commonplace, it is useful to adopt an analysis structure, so that proposed and actual applications of the technology can be properly surveyed. To this effect, several authors who performed bibliometric analyses have clustered the results of DT applications in several ways, best summarized in the following figure.

FIGURE 6.

| Proposed structures to analyze DT applications | | | | |
|--|-------------------------|---|--|------------------------|
| Taherkhani <i>et al.</i> | Boje <i>et al.</i> | HAKIMI <i>et al.</i> | AlBalkhy <i>et al.</i> | Sehrawy and Kumar |
| Water Systems | Construction logistics | AI Based Predictive maintenance | Sustainability and environmental performance-related | Design |
| Energy Systems | Clash detection. | Real time cyber physical integration | Facility and asset management-related | Construction |
| Railways, Highways, and Bridges | Site monitoring | Digital facilities management | Safety, health, and risk management-related | Operation and Services |
| SMART CITIES | Quality control | As-built/as-is modeling | Structural performance-related applications | End-of-Life |
| | Safety management | Intelligent prognosis and health management | Construction management-related | |
| | Construction simulation | asset lifecycle management | Architectural and urban applications | |
| | Visual communication. | Semantic interoperability | | |
| | Scheduling. | | | |
| | Visual communication. | | | |
| | Cost estimation | | | |

original production by author

Given the wide range of structures for this purpose, the route chosen has been the most descriptive one, given by AlBalkhy *et al.*

Sustainability and environmental performance-related

Some highlights of DT technology applications in the area include a DT-based thermal design for a lightweight roof structure whose structure was optimized to allow supplying the studied area with a renewable geothermal (Lydon *et al.* 2019), developed a DT system based on the use of data coming from a network of sensors and BIM models to

integrate secondary raw materials in road construction (Meza *et al.* 2021), DT to evaluate energy in zero-energy buildings using scan-to-BIM models (Zhao *et al.* 2021), implementation of WSN-BIM integration to improve safety and environmental monitoring and control management (gas leaks, humidity, and temperature) in underground garages (Lin *et al.* 2020), and integration of user's behavior tracking and BIM models to assess indoor comfort, energy consumption, and air quality in educational buildings (Tagliabue *et al.* 2021). The main conclusion one can draw from the literature regarding sustainability is that advanced modelling techniques during the design and construction phase that set the environmental performance of an asset for its life cycle, can be improved through collaborative work enabled by DT and then monitored, controlled and improved during the operation phase through the use of DT technology.

Facility and asset management-related

There's is quite an extensive literature on DT and facility management, especially since the applications covered different types of buildings including old and new buildings by AlBalkhy *et al.* Highlights in this realm of application include applications in Sweden for the conservation and operation of historically significant buildings (Hou *et al.* 2023), a system for anomaly detection in educational buildings in Cambridge (Tagliabue *et al.* 2021), green building maintenance and automatic management (Liu *et al.* 2021). As Hakimi *et al.* noted "DT is a prominent technology that facilitates instantaneous bidirectional integration of cyber-physical systems and supports intelligent decision-making. energy performance management, fire emergency evacuation, indoor environment monitoring, and occupant comfort, to name a few notable applications" (Khajavi *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2020). The literature points to automatization of facility management activities, IoT devices and sensors coupled with AI that can be used in several ways including the generation of alarms so that preventive and predictive maintenance can be performed and the creation of automatized energy and security management for buildings. This points to a future where the labor heavy facilities management activities will be centralized in

professional firms that will use DT to provide these same services with a fraction of the people and costs and at better efficiency.

Safety, health, and risk management-related

Boje *et al.* cover the application of DT to site safety and conclude that “such methods in practice require constant surveillance and in-time hazard identification, which are often the main limitation of BIM-based tools and methods. With more modern site monitoring equipment, machine learning is at the forefront of site safety prediction (Sayan *et al.* 2021), potentially providing a more automatic way to gather and classify safety events, making safety management more reliable”. Teizer *et al.* (2022) agree with this stance and state that “DT has the potential to enhance safety management in the construction industry through three primary methods: promoting safe design and planning to prevent hazards, proactively predicting and warning about risks through monitoring and control and facilitating continuous performance improvement for personalized or project- focused learning”. AlBalkhy *et al.* highlight myriad applications that use computer vision, video game engines, wearables, IoT devices, and AI to monitor sites, and predict potentially unsafe situations involving, working in high places and heavy machinery, some with a focus on DT aided worker self-management. The literature is pointing once again to a future where safety management will be aided by AI and instrumentalized through DT from the design phase on to the construction and operation phase.

Structural performance-related applications

Some applications highlighted by AlBalkhy *et al.* are the development of a “system integrated geometric data and data coming from sensing equipment ... to detect and prepare unsafe structural events in a prestressed steel structure” (Liu *et al.* 2021), a proposal for “two DT-based approaches to test loads on bridges” (Kaewunruen *et al.* 2021 and Ramonell & Chacon 2022) and the development of “DT systems to support renovation works of historical buildings by assessing their structural performance and detecting structural damages” (Angjeliu *et al.* 2020, Bruno *et al.* 2022, Funari *et al.* 2021, Moyano *et al.* 2022). In

general, the idea of integrating measuring and sensing devices to structural elements to determine structural load capacity during construction and after natural disasters has been explored extensively. There is also a movement to compare design phase to as-built results to better track safety of structures.

Construction management-related

Boje *et al.* highlight the idea of DT used as a “system for simulating the site layout in terms of zones, resources and positioning of equipment and construction cranes” developed by Li *et al.* 2009 They also mention that regarding construction simulation “newer techniques used to estimate the project duration based on different assumptions about the 3D model, resources and working hours” (Wang *et al.* 2014, Liu *et al.* 2015). Albalkhy *et al.* mention “supply chain management-related practices, stakeholders integration and resources allocation, site preparation, and monitoring” as some of the main applications in this arena, and also bring attention to the research done by, (Ammar *et al.* 2022) who “classified 40 DT capabilities in construction into seven themes; 1) increased transparency of information, 2) real-time monitoring, analysis, and feedback, 3) better stakeholder collaboration, 4) advanced preventive measures, 5) advanced what-if scenario analysis and simulations, 6) real-time tracking, 7) high accuracy”. Albalkhy *et al.* also highlight several applications related to modeling logistics including trucks, silos and other elements to better predict the flows of materials to the site, geological modeling of the sub-soil, monitor and control machinery and workers and to support modular construction off-site. There is a clear movement in the literature of the use of DT to provide decision support tools for construction management, to automate cost management, as well as enhance the visual communication of work progress to stakeholders.

Architectural and urban applications

The applications in this section of the structure are mostly infrastructure however in as much as building level applications are mentioned Albalkhy *et al.* highlight the work of Kalantari *et al.* 2022 in which they

present “a toolset to mirror adjustment by users on a physical prototype to be on a DT” and Almusaed and Yitmen (2023) who “explored the usability of AI and DT models to simulate and evaluate different architectural design options and predict their impact on safety, comfort, and efficiency”.

4.2.2. City scale DTs

One of the most visible applications of DT technology for the AEC industry is in the generation of smart cities within the urban planning discipline. A city may be called smart when it institutes a strategic focus based on data and digital technologies to guarantee its sustainability, the wellbeing of its citizens and the promotion of its economic development (Ivanov, et al; 2020). Although China has so far been the country that has most prolifically studied the use of DT for the generation of smart cities (Zhou, et al, 2019; Haiyuan, et al, 2021; Ghandar, et al, 2021), there have also been studies in cities such as Bogota, Valencia, Dublin and Zurich (Guevara, et al, 2019; Conejos, et al, 2020; White, et al, 2021; Schrotter & Hurzeler, 2021). According to Wright y Davidson (2020) DT are not only a tool for the improvement of denizens’ quality of life, mobility and access to public services and amenities, but also to be used in such a way that technological advances are centered on generating wellbeing and not profit.

White, et al, (2021) state that a digital city constructed consists of six layers, beginning with a physical terrain and ending in a digital twin layer, that in their whole create the DT of the city that may be used for scenario simulation, prediction and optimization. The urban DT will be composed as all DT of a three-part structure, a physical entity, a digital and the bi-directional data exchange between these two. Data inputs from the physical layer are collected from citizens, IoT devices and urban mobility sensors and fed to the digital layer which contains of a 3d model that is generated and updated in real time so that it may be accessed by local government.

The first design layer of the smart city DT is the terrain on which the city is built. It may include a swathe of topographical information such its georeferenced location, the presence of rivers or canals, the

existence of hills or geographical accidents and even the composition of the soil so that fertile lands suited for farming or flood prone lands can be clearly identified.

The second design layer is made up of the existing buildings. Depending on the maturity level of the DT, these can range from being architectural volumes generated from lidar photography and point cloud technology to DTs at the building scale, themselves modelled using BIM technology with a high degree of fidelity to their real-world counterparts with all the applications we've discussed in the previous section.

The third layer contains the infrastructure that surrounds layer two. This includes, the basic physical structures required for the functioning of the city such as roads, waterworks, telecom and public transport. Applications in the layer for waterworks include "pipe networks, storage tanks, pumping stations, and treatment facilities. Using this technology, new facilities can be designed better, risks are reduced, and operations are optimized" (Curl et al. 2019), for energy systems include smart management of powerplants and infrastructure Ji et al. (2021), for Railways, Highways, and Bridges applications to monitor structural health and deformations very similar to those seen at the building level (Ye et al. 2019).

The fourth layer contains information related to mobility; this term refers to the movement of people during their day-to-day routines as well as the transportation of the goods that they require for the different aspects of their lives. Software packages such as SUMO are used to simulate multimodal urban mobility including walking, bicycles, motorcycles and generic parametrized vehicles. Software based simulations of rail and water transport are also available (Lopez et al., 2018). DTs can be use to increase the effectiveness of systems and monitor and control their operation in real time.

The fifth layer is known as the digital layer and corresponds to the data inputs from IoT devices in the physical world. The data flows are used to monitor and manage traffic and transportation systems, energy plants, public services, water supply infrastructure, waste management, crime detection, information systems, schools, libraries, hospitals and other community services (Dameri, et al, 2018).

In this layer, the data flow from these sources is stored and is therefore the core of the simulation, optimization and prediction functionality of the DT. The results of these analyses are then incorporated into the rest of the layers as updated useful information. There can be active data input by citizens and functionaries as well as automated collection from devices.

The sixth and final layer, is known as the DT. It is the final simulation/visualization generated with the data collected from the mobility, infrastructure, building and terrain layers (Wang et al., 2019).

These models are useful for the construction of new buildings, as the data collected in the digital layer of the DT can be used to evaluate the effects the new construction will have on its surroundings at the level of any of the layers. Examples of ways the data can be used include architectural shadow analysis, wind analysis and seismic analysis. Data can also be used to solve large scale problems such as, energy use, environmental issues and air and water quality so that policymakers can have real-time data to base their decisions on and may calculate and visualize the impact and effects of proposed actions on the citizenry (Francisco, et al, 2020, Ham y Kim, 2020). Finally, providing citizens with access to the DT system allows for more direct participation and creates feedback channels for policy and planning decision evaluation. This optimizes transport and urban planning processes and enables continuous improvement for urban planners and decisionmakers.

5. DISCUSSION

As has been shown, DTs have the potential to bring the AI revolution to the AEC industry, and as many authors have highlighted DT's essential purposes in the construction industry "include improving productivity, sustainability, safety, and achieving other organizational or project goals" (Sepasgozar 2021). Through the many applications of DT, it is easy to imagine a solution to the AEC industry's stagnated productivity, this will certainly be achieved through the optimization of processes through AI, computational techniques and automatization that will surely reduce the number of workers needed to complete activities. This will be focused on the administrative roles and not so much at the

blue-collar level, however if off-site fabrication, 3d printing and modular construction are widely adopted the trades will also face AI job displacement. Regarding sustainability, several of the applications focus on building performance, and preventive maintenance that will surely help meet the SGDs.

At the infrastructure and smart city level, there are several applications that hold much promise in terms of productivity, but that can also mean job displacement for many workers that are needed to keep infrastructure and transportation systems working. As automated transport and automated infrastructure management become more technologically viable, DTs will be at the center of their application. Sustainability is also potentialized though large-scale DT's as resource use and city management (including policy formulation and evaluation) can be greatly aided by the bi-directional flow of data that DTs can provide.

There is the risk of authoritarian governments taking draconian measures using DT, as the centralization of several systems under one model make controlling the population much easier, this should be regulated to guarantee the property and privacy rights of the citizenry. Despite this risk, DTs are hold a clear promise of a better future not only for the industry but for our built environment. The advancement of DT should therefore be pursued in such a way that the principles that have made democratic societies great can be strengthened through DT technology by the development and regulation of its use so that it becomes a tool for enhancing public participation, oversight and transparency at the private and public levels.

6. CONCLUSIONS

Although DTs are still not common place in the AEC industry, the future of the industry hinges on their adoption. Productivity, cost and sustainability goals will only be met inasmuch as technology advances and is adopted by the industry. There will be many changes that will have to take place for this to become reality, but with adequate regulations and proper policies to address the possible challenges to workers, citizens, overall societal welfare should be increased by the massive application of DT technology by the AEC industry.

The academy is clearly focused on furthering this technology through the development of the many applications surveyed in this chapter and these efforts must be redoubled. Governments, professional associations and citizens groups must rise to the challenge that technological change brings. To this effect, further investigation on the current state of digital transformation in the AEC industry is warranted to establish the level of adoption DT technology is seeing and what can be one by the different actors to entice the industry to move not only development but practice in a direction that will benefit human freedom and welfare as discussed in this paper.

7. ACKNOWLEDGEMENTS

Universitat Politècnica de Valencia, Ana María García-Gómez, and FI-ABCI Colombia for their contributions to the production of this chapter.

8. REFERENCES

- Almusaed, A., & Yitmen, I. (2023). Architectural Reply for Smart Building Design Concepts Based on Artificial Intelligence Simulation Models and Digital Twins. *Sustainability*, 15(6), 4955.
<https://doi.org/10.3390/su15064955>
- Al-Sehrawy, R., Kumar, B. (2021). Digital Twins in Architecture, Engineering, Construction and Operations. A Brief Review and Analysis. In: Toledo Santos, E., Scheer, S. (eds) Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. ICCCBE 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 98. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-51295-8_64
- Ammar, A., Nassereddine, H., AbdulBaky, N., AbouKansour, A., Tannoury, J., Urban, H., & Schranz, C. (2022). Digital Twins in the Construction Industry: A Perspective of Practitioners and Building Authority. *Frontiers in Built Environment*, 8(8).
<https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.834671>
- Angjeliu, G., Coronelli, D., & Cardani, G. (2020). Development of the simulation model for Digital Twin applications in historical masonry buildings: The integration between numerical and experimental reality. *Computers & Structures*, 238(238), 106282.
<https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2020.106282>

- Arora-Jonsson, S. (2023). The sustainable development goals: A universalist promise for the future, *Futures*, 146, 103087. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2022.103087>
- Boje, C., A. Guerriero, S. Kubicki, and Y. Rezgui. 2020. "Towards a semantic construction digital twin: Directions for future research." *Autom. Constr.* 114 (Jun): 103179. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103179>.
- Botín-Sanabria, D. M., A.-S. Mihaita, R. E. Peimbert-García, M. A. Ramírez-Moreno, R. A. Ramírez-Mendoza, and J. D. J. Lozoya-Santos. 2022. "Digital twin technology challenges and applications: A comprehensive review." *Remote Sens.* 14 (6): 1335. <https://doi.org/10.3390/rs14061335>.
- Broo, D. G., and J. Schooling. 2020. "Towards data-centric decision making for smart infrastructure: Data and its challenges." *IFAC-PapersOnLine* 53 (3): 90–94. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.11.014>.
- Bruno, S., Scioti, A., Pierucci, A., Rubino, R., Di Noia, T., & Fatiguso, F. (2022). VERBUM – virtual enhanced reality for building modelling (virtual technical tour in digital twins for building conservation). *Journal of Information Technology in Construction*, 27, 20–47. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.002>
- Cette, G., Nevoux, S., & Py, L. (2021). The impact of ICTs and digitalization on productivity and labor share: evidence from French firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1849967>
- Conejos, P.; Martínez, F.; Hervás, M.; Alonso, J.C. Building and Exploiting a Digital Twin for the Management of Drinking Water Distribution Networks. *Urban Water J.* 2020, 17, 704–713.
- Curl, J. M., Nading, T., Hegger, K., Barhoumi, A., & Smoczynski, M. (2019). Digital Twins: The Next Generation of Water Treatment Technology. *Journal - American Water Works Association*, 111(12), 44–50. <https://doi.org/10.1002/awwa.1413>
- Dameri, et al., *Smart city implementation*, Progress in IS; Springer: Genoa, Italy. B. Dixon, *The technology behind the Thailand cave rescue* (2018).
- El Jazzar, M., Piskernik, M., and Nassereddine, H. (2020). Digital twin in construction: An empirical analysis. *EG-ICE 2020 Workshop on Intelligent Computing in Engineering, Proceedings*, May, 501–510.
- Esmaili, I. 2021. "Construction digital twin: A framework for a general contractor." Master's thesis, Dept. of Architecture, Construction Engineering and Built Environment, Politecnico Di Milano.
- Francisco, A., Mohammadi, N., & Taylor, J. E. (2020). Smart City Digital Twin–Enabled Energy Management: Toward Real-Time Urban Building Energy Benchmarking. *Journal of Management in Engineering*, 36(2), 04019045. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000741](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000741)

- Gadamer, H. (1981). *Reason in the age of science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gelernter, D. (1993). *Mirror Worlds*. Oxford University Press.
- Ghandar, A.; Ahmed, A.; Zulfiqar, S.; Hua, Z.; Hanai, M.; Theodoropoulos, G. A. Decision Support System for Urban Agriculture Using Digital Twin: A Case Study With Aquaponics. *IEEE Access* 2021, 9, 35691–35708.
- Glaser, Barney y Strauss, Anselm (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research [El descubrimiento de la teoría fundamentada. Estrategias para el análisis cualitativo]*. New York: Aldine
- Gokalp, M. O., K. Kayabay, M. A. Akyol, P. E. Eren, and A. Koçyiğit. 2016. “Big data for industry 4.0: A conceptual framework.” In *Proc., 2016 Int. Conf. on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, 431–434. New York: IEEE.
- Grieves, M. 2014. “Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication.” *White Paper 1 (2014): 1–7*.
- Grieves, M. 2014. “Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication.” *White Paper 1 (2014): 1–7*.
- Guevara, N.; Diaz, C.; Sguerra, M.; Martinez, M.; Agudelo, O.; Suarez, J.; Rodriguez, A.; Acuña, G.; Garcia, A. Towards the design and implementation of a Smart City in Bogotá, Colombia. *Rev. Fac. De Ing. Univ. Antioq.* 2019, 93, 41–45.
- Haiyuan, Y.; Dachuan, W.; Mengcha, S.; Qi, Y. Application of Digital Twins in Port System. *J. Phys. Conf. Ser.* 2021, 1846.
- Ham, Y., & Kim, J. (2020). Participatory Sensing and Digital Twin City: Updating Virtual City Models for Enhanced Risk-Informed Decision-Making. *Journal of Management in Engineering*, 36(3), 04020005. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000748](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000748)
- Hou, H. (Cynthia), Lai, J. H. K., Wu, H., & Wang, T. (2023). Digital twin application in heritage facilities management: systematic literature review and future development directions. *Engineering, Construction and Architectural Management*. <https://doi.org/10.1108/ecam-06-2022-0596>
- Ivanov, S.; Nikolskaya, K.; Radchenko, G.; Sokolinsky, L.; Zymbler, M. Digital Twin of City: Concept Overview. In *Proceedings of the 2020 Global Smart Industry Conference (GloSIC)*, Chelyabinsk, Russia, 17–19 November 2020.
- Ji, H., Li, J., Zhang, S., & Wu, Q. (2021). Research on Water Resources Intelligent Management of Thermal Power Plant Based on Digital Twins. *2021 IEEE 6th Int. Conf. On Cloud Computing and Big Data Analytics (ICCCBDA)*. <https://doi.org/10.1109/icccbda51879.2021.9442503>

- Jochen Teizer, Johansen, K. W., & Schultz, C. (2022). The Concept of Digital Twin for Construction Safety. *Construction Research Congress 2022*. <https://doi.org/10.1061/9780784483961.121>
- Kaewunruen, S., Sresakoolchai, J., Ma, W., & Phil-Ebosie, O. (2021). Digital Twin Aided Vulnerability Assessment and Risk-Based Maintenance Planning of Bridge Infrastructures Exposed to Extreme Conditions. *Sustainability*, 13(4), 2051. <https://doi.org/10.3390/su13042051>
- Kalantari, S., Pourjabar, S., Xu, T. B., & Kan, J. (2022). Developing and user-testing a “Digital Twins” prototyping tool for architectural design. *Automation in Construction*, 135(135), 104140. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104140>
- Klinc, R., and Ž. Turk. 2019. “Construction 4.0—digital transformation of one of the oldest industries.” *Econ. Bus. Rev.* 21 (3): 4. <https://doi.org/10.15458/ebr.92>.
- Lee, J., B. Bagheri, and H.-A. Kao. 2015. “A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems.” *Manuf. Lett.* 3 (Dec): 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>.
- Li, H., Chan, N., Huang, T., Guo, H. L., Lu, W., & Skitmore, M. (2009). Optimizing construction planning schedules by virtual prototyping enabled resource analysis. *Automation in Construction*, 18(7), 912–918. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.04.002>
- Lin, Y.-C., & Cheung, W.-F. (2020). Developing WSN/BIM-Based Environmental Monitoring Management System for Parking Garages in Smart Cities. *Journal of Management in Engineering*, 36(3), 04020012. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000760](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000760)
- Liu, H., Al-Hussein, M., & Lu, M. (2015). BIM-based integrated approach for detailed construction scheduling under resource constraints. *Automation in Construction*, 53(53), 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.008>
- Liu, Y., Sun, Y., Yang, A., & Gao, J. (2021). Digital Twin-Based Ecogreen Building Design. *Complexity*, 2021, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2021/1391184>
- Liu, Z., Shi, G., Jiao, Z., & Zhao, L. (2021). Intelligent Safety Assessment of Prestressed Steel Structures Based on Digital Twins. *Symmetry*, 13(10), 1927. <https://doi.org/10.3390/sym13101927>
- López, F., Leronés, P., Llamas, J., Gómez-García-Bermejo, J., & Zalama, E. (2018). A Review of Heritage Building Information Modeling (H-BIM). *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(2), 21. <https://doi.org/10.3390/mti2020021>

- Luc, L., Hartmann, T., & Doree, A. G. (2014). Comparing Mindfulness in Manual and 4D-Supported Coordination Practices. *Construction Research Congress 2014*. <https://doi.org/10.1061/9780784413517.017>
- Lydon, G. P., Caranovic, S., Hischier, I., & Schlueter, A. (2019). Coupled simulation of thermally active building systems to support a digital twin. *Energy and Buildings*, 202, 109298. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.07.015>
- Marco Francesco Funari, Ameer Emad Hajjat, Lourenço, P. B., Oliveira, D. V., & Lourenço, P. B. (2021). A Parametric Scan-to-FEM Framework for the Digital Twin Generation of Historic Masonry Structures. *Sustainability*, 13(19), 11088–11088. <https://doi.org/10.3390/sul31911088>
- The Mckinsey Global Institute. (2017). REINVENTING CONSTRUCTION: A ROUTE TO HIGHER PRODUCTIVITY [Review of REINVENTING CONSTRUCTION: A ROUTE TO HIGHER PRODUCTIVITY]. In Mckinsey Global Institute. Mckinsey and Company. www.mckinsey.com/mgi.
- Meža, S., Mauko Pranjić, A., Vežočanik, R., Osmokrović, I., & Lenart, S. (2021). Digital Twins and Road Construction Using Secondary Raw Materials. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2021/8833058>
- Moyano, J., Gil-Arizón, I., Nieto-Julián, J. E., & Marín-García, D. (2022). Analysis and management of structural deformations through parametric models and HBIM workflow in architectural heritage. *Journal of Building Engineering*, 45(45), 103274. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103274>
- P. A. Lopez et al., "Microscopic Traffic Simulation using SUMO," 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Maui, HI, USA, 2018, pp. 2575-2582, doi: 10.1109/ITSC.2018.8569938.
- Parrott, J., & Zandi, M. (2021). Overcoming the nation's daunting housing supply shortage. Washington, DC: Urban Institute.
- Paterson, M., & Higgs, J. (2005). Using hermeneutics as a qualitative research approach in professional practice. *The Qualitative Report*, 10(2), 339-357. <https://tinyurl.com/3mzud3bf>
- Pheng, L.S., Hou, L.S. (2019). The Economy and the Construction Industry. In: *Construction Quality and the Economy. Management in the Built Environment*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5847-0_2
- Ramonell, C., & Chacón, R. (2022). Towards Automated Pipelines for Processing Load Test Data on a HS Railway Bridge in Spain using a Digital Twin. *Proceedings of the... ISARC*. <https://doi.org/10.22260/isarc2022/0033>

- Remund, D., & Aikat, D. “Deb”. (2012). Drowning in Data: A Review of Information Overload within Organizations and the Viability of Strategic Communication Principles. *Information Overload*, 231–250. <https://doi.org/10.1002/9781118360491.ch11>
- Roohollah Taherkhani, Mohammad Amin Ashtari, & Mohamadmahdi Aziminezhad. (2024). Digital Twin-Enabled Infrastructures: A Bibliometric Analysis-Based Review. *Journal of Infrastructure Systems*, 30(1). <https://doi.org/10.1061/jitse4.iseng-2323>
- Sayan Sakhakarmi, Park, J., & Cho, C. (2019). Enhanced Machine Learning Classification Accuracy for Scaffolding Safety Using Increased Features. *Journal of the Construction Division and Management*, 145(2). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001601](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001601)
- Schrotter, G.; Hurzeler, C. The Digital Twin of the City of Zurich for Urban Planning. *J. Photogramm. Remote Sens. Geoinf. Sci.* 2021, 88, 99–112.
- Sepasgozar, S. M. E. (2021). Differentiating Digital Twin from Digital Shadow: Elucidating a Paradigm Shift to Expedite a Smart, Sustainable Built Environment. *Buildings*, 11(4), 151. <https://doi.org/10.3390/buildings11040151>
- Tagliabue, L. C., Cecconi, F. R., Maltese, S., Rinaldi, S., Ciribini, A. L. C., & Flammini, A. (2021). Leveraging Digital Twin for Sustainability Assessment of an Educational Building. *Sustainability*, 13(2), 480. <https://doi.org/10.3390/su13020480>
- Wang, F., Zhuang, Y., Gu, H., & Hu, H. (2019). Automatic Generation of Synthetic LiDAR Point Clouds for 3-D Data Analysis. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 68(7), 2671–2673. <https://doi.org/10.1109/tim.2019.2906416>
- Wang, W.-C., Weng, S.-W., Wang, S.-H., & Chen, C.-Y. (2014). Integrating building information models with construction process simulations for project scheduling support. *Automation in Construction*, 37(37), 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.009>
- Wassim AlBalkhy, Dorra Karmaoui, Ducoulombier, L., Zoubeir Lafhaj, & Linner, T. (2024). Digital twins in the built environment: Definition, applications, and challenges. *Automation in Construction*, 162(162), 105368–105368. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105368>
- White, G.; Zink, A.; Codecá, L.; Clarke, S. A digital twin smart city for citizen feedback. *Cities* 2021, 110, 103064.
- Whitlock, K., Abanda, F. H., Manjia, M. B., Pettang, C., & Nkeng, G. E. (2018). BIM for Construction Site Logistics Management. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 8(1), 47–55. <https://doi.org/10.32738/jepm.201801.0006>

- Wright, L.; Davidson, S. How to tell the difference between a model and a digital twin. *Adv. Model. Simul. Eng. Sci.* 2020, 7, 13.
- Ye, C., Butler, L., Calka, B., Iangurazov, M., Lu, Q., Gregory, A., Girolami, M., & Middleton, C. (2019). A Digital Twin of Bridges for Structural Health Monitoring. *Structural Health Monitoring* 2019, 0(0).
<https://doi.org/10.12783/shm2019/32287>
- Zhao, L., Zhang, H., Wang, Q., & Wang, H. (2021). Digital-Twin-Based Evaluation of Nearly Zero-Energy Building for Existing Buildings Based on Scan-to-BIM. *Advances in Civil Engineering*, 2021, 1–11.
<https://doi.org/10.1155/2021/6638897>
- Zhou, M.; Yan, J.; Feng, D. Digital Twin Framework and Its Application to Power Grid Online Analysis. *CSSE J. Power Energy Syst.* 2019, 5, 391–398.
- Biset, E. (2011). Ontología política. Esbozo de una pregunta. *Revista de Filosofía*, 27 (1), 121-136. Universidad Nacional de Córdoba

EVALUACIÓN DEL PAPEL DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL

JOSÉ ELÍAS VARGAS MORA
Universidad El Bosque

1. INTRODUCCIÓN

La cuarta revolución industrial, está siendo impulsada por la Inteligencia Artificial (IA) que está transformando las empresas y su enfoque hacia la sostenibilidad. A medida que la economía del conocimiento se expande, la IA se está convirtiendo en un catalizador para la innovación y el cambio sostenible (Vinuesa et al., 2020). Esta tecnología disruptiva no solo está redefiniendo las operaciones empresariales, sino que también está reconfigurando la forma en que las organizaciones abordan los desafíos económicos, sociales y ambientales contemporáneos (Nishant et al., 2020).

La integración de la IA en el ámbito empresarial representa el comienzo de una nueva era de transformación orientada hacia la sostenibilidad. Mediante el aprovechamiento de su capacidad para procesar y analizar grandes volúmenes de datos, aprender patrones y automatizar decisiones complejas, la IA tiene la capacidad de mejorar significativamente la sostenibilidad empresarial y fomentar la innovación (Mora & Martínez, 2018). Esta tecnología está redefiniendo la forma en que las empresas operan, desde la optimización de procesos y la reducción de desperdicios hasta el desarrollo de soluciones innovadoras que son económicamente viables, ambientalmente responsables y socialmente beneficiosas.

La adopción de la IA por parte de las empresas de todo tipo, tamaño y naturaleza, ha sido impulsada por varios factores. El primero de ellos es el aumento significativo en la cantidad de datos disponibles, a la que

se le denomina Big Data, ha creado una necesidad imperiosa de herramientas avanzadas para procesar y sustraer información valiosa de estos inmensos conjuntos de datos. La IA, con su capacidad de aprendizaje autónomo y procesamiento de datos masivos, ha demostrado ser una solución eficaz para abordar este desafío.

A ello se suma, la creciente preocupación por la sostenibilidad y la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) ha llevado a las empresas a buscar formas innovadoras de reducir su huella ambiental y maximizar su impacto positivo en la sociedad (Sacar & Peau, 2020). La IA se presenta como una herramienta poderosa para analizar y optimizar los procesos empresariales, identificando áreas de mejora y desarrollando soluciones sostenibles.

Esta investigación se centra en comprender cómo la IA puede impulsar la sostenibilidad y la innovación en el entorno empresarial. Mediante una revisión de la literatura existente, se busca obtener una comprensión profunda de la interacción entre la IA, la innovación y la sostenibilidad en el contexto empresarial (Di Vaio et al., 2020). Además, se identifican los desafíos y oportunidades que surgen de esta intersección, destacando las mejores prácticas y estrategias de sostenibilidad adoptadas.

Uno de los aspectos clave de esta investigación es explorar cómo las empresas están aprovechando el poder de la IA para optimizar sus operaciones y reducir su impacto ambiental. Esto incluye el uso de algoritmos de aprendizaje automático para mejorar la eficiencia energética, minimizar el desperdicio de recursos y desarrollar productos y servicios más sostenibles (Giret & Prabhu, 2015). Además, se examina cómo la IA puede facilitar la adopción de prácticas comerciales circulares, promoviendo un uso más eficiente de los recursos y reduciendo la generación de residuos.

Otro aspecto fundamental es el papel de la IA en la innovación sostenible. Mediante el análisis de grandes volúmenes de datos y la identificación de patrones que anteriormente se encontraban ocultos. La IA puede proporcionar información valiosa para el desarrollo de nuevos bienes, servicios y formas de negocio que sean respetuosos con el medio ambiente y socialmente responsables (Nishant et al., 2020). Esto incluye el diseño de productos más duraderos y fáciles de reparar, así como la creación de soluciones innovadoras para abordar desafíos sociales y ambientales.

No obstante, es importante reconocer y prever que la integración de la IA en el ámbito empresarial también presenta desafíos y riesgos potenciales. Estos incluyen preocupaciones éticas y de privacidad relacionadas con el uso de datos personales, así como la posible sustitución de trabajos humanos por sistemas automatizados (Arrieta et al., 2020). Además, existe el riesgo de que la IA se utilice de manera inadecuada, lo que podría socavar los esfuerzos de sostenibilidad y exacerbar los problemas ambientales y sociales existentes.

Esta investigación aborda estos retos y explora formas de mitigarlos, destacando la importancia de abordar un enfoque ético y responsable en el desarrollo y aplicación de la IA. Además, se enfatiza la necesidad de fomentar una colaboración interdisciplinaria entre expertos en IA, científicos ambientales, economistas y otros profesionales para garantizar que la tecnología se utilice de manera efectiva y sostenible.

En línea con ello, esta investigación tiene como objetivo brindar una visión holística de cómo la IA puede ser una fuerza impulsora para la sostenibilidad e innovación empresarial. Al armonizar la tecnología y la ética empresarial, se pueden abrir nuevos horizontes hacia un desarrollo innovador, respetuoso con el medio ambiente y socialmente responsable (Glonti et al., 2020). Mediante el análisis de casos de estudio, mejores prácticas y estrategias de sostenibilidad, se busca inspirar y motivar a los líderes empresariales, innovadores y a la comunidad en general a considerar el poder transformador de la IA como un catalizador para el cambio sostenible. Al armonizar la tecnología y la ética empresarial, se pueden abrir nuevos horizontes hacia un desarrollo innovador, respetuoso con el medio ambiente y socialmente responsable (Liu et al., 2019).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Explorar el potencial de la Inteligencia Artificial (IA) como impulsora para promover la innovación sostenible y la transformación empresarial hacia una economía más responsable.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Examinar cómo las empresas están utilizando la IA para mejorar su desempeño en términos de sostenibilidad, optimizando procesos, reduciendo el desperdicio y desarrollando soluciones económicas, ambientales y socialmente responsables.
- Identificar las mejores prácticas y estrategias de sostenibilidad que las empresas han implementado a través de la incorporación de la IA en sus operaciones.
- Analizar los desafíos y oportunidades que surgen de la integración de la IA en el entorno empresarial, considerando aspectos económicos, sociales y ambientales.

3. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos planteados en esta investigación sobre la integración de la Inteligencia Artificial (IA) con la innovación sostenible y la transformación empresarial, se propone una metodología cualitativa. Esto permite obtener una comprensión profunda y holística del tema de estudio y compensando sus limitaciones (Creswell & Plano Clark, 2017).

La metodología propuesta consta de tres etapas: revisión de la literatura, recopilación y análisis de información primaria, y síntesis e interpretación de resultados.

A continuación, se explica cada una de las fases:

FASE 1: REVISIÓN DE LA LITERATURA

Se lleva a cabo una revisión de la literatura existente relacionada con la integración de la IA en el entorno empresarial, su impacto en la sostenibilidad y la innovación. Esta revisión incluirá fuentes académicas online como artículos de revistas, libros, informes de investigación de nivel de maestría y tesis doctorales.

Las actividades clave de esta fase incluyen:

- Búsqueda de los documentos base que contienen los datos académicos utilizando palabras clave relevantes.
- Análisis de los casos presentados en los documentos.
- Identificación de marcos teóricos y enfoques metodológicos utilizados en investigaciones previas.

FASE 2: ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

En esta fase, se analiza la información presentada en los documentos objeto de la revisión de literatura.

Se realizará un análisis de contenido de los documentos seleccionados, identificando temas, conceptos y hallazgos clave relacionados con la integración de la IA, la sostenibilidad empresarial y la innovación. Se utilizarán técnicas de codificación y categorización para organizar y analizar los datos de manera sistemática (Wicks, D. 2017).

Se utiliza la triangulación de datos como estrategia para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados. Esto implica contrastar y complementar los hallazgos de la revisión de la literatura con las perspectivas y experiencias compartidas por los expertos en las entrevistas.

FASE 3: INTERPRETACIÓN Y FORMULACIÓN DE RECOMENDACIONES

En esta fase final, se interpretarán los resultados obtenidos a la luz de los objetivos de la investigación (Merriam & Tisdell, 2015). Se identifican las implicaciones prácticas y se formularán recomendaciones específicas para que las empresas puedan maximizar el potencial de la IA en la promoción de la innovación sostenible y la construcción de un futuro más equitativo y respetuoso con el medio ambiente.

Las recomendaciones abordarán aspectos como las mejores prácticas para la integración de la IA, las estrategias de sostenibilidad efectivas, la gestión de los desafíos y riesgos asociados, y la importancia de la ética y la responsabilidad en el desarrollo e implementación de estas tecnologías (Shahriari & Shahriari, 2017).

Esta metodología cualitativa basada en el análisis documental permitirá obtener una comprensión profunda del papel de la IA como impulsora de la innovación sostenible y la transformación empresarial. La triangulación de datos e información de las diferentes fuentes, enriquecerá los hallazgos y aumentará la validez de los resultados (Chatila et al., 2018).

4. RESULTADOS

La presente sección ofrece un análisis detallado de los hallazgos obtenidos a partir de la revisión de la literatura en el campo de la Inteligencia Artificial (IA) en relación con la sostenibilidad. El objetivo principal de esta investigación es explorar el potencial de la IA como impulsora de la innovación sostenible y la transformación empresarial hacia una economía más sostenible y responsable.

Los resultados se han organizado en torno a los tres objetivos específicos planteados: (1) examinar cómo las empresas están utilizando la IA para mejorar su desempeño en términos de sostenibilidad, (2) identificar las mejores prácticas y estrategias de sostenibilidad implementadas a través de la IA, y (3) analizar los desafíos y oportunidades que surgen de la integración de la IA en el entorno empresarial. A continuación, se presentan los principales hallazgos, respaldados por estudios recientes y casos prácticos, que ilustran cómo la IA está siendo utilizada para promover la sostenibilidad y la innovación en diversos sectores.

Para el estudio se seleccionaron 13 estudios, cuya escogencia se dio bajo criterios de relevancia temática, diversidad geográfica y sectorial, rigor metodológico, actualidad de la información, cobertura integral de los objetivos de investigación y variedad en enfoques y métodos. Estos argumentos garantizan que los estudios seleccionados aportan una base sólida y confiable para explorar el impacto de la IA en la innovación y la sostenibilidad empresarial, permitiendo obtener resultados significativos y valiosos para la investigación.

En la tabla 1 se presenta el listado de documentos fuente escogidos para el estudio:

TABLA 1. Estudios Seleccionados sobre el Impacto de la Inteligencia Artificial en la Innovación y Sostenibilidad Empresarial

| Nombre del estudio | Enlace al documento | País | Año |
|--|---------------------|-----------|------|
| Granados Ferreira, J. (2022). Análisis de la inteligencia artificial en las relaciones laborales. Revista CES Derecho, 13(1), 111-132. | Enlace | Colombia | 2022 |
| Implementación de una aplicación web con servicio de chatbot con inteligencia artificial que permita la autogestión de cuentas por pagar de los proveedores de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. | Enlace | Colombia | 2020 |
| Inteligencia Artificial: el futuro del empleo | Enlace | Colombia | 2023 |
| Auditoría del futuro, la prospectiva y la inteligencia artificial para anticipar riesgos en las organizaciones | Enlace | Ecuador | 2023 |
| Inteligencia artificial (IA) aplicada a la gestión pública | Enlace | Venezuela | 2021 |
| La Inteligencia Artificial al servicio de la gestión y la implementación en la educación | Enlace | Perú | 2023 |
| Compañías de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú aseguraron que en los últimos 24 meses han implementado más rápido la IA | Enlace | Colombia | 2024 |
| La inteligencia artificial aplicada a la optimización de programas informáticos. | Enlace | Ecuador | 2023 |
| Inteligencia Artificial: El reto contemporáneo de la gestión empresarial | Enlace | Ecuador | 2023 |
| EL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO HERRAMIENTA EFECTIVA EN LAS ACTIVIDADES DEL COMERCIO INTERNACIONAL | Enlace | Ecuador | 2023 |
| Beneficios y desafíos de los asistentes virtuales en el aprendizaje | Enlace | Ecuador | 2023 |
| Impacto de la inteligencia artificial en el desarrollo y calidad de vida de los seres humanos | Enlace | Colombia | 2023 |
| Efecto de la turbulencia tecnológica generada por la inteligencia artificial en la innovación de producto | Enlace | Colombia | 2023 |

Fuente: elaboración propia

A partir de la tabla 1, se da respuesta a cada uno de los objetivos, como se observa a continuación:

Objetivo específico 1: En la tabla 2, se examina cómo las empresas están utilizando la IA para mejorar su desempeño en términos de

sostenibilidad, optimizando procesos, reduciendo el desperdicio y desarrollando soluciones económicas, ambientales y socialmente responsables. Esto se muestra tomando en cuenta los documentos que directamente permiten realizar la observación.

TABLA 2. *Uso de la Inteligencia Artificial para Mejorar el Desempeño en Sostenibilidad Empresarial*

| Autor del estudio | Contribución |
|---------------------------------------|--|
| Granados Ferreira, J. (2022) | Analiza el impacto de la IA en las relaciones laborales, destacando mejoras en eficiencia y reducción de desperdicio mediante la automatización de procesos. |
| Nieto Cortés, J. D. (2020) | Implementación de un chatbot para la gestión financiera, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo errores en la gestión de cuentas por pagar. |
| Erazo-Luzuriaga, A. F., et al. (2023) | La IA aplicada a la optimización de programas informáticos, destacando la reducción de recursos y mejora en la eficiencia operativa. |
| Meregildo, M. S. B., et al. (2023) | Beneficios de la tecnología 4.0 en el sector construcción, incluyendo la IA para optimizar procesos y reducir desperdicio en proyectos de construcción. |
| Coronado-Medina, A., et al. (2023) | Efecto de la IA en la innovación de productos, mejorando la eficiencia y sostenibilidad en el desarrollo de nuevos productos. |

Fuente: elaboración propia

Estos estudios revelan cómo las empresas están utilizando la IA para optimizar procesos y reducir el desperdicio, mejorando así su desempeño en términos de sostenibilidad. Desde la automatización de relaciones laborales hasta la gestión financiera mediante chatbots, la IA está siendo utilizada para desarrollar soluciones que son económica, ambiental y socialmente responsables. La implementación de IA en sectores como la construcción y el desarrollo de productos también destaca cómo esta tecnología puede contribuir significativamente a la sostenibilidad operativa.

Objetivo específico 2: En la tabla 3, es posible identificar las mejores prácticas y estrategias de sostenibilidad que las empresas han implementado a través de la incorporación de la IA en sus operaciones, es observable a partir de los siguientes estudios:

TABLA 3. *Mejores Prácticas y Estrategias de Sostenibilidad Implementadas con Inteligencia Artificial*

| Estudio | Contribución |
|--|--|
| Ocaña-Fernández, Y., et al. (2021) | Análisis de la implementación de IA en la gestión empresarial, destacando las mejores prácticas en la adopción de IA para la sostenibilidad operativa. |
| Satama, F. L. V., & Terán, G. A. F. (2023) | Discute los retos y mejores prácticas para la integración de IA en la gestión empresarial para promover la innovación sostenible. |
| Estupiñán, A. M. L., & Mesa, L. P. (2023) | Discute el impacto de la IA en el empleo y cómo las mejores prácticas en su adopción pueden mejorar la sostenibilidad laboral. |
| Torres, D. M. S. M., et al. (2023) | Aplicación de la IA en la educación para el desarrollo sostenible, destacando estrategias para integrar la IA en el sector educativo. |
| Inteligencia artificial en las empresas: cómo implementarla y cuáles son sus ventajas (2023) | Guía práctica sobre la implementación de IA en empresas, destacando las mejores prácticas para maximizar la sostenibilidad operativa. |

Fuente: elaboración propia

La identificación de mejores prácticas y estrategias de sostenibilidad es fundamental para que las empresas puedan aprovechar al máximo las ventajas de la IA. Los estudios revisados proporcionan ejemplos claros de cómo integrar efectivamente la IA en diversas operaciones empresariales. Las prácticas incluyen la adopción de tecnologías para la gestión operativa, la educación y la sostenibilidad laboral. Las guías prácticas y los análisis estratégicos presentados ayudan a las empresas a comprender cómo implementar la IA de manera que maximice los beneficios sostenibles.

Objetivo específico 3: En la tabla 4, se analiza por cada uno de los estudios los desafíos y oportunidades que surgen de la integración de la IA en el entorno empresarial, considerando aspectos económicos, sociales y ambientales, es observable en los siguientes estudios:

TABLA 4. *Desafíos y Oportunidades de la Integración de la Inteligencia Artificial en el Entorno Empresarial.*

| Estudio | Contribución |
|---|---|
| Erazo-Castillo, J., & la A-Muñoz, D. (2023) | Analiza cómo la IA puede anticipar riesgos en las organizaciones, destacando los desafíos en la implementación y las oportunidades en la gestión de riesgos. |
| Carvajal Grau, D. F. (2023) | Estudia el impacto de la IA en la calidad de vida, discutiendo los desafíos éticos y sociales de la implementación de IA. |
| Coronado-Medina, A., et al. (2023) | Examina el impacto de la turbulencia tecnológica generada por la IA en la innovación, destacando los desafíos estratégicos y las oportunidades para la digitalización sostenible. |
| Obaco, J. P. C., & Bailón, J. B. (2024) | Discuten los beneficios y desafíos de los asistentes virtuales en el aprendizaje, explorando las oportunidades educativas y los retos en la adopción de IA. |
| Sánchez, C. S. G. (2023) | Analiza el uso de la IA en el comercio internacional, destacando los desafíos económicos y las oportunidades para mejorar la sostenibilidad en el comercio global. |

Fuente: elaboración propia

La integración de la IA en el entorno empresarial presenta tanto desafíos como oportunidades. Los estudios revisados destacan cómo la IA puede anticipar y gestionar riesgos, mejorar la calidad de vida, y fomentar la innovación, todo ello mientras enfrenta desafíos éticos, sociales y económicos. La gestión de estos desafíos es crucial para maximizar las oportunidades que la IA ofrece en términos de sostenibilidad y eficiencia operativa. Los estudios también subrayan la importancia de abordar estos aspectos de manera estratégica y ética para asegurar una implementación exitosa y sostenible de la IA en las empresas.

La presentación de estos resultados, permite colegir cómo la IA está siendo utilizada para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia en diversas áreas empresariales. Los estudios revisados proporcionan una visión integral de las prácticas actuales, estrategias efectivas y desafíos que enfrentan las empresas al integrar la IA en sus operaciones. Estos hallazgos no solo evidencian el potencial de la IA para impulsar la innovación sostenible, sino que también destacan la necesidad de abordar los desafíos éticos y estratégicos para asegurar un impacto positivo y duradero.

En su conjunto, uno de los hallazgos clave de esta investigación es que la mayoría de las empresas que han adoptado la IA lo han hecho, al

menos en parte, con el objetivo de mejorar su desempeño en términos de sostenibilidad.

La integración de la Inteligencia Artificial (IA) en el entorno empresarial que favorezca la innovación y la sostenibilidad, presenta una serie de desafíos que las organizaciones deben superar para aprovechar plenamente su potencial. Estos desafíos se presentan en la tabla 5. Abarcan diversas áreas, incluyendo aspectos técnicos, éticos y sociales, económicos y estratégicos. La siguiente tabla proporciona una visión general de los principales obstáculos identificados en estudios recientes, destacando las dificultades que enfrentan las empresas en la implementación de la IA y cómo estas barreras pueden impactar sus operaciones y estrategias de sostenibilidad.

TABLA 5. *Desafíos para la Integración de la Inteligencia Artificial en las Empresas*

| Categoría | Estudio | Desafío | Descripción |
|-------------------|---|--|--|
| Técnicos | Erazo-Castillo, J., & la A-Muñoz, D. (2023) | Complejidad en la implementación de sistemas de IA | La integración de IA requiere infraestructuras tecnológicas avanzadas y habilidades técnicas especializadas, lo que puede ser un obstáculo significativo para muchas organizaciones. |
| | Meregildo, M. S. B., et al. (2023) | Interoperabilidad y mantenimiento de sistemas | Asegurar que los sistemas de IA sean interoperables con la tecnología existente y mantener estos sistemas puede ser complicado y costoso. |
| Éticos y Sociales | Carvajal Grau, D. F. (2023) | Implicaciones éticas y de privacidad | El uso de IA plantea importantes preocupaciones éticas, como la privacidad de los datos, la transparencia en los algoritmos y el sesgo en los resultados. |
| | Satama, F. L. V., & Terán, G. A. F. (2023) | Impacto en el empleo | La automatización impulsada por la IA puede llevar a la reducción de puestos de trabajo, lo que plantea desafíos sociales significativos y requiere estrategias de gestión del cambio y reentrenamiento. |
| Económicos | Coronado-Medina, A., et al. (2023) | Costos de implementación y mantenimiento | Los costos iniciales de implementación de sistemas de IA y los gastos continuos de mantenimiento y actualización pueden ser prohibitivos para muchas empresas, especialmente para las pequeñas y medianas. |
| | Sánchez, C. S. G. (2023) | Acceso a financiación y recursos | Obtener la financiación necesaria y acceder a los recursos tecnológicos y humanos adecuados para implementar IA es un desafío, especialmente en mercados emergentes. |
| Estratégicos | Erazo-Castillo, J., & la A-Muñoz, D. (2023) | Alineación con la estrategia empresarial | Integrar la IA de manera efectiva en la estrategia empresarial general es crucial. Esto requiere un cambio cultural y la adaptación de procesos y estructuras organizativas. |
| | Obaco, J. P. C., & Bailón, J. B. (2024) | Adaptación y cambio organizacional | La implementación de IA implica cambios significativos en las prácticas operativas y la cultura organizacional, lo que puede encontrar resistencia interna y requerir una gestión cuidadosa del cambio. |

Fuente: elaboración propia

Los desafíos identificados en la tabla 5 resaltan las complejidades multifacéticas asociadas con la integración de la IA en las empresas. Técnicamente, las organizaciones enfrentan la necesidad de infraestructuras avanzadas y la interoperabilidad de sistemas, lo que puede ser una barrera significativa para la adopción. Éticamente, la privacidad y la transparencia siguen siendo preocupaciones críticas que requieren atención. Económicamente, los altos costos y el acceso limitado a recursos financieros y tecnológicos dificultan la implementación, especialmente para las pequeñas y medianas empresas. Estratégicamente, la alineación de la IA con la estrategia empresarial y la gestión del cambio organizacional son esenciales para una adopción efectiva. Abordar estos desafíos de manera proactiva y estratégica permitirá a las empresas no solo superar obstáculos, sino también maximizar los beneficios de la IA en la promoción de la sostenibilidad y la innovación.

Por otro lado, las oportunidades identificadas incluyen la capacidad de la IA para procesar y analizar grandes volúmenes de datos (Big Data), automatizar tareas y procesos, optimizar la toma de decisiones y desarrollar nuevos productos y servicios innovadores. Además, los expertos destacaron el potencial de la IA para fomentar modelos de negocio más circulares y sostenibles.

5. DISCUSIÓN

A continuación se presentan los hallazgos obtenidos a través de un análisis de la literatura existente tomada para el presente estudio, en la relación entre inteligencia artificial (IA) y la sostenibilidad. La investigación busca explorar cómo la IA puede ser una herramienta clave para impulsar la innovación sostenible y la transformación empresarial hacia una economía más responsable. Los resultados se organizan en torno a tres objetivos específicos: examinar cómo las empresas utilizan la IA para mejorar su desempeño en sostenibilidad, identificar las mejores prácticas y estrategias de sostenibilidad implementadas a través de la IA, y analizar los desafíos y oportunidades que surgen de la integración de la IA en el entorno empresarial. A continuación, se detallan los

principales hallazgos que demuestran el impacto y el potencial de la IA en estos contextos:

5.1. USO DE LA IA PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO EN TÉRMINOS DE SOSTENIBILIDAD

Los resultados indican que las empresas están utilizando la IA para optimizar procesos, reducir el desperdicio y desarrollar soluciones sostenibles. Esto es consistente con la literatura existente, que destaca el potencial de la IA para mejorar la eficiencia operativa y promover prácticas empresariales sostenibles, como se nombra en los estudios de: Granados Ferreira, 2022; Nieto Cortés, 2020; Erazo-Luzuriaga et al., 2023.

- **Optimización de Procesos:** Los estudios revisados muestran que la IA se está utilizando para mejorar la gestión financiera, la optimización de programas informáticos y la eficiencia en la construcción. Esto se alinea con las investigaciones de Merigildo et al. (2023) y Coronado et al. (2023), que destacan la capacidad de la IA para reducir los costos y mejorar la eficiencia operativa.
- **Reducción del Desperdicio:** La implementación de chatbots y otras tecnologías de IA ha demostrado ser efectiva para reducir errores y desperdicios en diversos procesos empresariales, lo cual es un paso crucial hacia la sostenibilidad, como lo menciona Nieto Cortés, 2020.
- **Desarrollo de Soluciones Sostenibles:** La innovación de productos y la adopción de prácticas sostenibles apoyadas por IA reflejan un compromiso creciente de las empresas con la sostenibilidad ambiental y social, como lo manifiesta Coronado et al., 2023.

5.2. MEJORES PRÁCTICAS Y ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD CON LA IA

La identificación de mejores prácticas en la adopción de la IA es fundamental para maximizar los beneficios sostenibles. Los estudios revisados proporcionan ejemplos claros de cómo integrar efectivamente la IA en diversas operaciones empresariales.

- **Adopción de Tecnologías Avanzadas:** Las empresas están adoptando tecnologías de IA para mejorar la gestión operativa y educativa, lo cual es consistente con las mejores prácticas identificadas por Ocaña et al., y Torres et al. Estas prácticas incluyen la formación continua y la adaptación tecnológica.
- **Estrategias de Gestión del Cambio:** La gestión del cambio es crítica para la integración exitosa de la IA. Satama y Terán discuten cómo las estrategias efectivas pueden superar las barreras iniciales y asegurar una implementación efectiva de la IA.
- **Sostenibilidad Laboral y Educativa:** La IA está siendo utilizada para mejorar la sostenibilidad laboral mediante la automatización de procesos y la creación de nuevos roles (Estupiñán & Mesa, 2023). En el ámbito educativo, Torres et al. (2023) destacan cómo la IA puede apoyar el desarrollo sostenible mediante la personalización del aprendizaje.

5.3. DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DE LA INTEGRACIÓN DE LA IA

La integración de la IA presenta tanto desafíos como oportunidades, que deben ser gestionados cuidadosamente para maximizar los beneficios.

- **Desafíos Técnicos:** La complejidad en la implementación de sistemas de IA y la interoperabilidad de estos sistemas con tecnologías existentes son desafíos significativos, como lo manifiesta Erazo et al., 2023. Estos desafíos técnicos requieren inversiones en infraestructuras avanzadas y habilidades especializadas.
- **Desafíos Éticos y Sociales:** Los estudios resaltan preocupaciones éticas como la privacidad de los datos, la transparencia en los algoritmos y el impacto de la IA en el empleo, como lo manifiestan los estudios realizados por Carvajal Grau y Satama & Terán. Abordar estos desafíos es crucial para asegurar una implementación ética y responsable de la IA.
- **Desafíos Económicos:** Los altos costos de implementación y mantenimiento de sistemas de IA, así como el acceso limitado

a recursos financieros y tecnológicos, representan barreras económicas significativas que se indican en las investigaciones realizadas por Coronado et al., y Sánchez en 2023. Es esencial que las empresas busquen formas de mitigar estos costos y acceder a la financiación necesaria.

- **Oportunidades Estratégicas:** La alineación de la IA con la estrategia empresarial y la gestión del cambio organizacional son esenciales para una adopción efectiva, como lo manifiestan los estudios de Erazo-Castillo & la A-Muñoz y Obaco & Bailón. Las empresas que logren integrar la IA de manera estratégica estarán mejor posicionadas para aprovechar las oportunidades que esta tecnología ofrece.

5.4 IMPLICACIONES PRÁCTICAS

Los hallazgos de este estudio tienen varias implicaciones prácticas para las empresas:

- **Inversión en Infraestructura y Capacitación:** Es crucial que las empresas inviertan en infraestructuras tecnológicas avanzadas y en la capacitación de su personal para superar los desafíos técnicos.
- **Políticas y Regulaciones Éticas:** Desarrollar políticas y regulaciones que aborden las preocupaciones éticas y sociales relacionadas con la IA es fundamental para su implementación responsable.
- **Estrategias de Financiación:** Las empresas deben explorar diversas estrategias de financiación para mitigar los altos costos de implementación y mantenimiento de la IA.
- **Gestión del Cambio:** Implementar estrategias efectivas de gestión del cambio es esencial para integrar la IA en la estrategia empresarial y superar la resistencia interna.

Aunque la integración de la IA presenta desafíos significativos, también ofrece numerosas oportunidades para mejorar la sostenibilidad y la

innovación empresarial. Las empresas que aborden proactivamente estos desafíos y que además adopten las mejores prácticas identificadas estarán bien posicionadas para liderar en un futuro más sostenible y tecnológicamente avanzado.

6. CONCLUSIONES

La presente investigación ha permitido explorar el potencial de la IA como impulsora de la innovación sostenible y la transformación empresarial hacia una economía más responsable. A través de un enfoque metodológico mixto, que incluyó la revisión de la literatura y la recopilación de datos cualitativos, se han obtenido hallazgos significativos que responden a los objetivos específicos planteados, con lo cual se puede determinar que:

Los resultados indican que las empresas están utilizando la IA para optimizar procesos, reducir el desperdicio y desarrollar soluciones sostenibles. La IA se ha implementado en diversas áreas, desde la gestión financiera hasta la optimización de programas informáticos y la eficiencia en la construcción. Estos esfuerzos no solo mejoran el uso operativo de recursos, sino que también contribuyen significativamente a la sostenibilidad ambiental y social. Las empresas que adoptan la IA pueden reducir sus costos operativos y minimizar su impacto ambiental, lo que las posiciona favorablemente en un mercado cada vez más consciente de la sostenibilidad.

La identificación de mejores prácticas y estrategias de sostenibilidad a través de la IA es fundamental para que las empresas maximicen los beneficios de esta tecnología. Las prácticas identificadas incluyen la adopción de tecnologías avanzadas, la gestión efectiva del cambio, y el uso de la IA para mejorar la sostenibilidad laboral y educativa. La formación continua y la adaptación tecnológica son esenciales para asegurar que las empresas puedan integrar la IA de manera efectiva. Además, las estrategias de gestión del cambio y la alineación con la estrategia empresarial son críticas para superar las barreras iniciales y asegurar una implementación exitosa.

La integración de la IA presenta una serie de desafíos técnicos, éticos, sociales, económicos y estratégicos. Estos desafíos incluyen la complejidad de la implementación, las preocupaciones éticas y de privacidad, los altos costos de implementación y mantenimiento, y la necesidad de una alineación estratégica con los objetivos empresariales. Sin embargo, también se presentan numerosas oportunidades, como la mejora en la eficiencia operativa, la reducción de riesgos y el impulso a la innovación sostenible. Abordar estos desafíos de manera proactiva y estratégica permitirá a las empresas no solo superar obstáculos, sino también maximizar los beneficios de la IA en la promoción de la sostenibilidad y la innovación.

Los hallazgos de este estudio tienen varias implicaciones prácticas para las empresas:

- **Inversión en Infraestructura y Capacitación:** Es crucial que las empresas inviertan en infraestructuras tecnológicas avanzadas y en la capacitación de su personal para superar los desafíos técnicos.
- **Políticas y Regulaciones Éticas:** Desarrollar políticas y regulaciones que aborden las preocupaciones éticas y sociales relacionadas con la IA es fundamental para su implementación responsable.
- **Estrategias de Financiación:** Las empresas deben explorar diversas estrategias de financiación para mitigar los altos costos de implementación y mantenimiento de la IA.
- **Gestión del Cambio:** Implementar estrategias efectivas de gestión del cambio es esencial para integrar la IA en la estrategia empresarial y superar la resistencia interna.

7. REFERENCIAS

- Alshenqeeti, H. (2014). Interviewing as a data collection method: A critical review. *English linguistics research*, 3(1), 39-45.
- Arrieta, A. B., Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A.,... & Herrera, F. (2020). Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Information Fusion*, 58, 82-115.
<https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.12.012>

- Carvajal Grau, D. F. (2023). Impacto de la inteligencia artificial en el desarrollo y calidad de vida de los seres humanos. (Doctoral dissertation, Universidad Santo Tomás). Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/51003>
- Coronado-Medina, A., Arias-Pérez, J., & Perdomo-Charry, G. (2023). Efecto de la turbulencia tecnológica generada por la inteligencia artificial en la innovación de producto: el papel de la orientación estratégica a la digitalización. *Innovar: Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 33(89), 37–50. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/27233875>
- Chatila, R., Firth-Butterfield, K., & Havens, J. C. (2018). Ethically aligned design: A vision for prioritizing human well-being with autonomous and intelligent systems. Version 2. University of southern California Los Angeles.
- Cohen, E. (2008). Book Review: Creswell, JW, & Plano Clark, VL (2006). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. Thousand Oaks, CA: Sage. *Research on Social Work Practice*, 18(5), 527-530.
- Di Vaio, A., Palladino, R., Hassan, R., & Escobar, O. (2020). Artificial intelligence and business models in the sustainable development goals perspective: A systematic literature review. *Journal of Business Research*, 121, 283-314.
- Erazo-Castillo, J., & la A-Muñoz, D. (2023). Auditoría del futuro, la prospectiva y la inteligencia artificial para anticipar riesgos en las organizaciones. *Revista Digital Novasinergia*, 6(1), 105-119. Recuperado de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rns/v6n1/2631-2654-rns-6-01-00105.pdf>
- Erazo-Luzuriaga, A. F., Ramos-Secaira, F. M., Galarza-Sánchez, P. C., & Boné-Andrade, M. F. (2023). La inteligencia artificial aplicada a la optimización de programas informáticos. *Journal of Economic and Social Science Research*, 3(1), 48-63. Recuperado de <https://economicsocialresearch.com/index.php/home/article/view/61/195>
- Estupiñán, A. M. L., & Mesa, L. P. (2023). Inteligencia Artificial: el futuro del empleo. *Revista Lecciones Vitales*, lv0103-lv0103. Recuperado de <https://webcache.icesi.edu.co/revistas/index.php/rlv/article/view/6118/4670>
- Fowler Jr, F. J. (2013). *Survey research methods*. Sage publications.
- Granados Ferreira, J. (2022). Análisis de la inteligencia artificial en las relaciones laborales. *Revista CES Derecho*, 13(1), 111-132. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cesd/v13n1/2145-7719-cesd-13-01-111.pdf>
- Giret, A., Trentesaux, D., & Prabhu, V. (2015). Sustainability in manufacturing operations scheduling: A state of the art review. *Journal of Manufacturing Systems*, 37, 126-140.

- Glonti, V., Trynchuk, V., Khovrak, I., Mokhonko, G., Shkrobot, M., & Manvelidze, L. (2020). Socialization of organization sustainable development based on the principles of corporate social responsibility. *Montenegrin Journal of Economics*, 16(1), 169-182.
- Liu, R., Gailhofer, P., Gensch, C. O., Köhler, A., Wolff, F., Monteforte, M.,... & Williams, R. (2019). Impacts of the digital transformation on the environment and sustainability. Issue Paper under Task, 3.
- Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution*.
- Meregildo, M. S. B., Cruz, R. E. C., Calle, M. S. G., & Chávez, D. V. (2023). Beneficios de la tecnología 4.0 en el sector construcción: Revisión sistemática. *Gestión de Operaciones Industriales*, 2(02), 21-29. Recuperado de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/RINGIND/article/view/5796/5847>
- Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2015). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (4th ed.). Jossey-Bass.
- Mora, M. J., & Martínez, F. R. M. (2018). Desarrollo local sostenible, responsabilidad social corporativa y emprendimiento social. *Equidad y desarrollo*, (31), 27-46.
- Nieto Cortés, J. D. (2020). Implementación de una aplicación web con servicio de chatbot con inteligencia artificial que permita la autogestión de cuentas por pagar de los proveedores de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Recuperado de https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/12018/2020_Tesis_Julian_David_Nieto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Nishant, R., Kennedy, M., & Corbett, J. (2020). Artificial intelligence for sustainability: Challenges, opportunities, and a research agenda. *International Journal of Information Management*, 53, 102104. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102104>
- Obaco, J. P. C., & Bailón, J. B. (2024). Beneficios y desafíos de los asistentes virtuales en el aprendizaje: Benefits and Challenges of Virtual Assistants in Learning. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(2), 685-700. Recuperado de <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/1909/2461>
- Ocaña-Fernández, Y., Valenzuela-Fernández, L. A., Vera-Flores, M. A., & Rengifo-Lozano, R. A. (2021). Implementación de la inteligencia artificial en la gestión empresarial. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(96), 686-701. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/290/29069612013/29069612013.pdf>

- Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice*. Sage publications.
- Sánchez, C. S. G. (2023). El uso de la inteligencia artificial como herramienta efectiva en las actividades del comercio internacional. *Revista de Investigación Formativa: Innovación y Aplicaciones Técnico-Tecnológicas*, 5(2). Recuperado de <http://ojs.formacion.edu.ec/index.php/rei/article/view/335>
- Sarkar, A., Qian, L., & Peau, A. K. (2020). Overview of green business practices within the Bangladeshi RMG industry: competitiveness and sustainable development perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 22888-22901.
- Satama, F. L. V., & Terán, G. A. F. (2023). Inteligencia Artificial: El reto contemporáneo de la gestión empresarial. *Revista ComHumanitas*, 14(1), 94-111. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9068865>
- Torres, D. M. S. M., Flores Mayorga, C. A., Pintado, A. L. S., & Gallegos, E. M. G. (2023). Aplicación de la Inteligencia Artificial en la Educación para el Desarrollo Sostenible: Un Análisis Sistemático. *Magazine de las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación*, 8(1), 89-108. Recuperado de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/magazine/article/view/2968/2623>
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domish, S.,... & Fuso Nerini, F. (2020). El papel de la inteligencia artificial en la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible. *Nature Communications*, 11(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>
- Schreier, M., Stamann, C., Janssen, M., Dahl, T., & Whittal, A. (2019). Qualitative content analysis: Conceptualizations and challenges in research practice.
- Shahriari, K. y Shahriari, M. (julio de 2017). Revisión del estándar IEEE: diseño alineado éticamente: una visión para priorizar el bienestar humano con inteligencia artificial y sistemas autónomos. En 2017, Conferencia Internacional de Tecnología Humanitaria (IHTC) del IEEE Canadá (págs. 197-201). IEEE.
- Terrell, SR (2022). Redacción de una propuesta para su tesis: pautas y ejemplos. Publicaciones de Guilford.
- Wicks, D. (2017). The coding manual for qualitative researchers. *Qualitative research in organizations and management: an international journal*, 12(2), 169-170.

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO HERRAMIENTA ESTRATÉGICA DE LOS NEGOCIOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS Y SERVICIOS Y SU IMPULSO POSITIVO EN LA GENERACIÓN DE RECURSOS FINANCIEROS

GLEN ROBAYO CABRERA

Universidad Bolivariana del Ecuador

Km 5.5 vía Durán Yaguachi, 092405 Durán, Ecuador

Una exploración de las microempresas de Durán y Guayaquil (Ecuador)

1. INTRODUCCIÓN

Las MiPymes constituyen un motor dinámico en las economías de los países, de acuerdo con estudios de la CEPAL en América Latina constituyen el 99% de las empresas y emplean alrededor del 67% del total de los trabajadores, por otro lado su contribución con el PIB es relativamente bajo, si se las compara con la MiPymes de Europa el 40% de éstas exportan de sus productos, mientras que en América Latina cerca del 10% de las empresas lo hacen.

TABLA 1. *Número de MiPymes y porcentaje con respecto al total de empresa*

| País | Número de MIPYMES (estimado en millones) | Porcentaje de MIPYMES con respecto al total de empresas |
|-------------|---|--|
| Argentina | 4 | 99% |
| Bolivia | 1 | 98% |
| Chile | 1.5 | 98% |
| Colombia | 2.5 | 99% |
| Ecuador | 1.2 | 98% |
| México | 5 | 99% |
| Perú | 1.5 | 99% |
| Uruguay | 0.3 | 99% |

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)

Con respecto al Ecuador como se muestra en la Tabla 1, las MiPymes representan el 98% de los cuales el 95% corresponde a la microempresa siendo un aporte fundamental para el crecimiento económico del país. Según cifras del INEC al 2023 las microempresas ecuatorianas generaron el 23% de plazas de empleo del total de empresas y con respecto a la masa salarial el 14% (10.8% más con respecto al 2022). En dato importante de resaltar que no es menos importante es que alrededor de 520 microempresas dieron el paso a la conversión de pequeña empresa.

Considerando los cambios tecnológicos que estamos viviendo las microempresas se transforman y se adaptan según las exigencias del mercado que es empujado por un sinnúmero de variables como la demanda, la oferta, los precios, los procesos de comercialización, modelos de negocios innovadores, nuevas formas de producción y de servicios, uso de tecnologías disruptivas como es el caso de la inteligencia artificial que la vemos diariamente y que tiene una influencia importante en el desarrollo y crecimiento de las empresas y que cada vez se está empezando a usar con mayor recurrencia como herramienta estratégica del negocio.

Este trabajo está enfocado en determinar la relación de la inteligencia artificial con las microempresas de Durán y Guayaquil (Ecuador), comprender su alcance, su grado de influencia en la transformación digital de este tipo de empresas y su efecto en los resultados alcanzados.

2. OBJETIVOS

Analizar el efecto de la usabilidad de la inteligencia artificial como herramienta estratégica para mejorar la calidad de los productos y servicios y su impulso para la generación de recursos financieros de las microempresas a través de la eficiencia de sus procesos

3. METODOLOGÍA

Se efectuó una revisión bibliométrica de los distintos aportes durante el periodo 2019 – 2024 sobre los alcances y usos de la inteligencia artificial en las empresas y su relación con los procesos eficientes del negocio que se los considera como procesos de calidad, los cuales

garantizaron la reducción de los distintos costos operativos generando flujos adicionales de recursos financieros.

Esta revisión a nivel documental también estuvo enfocada en aquellos estudios que se realizaron sobre la entrega de productos y servicios con alto valor agregado tanto para el cliente externo, interno, y demás partes interesadas. En la selección bibliométrica no solo se centró en casos de investigación de microempresas ecuatorianas sino también de otros países para encontrar un símil entre la calidad, la inteligencia artificial y la generación de recursos adicionales financieros o establecer puntos de diferenciación.

Otro componente revisado fueron las estadísticas de empresas realizadas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC) para conocer el registro estadístico del año 2023 de las microempresas ecuatorianas, que incluye la dinámica de empresa por tamaño, tasa de empleo y masa salarial, entre otras estadísticas.

De la página de Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador se revisó el ranking de empresas, industria, sector, volumen de ventas, número de trabajadores, participación de trabajadores, impuestos y utilidad neta.

Por último se aplicó una encuesta a 30 microempresarios distribuidos en Guayaquil y Durán para conocer el grado de penetración y usabilidad de la inteligencia artificial en sus procesos operativos, la inversión realizada, reducción de costos, incremento de recursos financieros como consecuencia del uso de la inteligencia artificial.

4. DISCUSIÓN

En un estudio efectuado a empresas de servicio en el Ecuador (Pincay & Para, 2020) se señala que las Pymes de servicio no dimensionan en su totalidad el alcance y los beneficios de un sistema de calidad debido a la carencia de formación de actitudes y conocimiento de los empleados sobre los sistemas de calidad y su repercusión directa en sus resultados.

En lo que respecta a nuestro estudio creemos que las empresas y específicamente las microempresas si dimensionan los beneficios de los sistemas de calidad, tal es así que de una u otra manera a su propio estilo

de gobernanza alinean sus procesos con el propósito de cumplir sus objetivos y mantenerse en el mercado, y que más bien el incumplimiento de sus objetivos estratégicos puede estar siendo influenciado por la incapacidad de generar recursos financieros, accesos a financiamiento y a tecnologías que les ayude a crecer orgánicamente.

La gestión de la calidad debe ser un componente transversal de toda de la empresa que a través de distintas acciones de carácter preventivo y correctivo les permite ser competitivas fundamentadas especialmente en su propuesta de valor que requiere una participación de todos sus colaboradores de forma continua y permanente (Zavala & Vélez, 2020).

Por otro lado podemos mencionar que la gestión de calidad intrínsecamente busca y permite el aseguramiento de calidad apoyados en el enfoque de la tecnología como componente vital y estratégico del negocio, por lo que será necesario en mayor medida para las microempresas que tanto en su estructura organizacional y operativa como en su capital humano adquieran de forma acelerada determinadas estructuras de organización y competencias especiales en el uso y tratamiento de tecnologías disruptivas que les permita en el corto plazo pasar de la microempresa a la pequeña empresa, y esto podrá ser posible a través de un adecuado y eficiente manejo de su flujo de efectivo apoyados en su propia estructura de la calidad y tecnología.

No está muy claro del todo si ya estamos en la quinta revolución industrial o estamos a la puerta de iniciarla pero lo que sí está claro que la cuarta revolución industrial o calidad 4.0 entre sus principios involucra a las personas, procesos y tecnología y que a través de las tecnologías de avanzadas es posible desarrollar modelos predictivos, ejecutar acciones preventivas de mitigación de riesgos o de aprovechamiento de oportunidades de mercado, así como la medición y seguimiento de procesos en tiempos reales y reducción del costo de la no calidad (Llanes & Lorenzo, 2020), que son determinantes para cualquier tipo de empresa.

Se ha discutido en gran medida sobre la gestión de la calidad y su relación con la gestión de la tecnología en la innovación, en un estudio a 125 empresas manufacturera en México (Ahuja & Yépez et al, 2020) se determinó que existe una correlación significativa y positiva entre

ambas, también se menciona que tiene un impacto positivo en el desempeño de calidad e innovación producto de la sinergia entre la gestión de la calidad y gestión de la tecnología y la innovación vista como componente generador de recursos financieros con lo cual reafirma la idea de que cualquier tipo de empresa independiente de su tamaño debe conjugar calidad, tecnología convencional o disruptiva y finanzas.

A luz de la importancia de la inteligencia artificial y su uso en las empresas, es necesario separar dos instancias, la una que está asociada al uso de la inteligencia artificial en los procesos negocios y que es posible su automatización inteligente, y la otra que está asociada a las decisiones estratégicas del negocio. Mientras que la primera su resultado de éxito se puede prever de alguna manera no tanto para la segunda instancia debido que al tratarse de decisiones estratégicas caen en el campo de la problemática semiestructurada o no estructurada y para este tipo de decisiones es preferible contar con la experiencia y la intuición del decisor estratégico pero esto no lo limita a que pueda apoyarse con herramientas tecnológicas de inteligencia artificial para que le ayuden en el proceso de la toma de decisión (Quinto & Villodas et al, 2021).

El uso de la inteligencia artificial cada vez está más arraigado en la empresa, por destacar en los procesos productivos con el propósito de volverlos eficiente tanto en sus costos operativos como en términos de tiempo se busca que la inteligencia artificial de algún modo garantice una reducción de las necesidades de operativas de fondo (NOF) y que su fondo maniobra (FM) que sea capaz de cubrir dichas operaciones de corto plazo.

Siguiendo este mismo hilo, al hablar de costos operativos también hablamos los niveles de producción, los cuales deben ser los óptimos para cubrir la demanda real con el stock requerido. El problema de la demanda real por expresarlo de un modo es que su cuantificación y evaluación es retrospectiva, es decir, sólo puede ser evaluada en términos reales cuando ya se efectivizó la venta, en otras palabras el análisis debe hacérselo sobre un hecho pasado.

Si partimos de la idea que un presupuesto de producción surge a partir de un presupuesto de venta y cuya construcción es independiente del tamaño de la empresa se tendrá que evaluar diversas variables del

mercado como son la demanda, oferta, precio y sistema de comercialización, y para esto será necesario recurrir a un software inteligente que sea capaz de reproducir el mejor escenario con la mayor cantidad de variables posibles ayudando a establecer los objetivos aterrizados al negocio y al mercado que luego se derivaran en las distintas metas al interior de la empresa.

Si profundizamos un poco más la inteligencia artificial esta tiene muchos campos de acciones como es el caso del aprendizaje automático, procesamiento de lenguaje natural, sistemas expertos, analítica de datos, big data, robótica, entre otras que son aprovechadas por las empresas para volverse inteligentes, veloces e innovadoras (Rainer & Rodríguez 2019).

Para el caso en específico de las microempresas el uso de la analítica de datos a través de softwares de código abierto sería una herramienta estratégica poderosa que la repotenciaría por medio del pleno conocimiento de su demanda permitiéndole clasificar y conocer las preferencias de sus clientes cautivos y potenciales, conocer con qué frecuencia realizan compras y de qué tipo de compras, donde están ubicados sus principales clientes, anticipar futuras compras, establecer campañas inteligentes de marketing, conocer los motivos de insatisfacción del cliente, entre otros tipos de información.

La analítica de datos también tiene su espacio en las finanzas corporativa ya permite analizar las distintas informaciones financieras de diversas empresas, industrias y sectores con el propósito de aprovechar las oportunidades de compra y ventas de instrumentos financieros cotizados en la bolsa o con el propósito de adquirir nuevas empresas, fusionarse o aliarse con un socio estratégico o buscar nuevas fuentes de financiamiento.

En el área de talento humano poder determinar patrones de reclutamiento de personal que le garantice a las empresas contratar personal competente y comprometido, reduciendo el proceso de selección de personal dado estos patrones que han sido construidos a partir de la propia experiencia de la empresa y data de la empresa generada a través del tiempo.

En el campo del desarrollo y de la innovación empresarial creando nuevos productos o servicios, nuevos paradigmas, nuevas formas de trabajo

y de organización, nuevos modelos de negocios basados en la gestión del cambio y en la administración y mitigación del riesgo.

Como hemos notado a lo largo de esta discusión la inteligencia artificial tiene un rol preponderante en el desarrollo de los negocios que por ahora no tiene límite en cuanto a su influencia y su capacidad para transformar empresas convirtiéndose en un actor fundamental de la matriz de cambio de las organizaciones.

5. RESULTADOS

De la encuesta realizada a los microempresarios al preguntarles si utilizan algún tipo de inteligencia artificial el 98% en primera instancia respondió que no, y esto es debido a que ellos sólo asociaban la inteligencia artificial con procesos automatizados e inteligentes y no estaban tomando en cuenta el uso de software inteligentes que en su gran mayoría los tenían integrados en sus empresas y que lo usan mayormente para su gestión comercial. Finalmente este grupo respondió que sí utilizan algún tipo de inteligencia artificial en sus negocios.

Otro punto que se resalta es que los microempresarios reconocen el rol fundamental de la inteligencia artificial en sus diversos procesos, sin embargo el 84% de los encuestados indicó que su inversión para este tipo de tecnología está por debajo de los \$1,000, el 15 % entre \$1,000 y \$3,000 lo cual puede resultar comprensible dado al tipo de negocio, su margen neto y su flujo de efectivo de operación.

También se conoció que los microempresarios prefieren implementar la inteligencia artificial en sus negocios siguiendo una ruta de escalamiento la cual empieza por los procesos comerciales, luego por los operativos, pasando por los de control y gestión y por último los relacionado a la parte administrativa. Aclaremos que este orden es predominante de la encuesta pero no significa que sea el más óptimo.

Analicemos esta ruta de implementación de la inteligencia artificial. Este recorrido es bastante interesante debido que uno de los mayores problemas de este tipo segmento de empresas es la poca venta y la

administración de liquidez, por lo que apuntan en primer lugar a mejorar su gestión de venta, postventa y gestión de cobro.

El siguiente nivel de implementación de la inteligencia artificial sería aplicado a los procesos operativos, esto se basa en el hecho que las ventas al estar creciendo o al menos en índices deseados el microempresario busca ahora la estandarización de la salida de sus productos o servicios conservando la calidad y los costos operativos adecuados que procuren un margen de ganancia mejor que cuando no usaban la inteligencia artificial.

Ahora que se ha mejorado la gestión comercial y se cuenta con procesos automatizados, inteligentes y eficientes con un margen de ganancia mejorado, se requiere implementar la inteligencia artificial en los procesos de control y gestión por ejemplo aquellos relacionados con el control interno como son el cumplimiento de metas departamentales, controles y seguimientos a los procesos de apoyo, estratégicos, detección de desviaciones presupuestales, análisis de riesgos con modelos simulados, entre otros.

La implementación de la inteligencia artificial en los procesos de administración es una ramificación del control interno que lo que busca es mejorar las condiciones del colaborador su desarrollo y crecimiento dentro de la empresa.

El 94% de los que si usan de alguna forma la inteligencia artificial en sus negocios indicaron que no han establecido alguna métrica para determinar el incremento de sus ventas. El 6% restante indicó que sí lo han hecho y que oscila alrededor del 10%.

Con respecto a los costos, el 97% indicó que no ha cuantificado la reducción de sus costos. Esto puede ser debido a que este segmento está más enfocado por vender y mantenerse en el mercado para evitar su exterminio que en el control mismo de los costos lo cual es muy contraproducente para cualquier tipo de negocio.

El 100% de los que indicaron que si usan la inteligencia artificial señalaron que sus clientes están más satisfechos que antes. Esto puede ser posible pero debido a la limitación de la encuesta no se puede contrastar este resultado.

El 94% indicó que la falta de recursos financieros en forma de inversión limita a su empresa a seguir expandiéndose en el uso de la inteligencia artificial en sus diversos procesos estratégicos y operativos.

En general, este segmento de empresas no dimensiona en concreto los ahorros que pueden tener por el uso de la inteligencia artificial en sus procesos que ahora son mucho más eficientes que antes ni tampoco pueden establecer su repercusión en la generación de recursos financieros basado en la eficiencia de operativa.

Un aspecto importante que considerar es que a pesar de los beneficios que la inteligencia artificial ofrece para la analítica de datos tampoco han explotado este tipo de recurso y en su mayoría se mantienen tomando decisiones basados en la experiencia del mercado.

Si bien es cierto que existen programas de financiamiento para la microempresa, unos por iniciativa del gobierno y otros por la banca privada, su acceso es una limitación real para este segmento de empresa que en ocasiones se vuelve inalcanzable y burocrático por la extensión de la tramitología y de las diversas garantías que deben presentar sus propietarios para acceder a ellos, a esto se le sumaría la delicada situación financiera que transita este tipo de empresas.

6. CONCLUSIONES

A pesar de que la inteligencia artificial es un actor fundamental en el desarrollo y transformación de distintas industrias y sectores, aún las microempresas no le han podido sacar el máximo provecho que les puede proporcionar tanto en el campo estratégicos u operativos y esto puede estar influenciado por la idea errónea que el uso y la administración de la inteligencia artificial es propio o exclusivo de las grandes firmas.

Estos resultados no pueden considerarse como absolutos y por el contrario merecen seguir siendo analizados y ser confrontados con otras variables influyentes y que son de interés de cada sector, de cada país y de cada región.

8. REFERENCIAS

- Ahuja Sánchez, L., Yépez Ríos, N. B., & Pedroza Zapata, Á. R. (2020). La relación entre gestión de la calidad total (GCT) y gestión de la tecnología/I+ D (GT/I+ D) en empresas de manufactura en México. *Contaduría y administración*, 65(1).
- Alonso, Andrés y Carbó, José Manuel, *Inteligencia Artificial Y Finanzas: Una Alianza Estratégica* (19 de octubre de 2022). Documento Ocasional del Banco de España No. 2222, El documento descargable está en español, 2022, Disponible en SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4252710> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4252710>.
- Carrillo Punina, Álvaro, Galarza Torres, S., & Tipán Tapia, L. (2022). CLAVES DE LAS FINANZAS EMPRESARIALES. *Revista De Investigación En Modelos Financieros*, 2, 34-59. [https://doi.org/10.56503/rimf/Vol.2\(2022\)p.34-59](https://doi.org/10.56503/rimf/Vol.2(2022)p.34-59).
- Castañeda Hurtado, L. N., & Rodríguez Torres, A. M. (2023). La inteligencia artificial como herramienta para potenciar los pequeños y medianos negocios. *Documentos De Trabajo ECACEN*, 2, 91-99. <https://doi.org/10.22490/ECACEN.7477>.
- José Javier Rainer Granados, Luis Rodríguez Baena (2019). Perspectiva histórica y evolución de la inteligencia artificial. *La inteligencia artificial, aplicada a la defensa* págs. 17-38. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6896759>.
- Llanes-Font, M., & Lorenzo-Llanes, E. (2021). La cuarta revolución industrial y una nueva aliada: calidad 4.0. *Ciencias Holguín*, 27(2), 67-78.
- Pincay-Morales, Y. M., & Parra-Ferrié, C. (2020). Gestión de la calidad en el servicio al cliente de las PYMES comercializadoras. *Una mirada en Ecuador. Dominio De Las Ciencias*, 6(3), 1118-1142. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1341>
- Quinto, N. M. D., Villodas, A. J. C., Montero, C. P. C., Cueva, D. L. E., & Vera, S. A. N. (2021). La inteligencia artificial y la toma de decisiones gerenciales. *Revista de Investigación Valor Agregado*, 8(1), 52-69.
- Robayo Cabrera Glen. (2023). Estudio de caso de costos ocultos por mala gestión operativa y comercial en una administradora privada de fondos. <http://repositorio.ucs.g.edu.ec/bitstream/3317/21011/1/T-UCSG-POS-MFEE-288.pdf>.
- Zavala-Choez, Flor Nereysi ; Vélez-Moreira, Estefanía Monserrate. La gestión de la calidad y el servicio al cliente como factor de competitividad en las empresas de servicios – Ecuador. Localización: Dominio de las Ciencias, ISSN-e 2477-8818, Vol. 6, N° 3, 2020 (Ejemplar dedicado a: Julio-Septiembre 2020), págs. 264-281. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?Codigo=7539687>

APLICACIONES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA CRIMINOLOGÍA Y CIENCIAS POLICIALES

JOSÉ MARÍA LUQUE JUÁREZ
Universidad Isabel I (Burgos)

ROGER SANZ GONZÁLEZ
Universidad Isabel I (Burgos)

CLAUDIO PAYÁ SANTOS
Universidad Isabel I (Burgos)

VÍCTOR RODRÍGUEZ GONZALEZ
Universidad Isabel I (Burgos)

1. INTRODUCCIÓN

La introducción paulatina de soluciones de inteligencia artificial (en adelante IA) en las disciplinas de la criminología y ciencias policiales constituye una auténtica revolución en la manera de realizar el trabajo diario, comprender la forma de abordar la información y entender cualquier minucia basada en datos dentro del proceso de investigación. Este punto de partida genera un nuevo paradigma en la consideración de nuevos aspectos clave como la eficiencia de recursos o en actividades de análisis complejas de inteligencia policial donde la eficacia de las actividades es crucial.

Las capacidades proporcionadas por la IA para analizar grandes conjuntos de datos, identificar patrones, realizar comparaciones, buscar anomalías, establecer tendencias y realizar predicciones ofrecen nuevas posibilidades para prevenir y detectar los delitos gracias a la facilitación de investigaciones de forma minuciosa por una multitud de métodos cualquier detalle con el objetivo de resolver crímenes, sea cual fuere su naturaleza. La aplicabilidad de los métodos de análisis basados en IA se encuentra en evolución constante que requiere se tengan en cuenta

los retos presentes y futuros de su uso dentro de un marco de trabajo que garantice la confiabilidad, auditabilidad y rendición de cuentas.

2. PRINCIPALES CASOS DE USO Y APLICABILIDAD DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA CRIMINOLOGÍA Y CIENCIAS POLICIALES

2.1. ANÁLISIS PREDICTIVO DEL COMPORTAMIENTO DELICTIVO

El análisis predictivo de los delitos mediante el uso de métodos basados en inteligencia artificial (en adelante IA) se ha convertido en un área fundamental de investigación, centrándose parte de las investigaciones en la intersección de la aplicabilidad de la IA y el estudio de las características del crimen (Campedelli, 2019).

El universo de capacidades que se abren en la prevención del crimen gracias a las soluciones de IA y la transversalidad de sus métodos desarrollados en otros escenarios de predicción, son un campo de ensayo donde la investigación aplicada en criminología y ciencias policiales tendrá resultados muy prolíficos en los años venideros con una evidente necesidad de estudios relacionados con la eficacia de los métodos basados en IA para la predicción de los delitos.

La aplicación de modelos clásicos de aprendizaje automático y métodos conjuntos para la predicción del delito está desmarcando como dos de los campos de aplicabilidad más importante, lo que indica un interés creciente en la utilización de algoritmos de aprendizaje máquina clásicos para la predicción del delito (Divyasri y Saranya, 2023). No obstante, es importante remarcar que en otros campos de desarrollo de métodos predictivos complejos se ha evolucionado sustancialmente frente a las iniciativas relacionadas con la prevención del crimen como sucede, por ejemplo, en el campo de la predicción en el sector financiero.

Aunque la aplicación del aprendizaje máquina en los procesos predictivos vinculados a las actividades criminales es un método basado en IA con relevancia, existen otros mecanismos basados en IA que pueden generar un alto impacto en los resultados de análisis, en caso de disponer de datos

suficiente para aplicar métodos predictivos aplicados más avanzados en los casos de uso específicos de la criminología y ciencias policiales.

Un ejemplo de aplicabilidad basada en experiencia de estos métodos predictivos es la investigación realizada en torno a la utilización del método de *clustering* e IA basada en redes neuronales para la proyección de delitos violentos en Colombia (Fontalvo-Herrera y otros,2023) que, de acuerdo con los resultados del propio estudio, proporcionó una capacidad de clasificación predictiva de 97,7 % para los delitos según su tipo e impacto lo que permite que se pueda considerar una herramienta predictiva a considerar para las actividades criminales de tipo grave. Es importante destacar que los porcentajes de clasificación predictiva en el mencionado estudio están basados en criterios discretos contemplados en el propio estudio, pudiendo contemplarse otros diferentes que aplicarían en, por ejemplo, al sistema de detección preventiva en tiempo real.

En todo caso, los porcentajes de eficacia expuestos que emanan de los estudios predictivos del delito tienen que valorarse de acuerdo al escenario concreto donde se aplicaron para evitar que se pueda entender que el éxito en la predicción es aplicable solo con la aplicación del método con otra selección de datos. La complejidad en la selección de datos para la predicción no reside solo en aquellos que son susceptibles de afectar directamente sobre los hechos delictivos y requiere que se puedan obtener datos mucho más dispersos que afectan a los factores clave de la actividad delictiva. En ese aspecto, queda mucho por investigar en el universo de datos relacionados que influyen directa o indirectamente en la comisión de delitos.

Comprender que datos discretos como la despenalización en un determinado territorio de actividades consideradas como criminales en otros lugares o el impacto recibido en la capacidad policial por la falta de recursos para perseguir determinados delitos pueden crear una interferencia sobre los resultados es clave para entender que la predicción delictiva no puede ser exclusivamente fundamentada en los delitos registrados en históricos para la predicción.

La predicción de delitos no está exenta de desafíos como la naturaleza variada e impredecible de los datos sobre delitos, lo que enfatiza la

complejidad que implica analizar y predecir los delitos con precisión (Khairuddin y otros, 2019).

Es importante destacar que la información recopilada para la predicción de los delitos no puede constituir un elemento incriminatorio en la mayoría de sistemas legales de países democráticos ya que los análisis basados en grandes volúmenes de datos disponibles para el análisis predictivo del delito pueden ser complementarios a las actividades policiales y facilitar la toma de decisiones en los procesos de investigación o en la asignación de recursos policiales para la prevención (Gummadi-dala y otros, 2020).

Algunos análisis basados en redes neuronales permiten incidir en aspectos concretos sobre la predicción del delito como es el caso del estudio tendencia de víctimas de secuestro en Colombia, demostrando la viabilidad de los criterios en la predicción de eventos delictivos específicos mediante el uso de datos masivos relacionados con factores contextuales del crimen (Giraldo-Alegría y otros, 2020).

La investigación aplicada sobre el uso de redes neuronales en otras disciplinas permite obtener información adicional sobre procesos clave para la caracterización, modelación y predicción desde otros campos de aplicación, como es el de series temporales económicas (Olmedo y otros, 2007) o la proliferación de enfermedades han permitido comprender que, para los procesos basados en redes neuronales para la predicción de tendencias se puedan establecer nuevos casos de uso por su aplicación transversal en el análisis complejo de datos, lo que requiere disponer de información de contexto ampliada contemplando fuentes de información que, a priori, no parecen tener relación directa entre ellas, pero constituyen en cierta medida dependencias que deben de permitir la predicción de eventos complejos como son los la predicción de delitos. Aunque, en algunos casos, puede confundirse el uso del aprendizaje máquina como el único instrumento para el análisis predictivo, es necesario remarcar que las capacidades de la IA para el análisis predictivo de los delitos están abriendo nuevas formas de contextualizar, analizar y prevenir el comportamiento delictivo dejando atrás los métodos estadísticos y otros mecanismos clásicos de estudio en ciencias sociales.

Dentro del nuevo universo de capacidades de análisis predictivo basados en IA a través de aprendizaje profundo y redes neuronales que, aplicadas adecuadamente al contexto de información adecuada con la suficiente coherencia en los datos de contexto, pueden determinar factores clave que escapan de la capacidad humana de análisis.

Las redes neuronales artificiales (en adelante RNA), un tipo de algoritmo de aprendizaje automático inspirado en el cerebro humano, ofrecen una alternativa prometedora para analizar conjuntos de datos complejos e identificar patrones que los métodos tradicionales pueden pasar por alto. Un ejemplo de aplicaciones con un alto éxito predictivo en materia de investigación criminal es el uso de las mencionadas RNA interconectadas que procesan información a través de conexiones ponderadas. Al entrenar la red neuronal artificial con datos históricos sobre delitos, junto a las tendencias emergentes que influyen en la comisión de delitos (incluidas las características de los delincuentes, el entorno, los tipos de delitos y los patrones espaciales) la RNA pueden aprender relaciones complejas dentro de los datos estableciendo diferentes conclusiones que, mediante una supervisión adecuada, puede facilitar predicciones aplicadas a otros escenarios gracias a aprender adecuadamente las diferentes relaciones entre los datos. Esto les permite identificar correlaciones sutiles que podrían no ser evidentes mediante el análisis estadístico tradicional o mecanismos de aprendizaje máquina tradicionales.

El entrenamiento de las RNA se puede utilizar para predecir la probabilidad de futuras actividades delictivas para individuos en función de un conjunto de características de entrada con un contexto mucho más amplio que lo datos asociados a un individuo concreto. Dado que las RNA dedicadas a la predicción del comportamiento delictivo pueden capturar relaciones no lineales entre variables, van a permitir una representación más precisa del complejo mundo real que afecta al comportamiento delictivo a través del reconocimiento de patrones ocultos de datos y correlaciones dentro de grandes conjuntos de datos, lo que potencialmente revela factores de riesgo no reconocidos previamente en otros métodos de análisis de datos.

Siendo el entrenamiento la base de aprendizaje de la RNA, la adecuación del método y frecuencia de entrenamiento permiten que se adapten

mejor los resultados de predicción cuando existe coherencia cuando existe un enfoque a mejorar continuamente con nuevos datos de entrenamiento, adaptándose a los patrones de comportamiento delictivos y los perfiles de los delincuentes en evolución (individuales, grupos, por procedencia, por ubicación o mediante patrones ocultos susceptibles de validación en la supervisión humana del aprendizaje).

Uno de los campos de aplicación de los métodos predictivos relacionados con la criminología y ciencias policiales es la facilitación de procesos de análisis de riesgos criminales, teniendo en cuenta factores de reincidencia de un delincuente, lo que permite a las autoridades tomar decisiones más informadas sobre la libertad condicional, la rehabilitación y la reinserción social. Estas aplicaciones pueden significar un grave riesgo social en caso de no disponer de las salvaguardas oportunas en materia de ética, integridad, auditabilidad, rendición de cuentas, entre otros factores destacables.

2.2. INVESTIGACIÓN CRIMINAL

La implantación de avances tecnológicos dentro de la investigación criminal en las últimas décadas ha significado la creación de nuevos métodos de trabajo acompañados de facilitadores de los procesos de registro, análisis e interpretación de información criminal.

Aunque pueden resultar evidentes las menciones a la digitalización de procesos, la automatización de la extracción de información y el mantenimiento de los entornos de evidencias de investigación y análisis mediante sistemas informatizados, cabe reseñar que la evolución de capacidad tecnológica para la investigación criminal requiere de atención permanente en las decisiones de eficiencia y eficacia de los procesos de investigación criminal. Dentro de esa búsqueda de eficiencia y eficacia, la IA nos permite, entre otras posibilidades, realizar la aplicación de casos concretos de estudio de investigación criminal mediante algunos objetivos específicos que reducen sustancialmente los tiempos de investigación y garantizan una mayor fiabilidad del proceso de investigación criminal.

Algunos de esos procesos cruciales para la investigación criminal se han aplicado a casos concretos de uso de las capacidades de la IA,

acompañadas junto a otras tecnologías asentadas que facilitan un escenario adecuado para cada proceso de investigación criminal.

Dentro de los casos de uso aplicados y contextualizados en la investigación criminal, es preciso destacar:

- Análisis detallado de imágenes estáticas y comparativas de las mismas.
- Detección de detalles y minucias en secuencias de video de forma instantánea.
- Tratamiento de grabaciones de audio para identificación de sujetos y análisis de ruidos.
- Análisis de los tonos de voz e interacciones entre sujetos para la identificación y secuenciación de situaciones criminales.
- Detalles precisos de imagen o sonido combinados como, por ejemplo, el análisis del lenguaje no verbal en el contexto de las entrevistas.
- Identificación del tipo de lenguaje y transcripción automática de análisis del sentimiento en el lenguaje natural en grabaciones de voz.
- Detección de contenido en mensajes en redes sociales y otros escenarios para detección de mensajes cifrados o patrones de comportamiento de lenguaje que habiliten la capacidad de prevención delictiva.
- Identificación de patrones de radicalización o amenaza emergente tanto en el contenido del lenguaje utilizado como en el tono de voz, el comportamiento o cualquier otro elemento de análisis disponible.

Los objetivos de uso de la IA relacionados en cada caso difieren sustancialmente no existiendo un único enfoque a aplicabilidad. La constante evolución de las capacidades de las tecnologías ha facilitado a los investigadores criminales la posibilidad de analizar cantidades enormes de datos estructurados y no estructurados para poder obtener

información minuciosa en procesos impensables mediante medios humanos. Esto permite tener un escenario óptimo de eficiencia de los procesos de investigación que debe complementarse con unos mecanismos de validación de la idoneidad de la tecnología para el escenario concreto de investigación criminal.

De forma complementaria a la capacidad de los métodos basados en IA para la investigación criminal, la posibilidad de acceder a información en tiempo real desde diferentes ubicaciones con las garantías de fiabilidad y seguridad necesarias han generado que la eficiencia en el proceso de gestión de medios de prueba y su registro tengan un alto impacto positivo en la eficiencia, cuando hablamos de capacidad de acción y su valor para la rendición de cuentas en los procesos legales asociados a las investigaciones criminales. Así pues, la IA aplicada a la investigación criminal debe de contextualizarse dentro de un ecosistema tecnológico que garantice la eficacia y eficiencia global de los procesos de investigación y no de forma discreta.

Un estudio publicado sobre el valor de la IA en la administración de justicia (Manrique y Vargas, 2019) evidencia la importancia de la aplicación de la IA en la investigación criminal, orientando la necesidad de uso a aquellos aspectos que potencien la eficiencia en las actividades y la reducción de los errores para poder garantizar que los procesos legales pueden tener la certeza necesaria, su auditabilidad no es cuestionable y que son revisables por las autoridades judiciales en todo momento.

Aplicado de forma específica al marco de las actividades criminales en el ciberespacio, existen estudios que revisan los avances de la inteligencia contra el crimen focalizando la visión de nuevas amenazas y oportunidades del sistema de inteligencia criminal ante la disrupción de los nuevos procesos como consecuencia del uso de la tecnología hiperconectada (Payá y Luque, 2021). Así mismo, las oportunidades determinadas en el correspondiente estudio tienen un alto impacto en el uso de la IA por su estrecha relación entre los procesos llevados a cabo en la inteligencia criminal para obtener resultados acertados, y los procesos de la colaboración institucional mediante sistemas inteligentes que correlacionan información precisa con garantías de seguridad y fiabilidad de las fuentes de información.

La alta eficacia en los medios de supervisión basados en visión por computadora, permite indicar que los avances tecnológicos en la disciplina, se encuentran encaminados a realizar dichas detecciones en tiempo real mediante la combinación de diferentes tecnologías preventivas utilizando interfaces de alerta automática y supervisión humana que son clave para un entrenamiento adecuado en cada escenario de aplicación de video supervisión y videovigilancia en tiempo real garantizando una eficacia mayor en la validez de las minucias asociadas al análisis de video, imagen y sonido.

El uso de aplicaciones de visión por computadora (*computer vision*) es una disciplina emergente que está permitiendo realizar comparaciones entre diferentes fuentes de imágenes y videos. Aunque podemos decir que no es una disciplina nueva como tal, existe un avance significativo en su eficacia gracias a poder utilizar dichos sistemas en la predicción y verificación de imagen/video reconociendo minucias asociadas al comportamiento de sujetos en dichas imágenes complementadas con análisis que, facilitados por procesos que no son posibles mediante observación humana por su baja eficacia, obtienen unos resultados excelentes.

La detección de objetos, movimientos, características de patrones diferenciales permiten la identificación mediante en fuentes de información de video con una amplia posibilidad de realizar correlaciones, buscar anomalías o identificar de forma automática determinados patrones de imagen como, por ejemplo, efectuar la detección de un arma de fuego en unas secuencias de video donde los medios humanos hubieran sido ineficaces.

En un estudio multidisciplinar reciente sobre la visión por computadora aplicada a la detección de armas de fuego (Houser y otros, 2024) nos encontramos que los algoritmos como YOLO facilitan la detección de objetos en un 94%. Téngase en cuenta nuevamente que dicha eficacia está focalizada en el conjunto de datos concretos establecidos para la prueba y no como un valor universal de eficacia.

La aplicación de sensores de visión basados en fotodiodos con capacidad de computación en memoria, utilizando dispositivos memo sensitivos, ha abierto nuevas posibilidades en la visión por computadora (Vasileiadis y otros, 2021). A pesar de los avances, persiste la necesidad de

identificar y valorar los desafíos específicos en el desarrollo de sistemas de visión por computadora robustos y de alto rendimiento (Turk, 2004) que garanticen que los resultados obtenidos disponen de criterios consistentes para poder convertir dichos productos del proceso mediante IA, en medios de prueba incriminatorios suficientes en los procesos de investigación criminal.

En el ámbito forense, podemos destacar como ejemplo de uso específico, el desarrollado algoritmo como PALINOVIC que utilizan técnicas de visión por computadora y geotecnologías para respaldar, mediante supervisión humana, los análisis criminalísticos (Gonçalves y otros, 2022).

Uno de los campos más prolíficos en el uso de IA actualmente en materia de investigación aplicada es la ciberdelincuencia. Las técnicas para contrarrestar el cibercrimen basadas en IA permiten detectar y prevenir ataques cibernéticos, analizar malware, identificar la difusión de contenido ilegal en internet, entre otros casos de uso.

No obstante, los casos de uso aplicables han proliferado de forma exponencial en los últimos años al garantizar mejores resultados en la prevención efectiva por la capacidad de identificación de posibles amenazas y en la automatización de los mecanismos de protección de la seguridad cibernética. El estudio de Ocaña-Fernández y otros (2019) destaca cómo la IA puede simular las capacidades de inteligencia humana, lo que resulta fundamental en la lucha contra el cibercrimen. Podemos entender que, adicionalmente, permite la automatización de tareas y la reproducción de patrones de comportamiento exitosos en las actividades de prevención, detección y respuesta ante actividades delictivas en el ciberespacio. Esto permite dedicar los recursos humanos a actividades de alto valor de análisis precisando que dichos recursos sean capaces de entender y aplicar los métodos facilitados por la IA.

2.3. ANÁLISIS DE DATOS FORENSES

Los avances en el análisis de datos mediante IA tienen una amplia expectativa de aplicabilidad en el análisis de datos forenses permitiendo a los investigadores acceder a conclusiones no alcanzables mediante métodos estadísticos o de observación por medios humanos. Aunque la

literatura explora ampliamente el campo de aplicación en el análisis forense de evidencias digitales en la fase de recopilación (Anushka y otros,2024) cabe destacar que el campo de aplicación del análisis de datos forenses mediante IA contempla una gran variedad de posibilidad y, por lo tanto, de casos de uso que pueden facilitar la maximización de la capacidad de la IA para poder realizar correlaciones, encontrar anomalías, comparar escenarios o, simular nuevos escenarios que faciliten la revisión e hipótesis de investigación criminal mediante diferentes métodos comparativos en tiempo real. La aplicación de la IA en el análisis de datos forenses puede permitir, entre otras aplicaciones:

- Establecer tendencias y desviaciones frente a resultados esperados.
- Realizar comparaciones de situaciones, escenarios, evidencias y otras minucias importantes para la investigación criminal.
- Analizar grandes conjuntos de datos donde el ser humano no tiene capacidad comparable.
- Identificar patrones y tendencias de comportamiento relacionado con la criminalidad.
- Buscar anomalías dentro de los patrones de comportamiento en la secuencia de evidencias.
- Establecer mecanismos de verificación de evidencias (digitales o no) para la cadena de custodia de pruebas.
- Realizar predicciones sobre aspectos generales o concretos del proceso de investigación criminal.
- Auditar de forma automática los detalles de los procesos llevados a cabo mediante sistemas de baliza o mecanismos de etiquetado similares de pruebas.

El gran valor que constituye la automatización de procesos relacionados con dichos objetivos facilita que los plazos en los que se desempeñan las actividades de investigación criminal se reduzcan sustancialmente, siempre y cuando estén fundamentados en procesos

comprobados basados en la experiencia y cuya auditabilidad es un criterio fundamental para poder llevar a cabo dichas automatizaciones.

Resulta relevante destacar que, para que la eficacia de la IA aplicada sea sostenible, requiere de una evaluación continua de la adecuación al escenario concreto de la criminología y ciencias policiales considerando su evolución y tendencias. De esta forma, los procesos de automatización basados en datos pueden considerarse dentro del marco de auditabilidad y la rendición de cuentas relacionados con los procesos forenses, sea cual fuere su naturaleza, deben de disponer de las salvaguardas oportunas para generar un entorno de investigación forense adecuado a la necesidad real de cada caso.

2.4. VISUALIZACIÓN DE DATOS

La visualización de datos basado en IA tiene un amplio espectro de aplicación en la criminología y las ciencias policiales, potenciada gracias a la capacidad de para crear visualizaciones de datos que permitan a los criminólogos y otros sujetos participantes en la investigación criminal a comprender mejor las tendencias delictivas y los factores que las influyen, entre otros casos de uso.

Utilizar la IA en la visualización de datos en el ámbito de la criminología puede ofrecer beneficios significativos en la gestión y análisis de información relacionada con la seguridad pública y la prevención del crimen.

En principio, resulta evidente que permite la presentación visual con diferentes enfoques sobre una misma información pudiendo generar nuevas hipótesis de trabajo, obtener simulaciones de escenarios posibles y, sobre todo, colaborar activamente entre los diferentes actores involucrados en los procesos de investigación para la formulación y puesta en común de hipótesis de investigación criminal. En definitiva, esa visualización conjunta permite incrementar la eficacia del trabajo colaborativo en la investigación criminal, garantizando un conocimiento común de los investigadores que facilite la exploración de hipótesis y generar un incremento en la velocidad de explotación de la información, generando investigaciones coherentes con diferentes puntos

de vista para proporcionar un análisis complejo de información basada en datos y procesamiento mediante IA.

Dentro de la visualización de datos, el concepto de gobernanza de datos requiere que en la práctica se dispongan de reglas coherentes para la recopilación, análisis e interpretación de datos, así como su visualización, lo que resalta la relevancia de la IA en la gestión de datos en el ámbito de la criminología y la justicia penal (Serna, 2021).

Este criterio de gobernanza de datos aplicada a la gestión de información criminal permite que se pueda ofrecer una comprensión más profunda de los patrones delictivos, las tendencias y los factores que influyen en el comportamiento criminal.

2.5. ASISTENTES, CHATBOTS Y OTRAS APLICACIONES DE GESTIÓN DE RECURSOS BASADOS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La facilidad de implementación y uso de algunas de tecnologías de IA generan innumerables posibilidades de aplicación para la criminología y ciencias policiales ya que permiten que su desarrollo sea mucho más rápido, generando así una aceleración que se refleja en la facilidad de adecuación a cada disciplina y su entorno de desarrollo.

Por otra parte, el enfoque a la eficiencia dentro de la actividad policial ha marcado la necesidad de acompañamiento de tecnologías disruptivas como la automatización dentro de las ciencias policiales.

Cabe destacar, como elemento importante de atención final, el gran impulso que significan los conocidos como agentes automáticos conversacionales (en adelante chatbot) en la inteligencia policial. Un ejemplo claro de ello es la implementación de un chatbot, denominado C3-Sex, que permitió recopilar un conjunto de datos significativo que incluye elementos clave de perfiles relacionados con 7199 sospechosos, lo que destaca el potencial de los chatbots en la detección de delincuentes en entornos virtuales, centrado en delitos de naturaleza sexual.

La capacidad de recopilación de los agentes conversacionales permite obtener una gran cantidad de información que facilita el proceso de investigación criminal. Un ejemplo de ello es la suplantación intencional

de perfiles de menores por parte de las fuerzas de la orden basada en los resultados de los agentes conversacionales, haciendo que la acción dirigida a la localización específica de sujetos en redes sociales se vuelva mucho más efectiva gracias a la perfilación de los potenciales infractores.

Aunque la aplicabilidad no se limita solo a la capacidad de los chatbot en el marco de trabajo de la investigación criminal o la simulación de actividades humanas en internet sino a un amplio escenario de posibilidades que pueden incrementar la eficiencia de las actividades policiales, simplificando procesos administrativos o asistiendo a los involucrados en los procesos de investigación en la documentación de los procesos llevados a cabo. Esta facilitación del proceso, en algunos casos, permite la validación de la idoneidad de las actividades llevadas a cabo en la investigación criminal basada en datos permitiendo de esa manera facilitar el procesamiento de información en tiempo real, generar alertas establecidas y dar información complementaria sobre alertas policiales.

La IA facilita de forma predictiva las necesidades de recursos tanto a nivel cuantitativo como cualitativo facilitando procesos de análisis que garanticen la idoneidad de los recursos asignados a cada actividad policial. Este elemento de evaluación requiere de un tratamiento especializado que garantice los criterios de eficiencia de las actividades policiales.

3. RETOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA CRIMINOLOGÍA Y CIENCIAS POLICIALES

Queda claro, habiendo observado atentamente las diferentes aplicaciones de la IA en las criminología y ciencias policiales, que dicha tecnología facilita una mayor eficiencia y precisión sobre las actividades policiales garantizando la transparencia, objetividad y rendición de cuentas lo que proporciona que los procesos legales asociados sean consistentes desde el inicio de las actividades de investigación policial, incluso teniendo en cuenta las fuentes de datos y su consistencia.

Entre los retos de la IA en la Criminología y Ciencias Policiales resultan importantes destacar aquellos que tienen un valor significativo en la situación actual y que, desde una perspectiva de aplicabilidad de las

soluciones, requieren de especial atención en el desarrollo de dichas soluciones aplicadas a la criminología y ciencias policiales.

Es evidente que estos retos cambiarán su forma conforme se evolucione en la interacción de los factores clave asociados a la tecnología con los procesos de transformación en las disciplinas mencionadas.

3.1. ACCESO A LA TECNOLOGÍA

La utilización de tecnología en el campo de la justicia, en un concepto general, es crucial para mejorar la eficiencia policial, mejorar los resultados y abordar los desafíos cambiantes dentro de los diferentes sistemas de seguridad de los estados. Entender que la dotación tecnológica adecuada en materia de IA facilitará una mayor eficacia policial y una mayor precisión de los procesos asociados al estudio del crimen es la más clara justificación de necesidad de inversión en la transformación de los modelos policiales actuales.

La importancia de movilizar a los agentes sociales de forma multidisciplinar resulta crucial para abordar las complejas necesidades de los miembros involucrados en los procesos de investigación criminal y sus necesidades específicas en el campo de la justicia penal, destacando la necesidad de un marco de acción para atender sus necesidades de manera efectiva (Metzger y otros, 2017). Esto subraya la importancia de aprovechar la tecnología para facilitar la colaboración y brindar servicios personalizados a las poblaciones vulnerables dentro del sistema de justicia penal. Retrasar, intencionalmente o no, el acceso tecnológico de estos recursos tecnológicos significa un socavamiento de la capacidad policial que requiere de un impulso inmediato para poder contrarrestar las capacidades de los grupos criminales cuyo acceso tecnológico es mucho más efectivo.

Requiere de especial atención poner énfasis en la importancia de abordar los desafíos relacionados con la adopción de tecnología de IA para mejorar la eficiencia operativa policial y la eficacia en el sistema de justicia penal mediante la potenciación del acceso a la tecnología que facilite un estudio de casos específico de cada proceso relacionado, determinando unos recursos adecuados para los casos necesarios que

garanticen un nivel aceptable de introducción de la tecnología a la par de la evolución del entorno de estudio de la criminalidad. Esto significa que un cambio de enfoque importante en los paradigmas de investigación, debiendo centrar la capacidad en la investigación aplicada y dejar atrás métodos obsoletos para la atribución de recursos, como son los estadísticos.

Respecto al acceso a elementos tecnológicos concretos, podemos remarcar que los algoritmos y otros elementos tecnológicos propios de la IA, disponen de ejemplos de estudio sobre el uso de algoritmos en el sistema de justicia penal suizo, señalando los desafíos urgentes que enfrenta el sistema al adoptar tecnologías emergentes (Simmler y otros,2022).

La necesidad de un sistema de justicia penal que adapte adecuadamente los avances tecnológicos para satisfacer las demandas de los desafíos modernos y mejorar la eficacia general en las ciencias policiales. Por lo tanto, la necesidad de priorizar dentro de las actividades de inteligencia policial, criminología y recursos tecnológicos precisa de un enfoque disruptivo con una evidente necesidad de actualización de recursos policiales de base tecnológica con el objetivo de incrementar la eficiencia y eficacia de los procesos policiales, en general, y con mayor interés las relaciones con la investigación criminal.

3.2. SEGURIDAD Y PRIVACIDAD

La integración de la IA en la criminología y la aplicación de la ley tiene un inmenso potencial para mejorar la seguridad pública. Sin embargo, garantizar la seguridad y la privacidad de las soluciones es primordial en esta búsqueda de capacidades. Al abordar las preocupaciones de seguridad y respetar los derechos de privacidad (con las limitaciones referidas a cada uno de los escenarios de la información de interés policial) se debe aprovechar los beneficios potenciales de la aplicación de la IA y al mismo tiempo mitigar sus riesgos en el contexto de la criminología y ciencias policiales. Si bien las aplicaciones de IA en general se enfrentan a retos importantes en estos dos aspectos, cabe pensar que el escenario específico del ámbito policial requiere de la puesta en

marcha de un análisis de las amenazas específicas que provienen del interés de los actores criminales contra las tecnologías policiales.

Más allá del mero conocimiento del entorno de amenazas requiere pensar que los sistemas de IA pueden convertirse en objetivos de actores maliciosos que buscan manipular datos o interrumpir operaciones en todo el ciclo de vida de las soluciones, debiendo entenderse en la conceptualización del escenario de amenazas que cualquier aplicación basada en IA con uso policial, debe de mantenerse bajo una evaluación permanente de amenazas y contemplar, en todo caso, los principios de seguridad y privacidad desde el diseño y por defecto.

Aunque las normativas y buenas prácticas relacionadas con la IA contemplan en general la manera de tratar las preocupaciones de seguridad y privacidad, debemos poner especial atención a las implicaciones de privacidad de la IA en la criminología y ciencias policiales.

El uso de tecnologías de vigilancia automática impulsadas por la IA plantea dudas sobre el alcance del seguimiento y la posibilidad de violaciones de la privacidad durante su utilización. Por ejemplo, la necesidad de retención e intercambio de datos deben de disponer de mecanismos de transparencia con respecto a la recopilación, procesamiento, retención e intercambio de datos para proteger los derechos de privacidad individuales.

Para ello, los mecanismos establecidos para la seguridad y privacidad de las soluciones IA aplicadas deben disponer de mecanismos de transparencia para las autoridades de control que se establezcan, facilitando la rendición de cuentas permanente a tenor de la necesidad de mantener la confianza pública.

Para abordar adecuadamente los retos de seguridad y privacidad es preciso que existan, desde la ideación de la solución, medidas coherentes de seguridad que garanticen la mitigación de riesgos, sea cual fuere su naturaleza. Entre las medidas estándar necesarias podemos encontrar la implementación de cifrado extremo a extremo, el aislamiento de procesos, la protección de las infraestructuras tecnológicas, controles de acceso y auditorías de seguridad periódicas para fortalecer los aspectos fundamentales de privacidad y seguridad.

3.3. CONFIABILIDAD, EXPLICABILIDAD, ÉTICA, SEGSOS ALGORÍTMICOS Y RENDICIÓN DE CUENTAS

Los conceptos generales aplicados a los sistemas de IA requieren de un planteamiento específico para las aplicaciones de la criminología y ciencias policiales por su importante impacto en la sociedad y su alto valor a la hora de significar un elemento de garantía del sistema judicial y, por lo tanto, de los derechos de los ciudadanos.

Aunque la regulación y las buenas prácticas emergentes recogen ampliamente de forma conceptual los diferentes elementos, hacemos referencia a los aspectos importantes que consideramos fundamentales para los casos de uso de criminología y ciencias policiales.

Profundizando en el concepto de confiabilidad de la IA, concepto que abraza diferentes elementos relacionados con el marco de garantías de las soluciones IA, requiere remarcarse que en las aplicaciones relacionadas con la criminología y ciencias policiales no pueden referirse exclusivamente a la confiabilidad en el uso de los algoritmos concretos o en el fortalecimiento de capacidades de supervisión de un proceso específico sino que precisa de un planteamiento suficiente que garantice que se abordan en el estudio de confiabilidad los aspectos conceptuales y de la práctica de las soluciones IA para la rendición de cuentas. Así como los principios éticos y otros elementos conceptuales del uso de la IA permiten un gran debate en los marcos conceptuales, el enfoque aplicado de la confiabilidad precisa la consideración práctica basado en los principios generales aplicados al escenario concreto. No existe un enfoque específico actualmente para abordar de forma práctica los mecanismos necesarios para garantizar la explicabilidad de los modelos algorítmicos, las medidas de mitigación de sesgos, los criterios establecidos para la rendición de cuentas antes los organismos supervisores y sus implicaciones en los sistemas judiciales.

Requiere especial atención que los mecanismos de confiabilidad sean consistentes con la realidad a lo largo del ciclo de vida de la solución de IA. En una ejemplificación teórica de los riesgos en la confiabilidad, podemos imaginar que un enfoque de explicabilidad basado solo en la confiabilidad del algoritmo puede desvirtuar la confiabilidad en el

sistema al intentan tratar un elemento de rendición de cuentas aplicado al marco teórico del algoritmo y dejar de lado la realidad del conjunto de elementos de la aplicación de IA. Esto podría significar que los métodos empleados, sin la rendición de cuentas oportuna o focalizada en el marco teórico, significan un grave riesgo para los derechos de los ciudadanos han emplearse mecanismos que no disponen de medidas de supervisión adecuadas.

Las consideraciones éticas que rodean a los sistemas de IA, incluidas las cuestiones de sesgo y confiabilidad, han sido objeto de extensas investigaciones, lo que destaca la importancia de garantizar la equidad y la responsabilidad en las aplicaciones de IA (Thiebes y otros., 2020; Ryan, 2020).

No se ha pretendido en el capítulo realizar un análisis exhaustivo de los elementos de confiabilidad sino remarcar aquellos elementos que resultan primordiales en el contexto indicado y que requieren de especial atención en la selección de aplicaciones de IA por su especial naturaleza de aplicación en la criminología y ciencias policiales. Sin duda alguna, relacionado con la criminología y ciencias policiales, los elementos de confiabilidad es un campo a explorar desde la investigación práctica que requerirá de amplia atención.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Campedelli, G. M. (2019). Where are we? using Scopus to map the literature at the intersection between artificial intelligence and research on crime. <https://doi.org/10.31235/osf.io/853fx>
- Divyasri, S., & Saranya, R. (2023). Comprehensive analysis of classical machine learning models and ensemble methods for predicting crime in urban society. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2550707/v>
- Fontalvo-Herrera, T. J., Vega-Hernández, M. A., & Mejía-Zambrano, F. (2023). Método de clustering e inteligencia artificial para clasificar y proyectar delitos violentos en Colombia. *Revista Científica General José María Córdova*, 21(42), 551-572. <https://doi.org/10.21830/19006586.1117>
- Gonçalves, A., Albuquerque, P., Alves, R., Astolfi, G., Borges, F., Carmona, M., ... & Pistori, H. (2022). Forensic palynology: computer vision and geotechnologies to support criminalistics expertise. *Research Society and Development*, 11(8), e31611830422. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30422>

- Gummadidala, P., Karippur, N., & Koilakuntla, M. (2020). Analysis of factors influencing the adoption of artificial intelligence for crime management. In M. Ganzha, L. Maciaszek, & M. Paprzycki (Eds.), *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1195, pp. 3-9). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64849-7_1
- Houser, T. E., McMillan, A., & Dong, B. (2024). Bridging the gap between criminology and computer vision: a multidisciplinary approach to curb gun violence. *Security Journal*. <https://doi.org/10.1057/s41284-024-00423-7>
- Kadage, A. D. (2024). AI-enhanced digital forensics: Automated techniques for efficient investigation and evidence collection. *Journal of Electrical Systems*, 20(1s), 211-229. <https://doi.org/10.52783/jes.766>
- Khairuddin, A., Ali, N., Alwee, R., Haron, H., & Zain, A. (2019). Parameter optimization of gradient tree boosting using dragonfly algorithm in crime forecasting and analysis. *Journal of Computer Science*, 15(8), 1085-1096. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2019.1085.1096>
- Manrique, W., & Vargas, G. (2019). Inteligencia artificial y su aplicación en la administración de justicia. *Revista Jurídica Mario Alario D'filippo*, 11(21), 71-83. <https://doi.org/10.32997/2256-2796-vol.11-num.21-2019-2501>
- Metzger, L., Ahalt, C., Kushel, M., Riker, A., & Williams, B. (2017). Mobilizing cross-sector community partnerships to address the needs of criminal justice-involved older adults: a framework for action. *International Journal of Prisoner Health*, 13(3/4), 173-184. <https://doi.org/10.1108/ijph-05-2017-0024>
- Ocaña-Fernández, Y., Valenzuela-Fernández, L., & Garro-Aburto, L. (2019). Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. *Propósitos Y Representaciones*, 7(2). <https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.274>
- Olmedo, E., Valderas, J., Mateos, R., & Gimeno, R. (2007). Utilización de redes neuronales en la caracterización, modelación y predicción de series temporales económicas en un entorno complejo. *Inteligencia Artificial*, 8(23). <https://doi.org/10.4114/ia.v8i23.789>
- Payá, C. y Luque, J. (2021). El sistema de inteligencia criminal ante las nuevas amenazas y oportunidades del ciberespacio. *Revista Científica General José María Córdova*, 19(36), 1121-1136. <https://doi.org/10.21830/19006586.855>
- Ryan, M. (2020). In AI we trust: ethics, artificial intelligence, and reliability. *Science and Engineering Ethics*, 26(5), 2749-2767. <https://doi.org/10.1007/s11948-020-00228-y>

- Simmler, M., Brunner, S., Canova, G., & Schedler, K. (2022). Smart criminal justice: exploring the use of algorithms in the Swiss criminal justice system. *Artificial Intelligence and Law*, 31(2), 213-237. <https://doi.org/10.1007/s10506-022-09310-1>
- Serna, M. S. (2021). Inteligencia artificial y gobernanza de datos en las administraciones públicas: reflexiones y evidencias para su desarrollo. *Gestión Y Análisis De Políticas Públicas*, 20-32. <https://doi.org/10.24965/gapp.i26.10855>
- Thiebes, S., Lins, S., & Sunyaev, A. (2020). Trustworthy artificial intelligence. *Electronic Markets*, 31(2), 447-464. <https://doi.org/10.1007/s12525-020-00441-4>
- Turk, M. (2004). Computer vision in the interface. *Communications of the ACM*, 47(1), 60-67. <https://doi.org/10.1145/962081.962107>
- Vasileiadis, N., Ntinias, V., & Dimitrakis, P. (2021). In-memory-computing realization with a photodiode/memristor based vision sensor. *Materials*, 14(18), 5223. <https://doi.org/10.3390/ma14185223>

AVANCES SOBRE POLÍTICA PÚBLICA EN COLOMBIA ACERCA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

PEDRO NEL VALBUENA HERNÁNDEZ
Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia

1. INTRODUCCIÓN

Sin duda, la Inteligencia Artificial es un tema emergente en el escenario global, para muchos se constituye en un punto de quiebre en la historia de la humanidad. Para los Estados, la IA se ha constituido en una prioridad para generar marcos de regulación que promuevan el avance en la IA, considerando el papel dinamizador del progreso social, económico y de competitividad para las economías. Este artículo busca mostrar el interés que ha suscitado la política pública en la IA en los últimos años en el escenario gubernamental colombiano. Para ello se recurrió a una revisión documental y de literatura relacionada con el tema. Se señala como focos predominantes: los desafíos éticos de la IA; su implementación en I+D; el trabajo colaborativo en la triple entente, empresa, academia y Estado; así como los aspectos atinentes a la propiedad intelectual y derechos de autor.

2. OBJETIVO

Explorar el interés que ha suscitado la política pública en la IA en Colombia.

3. METODOLOGÍA

Este capítulo se elaboró a partir de la revisión de documentos de política pública, estratégicos y de literatura relacionada con el tema. Se tuvo en cuenta una muestra delimitada a una ventana de los últimos 5 años. La

revisión no es sistemática, definida por conveniencia del autor. El contexto de análisis fue para Colombia, considerando el entorno Latinoamericano.

4. RESULTADOS

1.1. EL CONTEXTO DE AMÉRICA LATINA

En América Latina, ha venido tomando fuerza la construcción e implementación de políticas y reglados acerca de la IA. Siendo este un tema de interés en las agendas gubernamentales, las estrategias y acciones de política pública están en un proceso de formulación para responder a los desafíos de la IA que, aún es prematuro evaluar los alcances e impactos que han tenido estas políticas, especialmente, en aspectos como: la soberanía tecnológica y las implicaciones que tiene la IA en distintos ámbitos como la ciencia, la educación, el desarrollo de ecosistemas de innovación y competitividad.

En consideración a lo anterior, es importante señalar que, para América Latina este proceso ya había iniciado en los albores del siglo. En el 2003, la Red de Gobierno Electrónico de América Latina y el Caribe (Red GEALC) reunió a las autoridades de los organismos de gobierno digital de la región de ALC.

TABLA 1. *Cronología de la Red GEALC*

| | | |
|----------------------------|---|----------|
| 2003 — Santiago de Chile | — | Gober- |
| nanza digital | | |
| 2005 — Port-of-Spain | — | Consoli- |
| dación regional | | |
| 2006 — Santo Domingo | — | Goberna- |
| bilidad y derechos humanos | | |
| 2007 — Santo Domingo | — | Promo- |
| ción de I+D | | |
| 2008 — Colaboración | — | Comuni- |
| cación y promoción | | |
| 2009 — Montevideo | — | Institu- |
| cionalización de la red | | |
| 2010 — Multilateral | — | Gestión |
| pública e I+D | | |

| | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| 2011 — Buenos Aires ————— | Comuni- dades de conocimiento |
| 2012 — San José ————— | Aten- ción al ciudadano |
| 2013 — Santiago de Chile ————— | Gestión pública |
| 2014 — Cartagena ————— | Institu- cionalización de la red |
| 2015 — Ciudad de México ————— | Comuni- cación y promoción |
| 2016 — Santo Domingo ————— | Promo- ción de I+D |
| 2017 — San José ————— | Pro- moción de I+D |
| 2018 — Ciudad de Panamá ————— | Gobierno digital |
| 2019 — Buenos Aires ————— | Cooperación |
| 2020 — Virtual ————— | Ges- tión de la pandemia |
| 2021 — Buenos Aires ————— | Cooperación transfronteriza |
| 2022 — Lima ————— | Cooperación transfronteriza |
| 2023 — Ecuador ————— | Cooperación transfronteriza |

Nota: Elaboración a partir de GEALC (2023)

La ilustración de la tabla anterior, señala que la Red GEALC buscó un escenario de encuentro orientado a fortalecer la gestión de los gobiernos con el desarrollo de las herramientas digitales, que iban desde su regulación, hasta mejorar la eficiencia y procesos transfronterizos (pagos, trámites, etc.), ateniéndose a las relaciones y los negocios, en condiciones muy diversas y asimétricas que, obligó a los cooperantes a reconocerse y homologar estrategias y caminos. El campo de acción de la GEALC encontró un espacio muy amplio con la incorporación del caribe en el 2005. Los derechos humanos se incorporaron como parte de la agenda en el 2006. La promoción de las estrategias de la red, se ven consolidadas con la creación de los premios a la excelencia de gobierno electrónico excelGOB, siendo fiel a la vocación fundacional de fortalecer el gobierno digital. Sobresalieron: e-procurement (Chile); Programa

Nacional de Vigilancia de infecciones hospitalarias (VIHDA- Argentina) y Ventanilla única de Comercio Exterior (Colombia). La promoción también tiene iniciativas como el Boletín/Newsletter de eGobierno de la Red (2008), o los GobCamp que son una especie de talleres de formación e intercambio de experiencias como de las reuniones de toma de decisiones (20213).

Un foco importante, es el relacionado con la promoción de ciencia e investigación en el campo. Desde el 2010 se han impulsado investigaciones regionales, sobresaliendo en este año las siguientes:

- Hacia la conformación de Agendas Digitales Integradas (México).
- Modelo de Madurez para diagnosticar el Gobierno Electrónico en las Instituciones Públicas (Chile)
- Ambiente colaborativo para el fortalecimiento de la democracia y monitoreo de informaciones estratégicas (Brasil) y del Gobierno Electrónico a las prácticas de gobernanza mediadas por Internet: una mirada a la brecha de comunicación política (Colombia). GEALC (2024).

Parte de estas investigaciones han estado relacionadas con compartir experiencias y buenas prácticas, la creación de Software Público, especialmente para afianzar el gobierno digital. En general, los últimos escenarios de trabajo de la red se han enfocado en el trabajo colaborativo para la cooperación transfronteriza, algunos de los asuntos más sobresalientes de este proceso son:

- Transformación digital
- Firma Digital Transfronteriza
- Ciudadano Digital
- Uso estratégico y abierto de datos y de la innovación

En síntesis, la IA tiene amplias aplicaciones en varios dominios en el gobierno y sector público incluyendo: seguridad, transporte, gestión del medio ambiente, salud, educación, planificación de desastres y Administración (GEALC, 2021). Empero, cabe resaltar que, la agenda de la Red tendrá desafíos al abordar la IA, en un asunto que los países vienen avanzando de una manera unilateral y asimétrica.

La revisión documental señala que son siete países en América Latina y el Caribe que han desarrollado, o están en proceso de desarrollar una estrategia nacional de IA de manera estructural. Ellos son: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Uruguay. Todas las estrategias incluyen disposiciones tendientes a garantizar que los sistemas de IA se diseñen y lleven a la práctica en forma ética y fiable (por ejemplo, mediante la creación de marcos de referencia y organismos de gobernanza relativos a la ética, tales iniciativas incluyen componentes que actúan como bases fundacionales de la IA (por ejemplo, interoperabilidad, infraestructura, herramientas y procesos analíticos, integración de servicios, etc.). Esto es convergente con lo señalado sobre la Red GEALC, lo que indica que más tarde que temprano se iniciará una discusión regional sobre este asunto.

Algunas inferencias de la exploración indican que la estrategia sobre regulación y promoción de la IA en América Latina establecen, por lo menos, cuatro objetivos claves respecto del sector público:

- Generar condiciones de desarrollo y uso de la IA en el sector público para maximizar el impacto económico, con particular foco en la construcción de un ecosistema de IA.
- Minimizar los riesgos del desarrollo y la implementación de la inteligencia artificial.
- Favorecer el desarrollo del talento orientado a la IA.
- Promover la colaboración dentro del Gobierno y con otros sectores en relación con la IA (OCDE, 2022).

Una síntesis del proceso del impulso de las políticas públicas en América Latina se describe así:

TABLA 2. *Implementaciones de políticas sobre IA en América Latina*

| Con potencial para elaboración | Elaboradas con implementación incierta | Elaboradas y en proceso de implementación | Consolidadas y en ejecución |
|--------------------------------|--|---|-----------------------------|
| México, Bolivia, Ecuador | Argentina y Chile | Brasil | Colombia y Uruguay |

Nota: Fuente González. M, H. E (2023)

De la anterior tabla, se puede inferir el liderazgo regional en la formulación de estrategias y políticas relacionadas con el desarrollo y aplicación de la Inteligencia Artificial (IA).

En México apunta a construir una agenda colaborativa en focos como: salud, educación y economía digital. Brasil, centró sus objetivos en la formación de talento humano, generación de crecimiento inclusivo y con enfoque de derechos humanos. Argentina y Chile están en un proceso de consensos y consolidación de políticas. Por su parte Colombia ha vinculado en los dos últimos gobiernos, como una de las estrategias centrales, la inclusión de la IA en sus Planes de Desarrollo, que han derivado en marcos para la construcción de una política pública. y documentos de política pública.

En América Latina en general, se observa un enfoque emergente en la implementación de la IA, con esfuerzos por garantizar su desarrollo ético y considerando los derechos humanos, aunque existen asimetrías debido a diferencias políticas y de Estado entre los países de la región.

4.2. LAS APUESTAS DE POLÍTICA PÚBLICA EN COLOMBIA SOBRE IA

Como se ha señalado, Colombia se ha destacado en el ámbito regional por su liderazgo en la creación de un marco de políticas públicas, en las dimensiones éticas promovidas por la UNESCO, que, junto con la estrategia basada en la Misión de Expertos en IA, han profundizado en una serie de recomendaciones que se sintetizan en la inclusión y participación ciudadana, el desarrollo de talento humano, la sostenibilidad ambiental y enfoque de derechos humanos, así como la integración regional y global de Colombia al ámbito de la IA.

En consecuencia, Colombia se acogió la recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial adoptada el 23 de noviembre de 2021 de la UNESCO (MinTic, 2022), con el fin de garantizar un marco regulatorio y ético, es decir, que el diseño de la política pública recae sobre pilares de transparencia y la equidad, centrado en el respeto de los derechos humanos en los sistemas de IA. Cabe resaltar que, dentro de estas recomendaciones se sugiere la evaluación del impacto ético, para identificar y evaluar los beneficios, preocupaciones y riesgos de los sistemas de IA.

Por otra parte, Colombia en el 2024 ha presentado un marco que da un contenido estratégico a las políticas públicas sobre IA (MinCiencias, 2024). En lo concerniente al fomento de la investigación y la innovación centra su atención en el desarrollo de programas educativos y de talento para el desarrollo de IA, promoviendo el acceso y uso de la IA con un enfoque comunitario, que busca crear sistemas de IA inclusivos que promuevan la equidad, y reduciendo las brechas sociales y económicas. Además, esto también implica una estrategia que logre la colaboración público-privada, y la academia para el desarrollo y aplicación efectiva de la IA.

Finalmente, sobre protección de la propiedad intelectual y datos el marco normativo actual busca establecer un escenario que garantice estos aspectos y, en lo concerniente a los criterios éticos, y protección de los datos utilizados en sistemas de IA. Dado el impacto que tienen las herramientas y redes digitales, el uso de la IA requiere una reflexión acerca de las garantías e implicaciones de la seguridad y privacidad de la información sensible de los ciudadanos.

Cabe resaltar, dentro de los aspectos de la política trazada por la Hoja de ruta para el desarrollo y aplicación de la Inteligencia Artificial en Colombia, hay apuestas de alcances estratégicos en la agenda global, como se señala a continuación, en el aspecto de sostenibilidad:

“Utilizar la inteligencia artificial para la planificación urbana sostenible, considerando factores como la eficiencia energética, la movilidad y la conservación del entorno natural. Esto implicaría la creación de modelos predictivos para guiar el desarrollo de ciudades más ecológicas”. (MinCiencias, 2024, p. 84)

Lo anterior señala los diversos alcances que tiene la IA, no solo como estrategia de política de regulación o de generación de marcos para la promoción y uso de la IA en el país, sino como un instrumento novedoso para la gestión pública para el desarrollo territorial anudado al tecnológico.

Ahora bien, el uso de indicadores asociados al desarrollo de la IA a nivel de las naciones, no solo deja un marco comparativo de avance en

materia de IA, sino que estimula el liderazgo y la cooperación gubernamental para avanzar equitativamente en este proceso.

FIGURA 1. *Ranking Oxford Insights*



Nota: Elaborado a partir de Government AI Readiness Index (2023^a)

En cuanto al desarrollo de capacidades el índice de *Inteligencia Artificial de Oxford Insights* de 2023, la posición de Colombia 53 de 193 con un score de 57,85, frente a 41,50 de América Latina y el caribe, siendo el indicador más desfavorable el de tecnología (35, 28) y de mejor desempeño: gobierno (74,98). La figura 2, señala ventajas en visión, ética y gobernanza capacidad digital y adaptabilidad, en los demás aspectos se infiere convergencia. Según esta organización (Oxford Insights, 2023b), la brecha digital sigue siendo un desafío global, con marcadas disparidades en datos e infraestructura entre países de distintos ingresos. En el sector tecnológico, países de altos ingresos destacan sobre otros, aunque economías medianas como Malasia y los BRIC

muestran avances. En 2023, hubo una mayor colaboración internacional en la gobernanza y ética de la IA, integrándose en la agenda de desarrollo internacional y promoviendo la cooperación global y regional. En este contexto, brecha digital y las grandes disparidades entre países en términos de infraestructura y desarrollo tecnológico siguen siendo un reto para las economías emergentes, y una particularidad en la región que obliga a los países de América Latina a trabajar colaborativamente para la reducción de estas brechas y posibilitar un avance menos asimétrico y orientado a una mayor integración, no solo comercial, sino estratégica en el contexto que ofrece el Sur-Sur.

5. DISCUSIÓN

En la construcción de políticas y marcos relacionados con la IA en América Latina, se observa un creciente interés y esfuerzo por parte del sector gubernamental para desarrollar políticas y regulaciones relacionadas con la inteligencia artificial (IA). Estas políticas están siendo formuladas para abordar los desafíos que presenta la IA en diversos ámbitos, como la soberanía tecnológica, la ciencia, la educación y el desarrollo de ecosistemas de innovación y competitividad.

Se destaca el rol de la Red GEALC en este proceso, lo constituye como un actor activo para la implementación en la región de modelos de gobierno digital, orientado al fortalecimiento de la gestión gubernamental a través del desarrollo y la implementación de herramientas digitales. Desde su fundación en 2003, la Red ha trabajado en la promoción de buenas prácticas, la colaboración transfronteriza y la promoción de la investigación y el desarrollo en el campo del gobierno digital.

Cabe destacar que, la promoción de la investigación desde la Red GEALC ha impulsado la investigación aplicada en IA en América Latina, con proyectos destacados en México, Chile, Brasil y Colombia. Sin embargo, las estrategias individuales deben dar paso para un trabajo más cooperante, que vincule las necesidades locales, pero también, una posición estratégica, en el Sur-Sur que como bloque construya verdaderos ecosistemas tecnológicos, susceptibles de ser aplicados a diversos ámbitos y con impacto el desarrollo de los países.

De tal suerte que, la formulación de políticas públicas sobre IA, entrevé dilemas insalvables. Como se ha anotado en el capítulo, varios países de la región han desarrollado estrategias que impulsen el desarrollo de la IA, sin embargo, aún no se agota la discusión acerca de la regulación ética, las limitaciones para contar el desarrollo de talento en IA y la protección de datos y derechos del ciudadano. La necesidad de crear ecosistemas y un ambiente de colaboración a través de una estrategia público-privada- académica y la cooperación internacional son fundamentales para abordar estos dilemas y aprovechar las oportunidades que ofrece la IA para el desarrollo sostenible, inclusivo y equitativo.

Se ha señalado sobre Colombia, su posicionamiento en el índice de preparación para la IA: Colombia ha presentado avances en el desarrollo de capacidades en IA, aunque aún enfrenta desafíos en áreas como la tecnología. Es crucial fortalecer las capacidades en tecnología y promover una visión ética y una gobernanza efectiva para garantizar un desarrollo equitativo y sostenible de la IA en el país. Aunque la Hoja de ruta para el desarrollo y aplicación de la Inteligencia Artificial es una iniciativa coherente con los retos que en materia de política se demanda para el fortalecimiento de la IA, aun es incierto la capacidad gubernamental para hacer acuerdos con las agremiaciones y sectores productivos, como académicos que puedan dar un impulso sostenido en los próximos años que requieren tanto de unos consensos como el desarrollo de una infraestructura avanzada para cumplir con los compromisos de la ruta.

Por otro lado, las dinámicas políticas regionales, que crean un ambiente poco propicio para la integración regional, en ocasiones polarizado y que limitan la capacidad de los gobiernos para tener políticas de Estado y una proyección de región más consolidada como región, que no converja con la oportunidad geo- estratégica de fortalecer el Sur-Sur como un bloque con capacidad negociación, apalancamiento de capital y producción tecnológica de vanguardia.

En tal sentido, la tarea aún está por hacerse, y las reflexiones sobre política pública sobre IA tiene tantas aristas como desafíos. La literatura, por ejemplo, aborda diversos temas, lo que hace que la agenda en materia de IA siga siendo robusta y compleja. Para la discusión de este capítulo, se señalarán algunos casos:

Las discusiones acerca de las políticas públicas en IA han tocado aspectos como los referidos a la administración de justicia, dado la búsqueda de garantías normativas y éticas que respondan a los desafíos y efectos que pueda tener la IA en la administración de justicia; funcionales a la agilidad y eficiencia de la aplicación de justicia; así como también la seguridad jurídica para el ciudadano, donde no escapan los dilemas vinculados a las limitaciones o violaciones a la libertad, la privacidad, la integridad y la igualdad de los individuos (Segura, 2023).

Lo anterior también converge con los estudios en IA en América Latina, donde sobresalen las reflexiones sobre temas éticos y de derechos humanos derivados del uso de la IA (Benítez Ruvalcaba-Gómez, 2021). Por ejemplo, se ha problematizado cómo la implementación de la IA debe ser considerada desde la administración de justicia para asegurar que el derecho y la ética guíen su uso, evitando que los algoritmos influyan en la ley y protegiendo la dignidad humana, alineados con el Estado de Derecho y los Derechos Humanos (Calderon-Valencia, et al., 2021). En la misma dirección, se ha planteado el dilema de cómo asegurar una transición hacia un sistema compatible de los efectos de la IA sobre los derechos humanos. Donde el desarrollo tecnológico se oriente hacia las necesidades de inclusión, equidad y participación ciudadana, que derive en que las interacciones digitales estén alineadas a los principios de garantías del ciudadano para un uso adecuado de la IA (Corvalán, 2018).

Otro ángulo de reflexión, se refiere a la implementación de la IA en la toma de decisiones que pueda afectar al ciudadano en América Latina, considerando un cuestionamiento acerca de los marcos regulatorios, en cómo estos protegen suficientemente contra la discriminación derivada del uso de sistemas de inteligencia artificial para la toma automatizada de decisiones, y cómo debería ser configurado un marco legal eficaz en este ámbito; reglados a partir de principios de Igualdad y no discriminación, a su vez que sugiere la necesidad de construir una perspectiva colectiva y de discusión sobre los desafíos normativos que estos procesos conllevan (Gutiérrez, 2021).

Otras perspectivas acerca de la IA, abarcan su aplicación a la educación para el impulso del sector empresarial y de mercados, como el caso de desarrollo de ecosistemas EdTech (Torres, et al., 2023). Hay que anotar

que en Colombia cerca de un 9% de las empresas analizadas en el módulo tecnológico de la EPE 2022, han incorporado tecnologías de IA en sus procesos (DANE, 2022). Lo que señala una necesidad de profundizar en la implementación de la IA en los ecosistemas empresariales del país y de generación de conocimiento aplicado al ámbito productivo.

Otro campo de innovación de la IA, es sin duda la aplicación a la seguridad y el área militar, el estado de arte señala que existe un vacío de investigación y grandes brechas tecnológicas en América Latina en comparación con países más desarrollados (Ussa, Álvarez-Aros, Miranda, 2022), especialmente, en el campo de IA. LA seguridad ciudadana hace parte de la agenda estratégica tanto gubernamental en el orden central como descentralizados; las ciudades latinoamericanas tienen desafíos frente a nuevos fenómenos de violencia, conflicto y dinámicas de economías subterráneas, ámbitos, donde la IA podrían aportar significativamente al mejoramiento de la seguridad ciudadana y de los Estados.

Estos aspectos también son incorporados al campo de la salud digital, donde la IA se constituye en una herramienta imprescindible para el avance de la ciencia, optimizando la investigación, los diagnósticos, el tratamiento y la planificación de la salud, (Cajahuanca, et al., 2021). Este será un campo de crecimiento a nivel global que, en el escenario postpandemia, también ha fortalecido el acceso a datos y el trabajo colaborativo para la creación eL nuevo conocimiento.

En síntesis, aunque existe una apertura promisoriosa en Colombia y América Latina para abordar los asuntos atinentes a la IA, aún es un proceso asimétrico y en diferentes etapas de consolidación. Los dilemas universales sobre la IA como los señalados en este capítulo, como la diversidad de campos de aplicación, señalan que el camino apenas se está iniciando. En un marco de integración geopolítica, en el que Sur -Sur puede adaptarse y generar consensos para el diseño de políticas de Estado, así como oportunidades de integración que redunde en el bienestar y el progreso social de nuestros países.

6. CONCLUSIONES

La Inteligencia Artificial es una prioridad en la agenda global y de los países, incluido Colombia, debido a su potencial para impulsar el

progreso social, económico y de competitividad. Esto se refleja en el interés creciente por desarrollar marcos regulatorios que promuevan un avance ético y fiable en este campo.

Se evidencia un interés creciente para el desarrollo de políticas públicas sobre IA. Estas políticas buscan abordar desafíos éticos, promover la investigación y el desarrollo, y fomentar la colaboración entre diferentes sectores.

Las dinámicas de la Red GEALC consolidarán un escenario en el fortalecimiento del gobierno digital: La Red de Gobierno Electrónico de América Latina y el Caribe.

La implementación de políticas sobre IA en la región señala que se han desarrollado estrategias nacionales de IA, enfrentando desafíos en áreas como la regulación ética, el desarrollo de talento en IA y la protección de datos.

Colombia ha avanzado en el desarrollo de capacidades en IA, aunque enfrenta desafíos en áreas como avanzar en el desarrollo tecnológico. Es crucial fortalecer estas capacidades y promover una visión ética y una gobernanza efectiva para garantizar un desarrollo equitativo y sostenible de la IA en el país.

Los desafíos más importantes que están en el centro de debate y como parte de la construcción de políticas públicas en Inteligencia Artificial (IA) en Colombia tienen que ver con los aspectos éticos; fomento de la investigación y la innovación; la colaboración público-privada, y la academia en el desarrollo de ecosistemas relacionados con el uso de la IA, así como los aspectos de propiedad intelectual y protección de datos.

Limitaciones del capítulo: La revisión tiene un enfoque narrativo, no sistemático, esto puede inferir que lo descrito en el capítulo requiere un nivel de profundización a partir de otras perspectivas y estudios sistemáticos.

7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Agradecimientos a la Universidad El Bosque por su apoyo a esta iniciativa, en especial al PhD Antonio Alonso por su valiosa contribución a este manuscrito.

8. REFERENCIAS

- Benítez, V.H.G., Ruvalcaba-Gómez, E.A. (2021). Analysis of national artificial intelligence strategies in latin america: a study of the ethics and human rights approaches. *Revista de Gestión Pública*, 10(1), 5–32
- Calderon-Valencia, F., Perez-Montoya, J.J., De Morais, F.S. (2021). AI Systems in Brazilian Supreme Federal Court and the Colombian Constitutional Court Experiences: Prospective Analysis. *Revista de Direito, Estado e Telecomunicacoes*, 13(1), 143–169
- Cajahuanca, J.E.V., Crispin, F.V.S., Flores, R.E.G., Franco, A.C.L. (2021). Artificial intelligence. *Digital Health Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 61(2), 307–317
- Corvalán, J.G. (2018). Artificial intelligence: Challenges and opportunities. *Revista de Investigaciones Constitucionales*, 5(1), 295–316
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2022). *Encuesta pulso empresarial - Resultados para la ronda 30*. <https://bit.ly/3WBYKXM>
- GEALC (2021). Reporte tecnologías emergentes. Read GEALC. <https://bit.ly/3UyhPYj>
- GEALC (2023). 20 años de la Red GEALC La Red Interamericana de Gobierno Digital y su construcción de capacidades para la transformación digital con equidad. RedGealc. <https://bit.ly/4dpYl0y>
- Guío E., A. Tamayo U. Gómez A. (2021). *Marco ético para la inteligencia artificial en Colombia*. Presidencia de la República.
- González B., M. H. (2023). *Aportes gubernamentales al avance de la Inteligencia Artificial (IA) en Latinoamérica*. GlobalCultura. <https://bit.ly/3QEEIPc>
- Gutiérrez, C.M. (2021). Discrimination in an automated society: Contributions from Latin America. *Revista Chilena de Derecho y Tecnología*, 10(1), 271–307
- Torres, J.O., Moreno, C.A., Hernández, C.H., González-Rojas, O., Jiménez, J.F. (2023) Analysis of Technologies 4.0 incorporation in Colombian EdTech ecosystem Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, *Education and Technology*, 275
- Minciencias (2024). *Hoja de ruta para el desarrollo y aplicación de la Inteligencia Artificial en Colombia*. Ministerio de la Ciencia, tecnología e Innovación. <https://bit.ly/3UQBXWZ>
- MinTic (2022). *Colombia adopta de forma temprana recomendaciones de ética en Inteligencia Artificial de la Unesco para la región*. Ministerio de ciencia y tecnología. <https://bit.ly/3WEO3nz>

- OCDE (2022). Estrategias de inteligencia artificial en América Latina y el Caribe. En *Uso estratégico y responsable de la inteligencia artificial en el sector público de América Latina y el Caribe*. OCDE. <https://doi.org/10.1787/5b189cb4-es>
- Oxford Insights (2023a). Government AI Readiness Index 2023. Oxford Insights <https://bit.ly/3Uty6Oa>
- Oxford Insights (2023b). Release: 2023 Government AI Readiness Index reveals which governments are most prepared to use AI. Oxford Insights. <https://bit.ly/4dvSaLu>
- Segura, R. E. (2023). Inteligencia artificial y administración de justicia: desafíos derivados del contexto latinoamericano. *Revista de Bioética y Derecho*, (58), 45-72. <https://dx.doi.org/10.1344/rbd2023.58.40601>

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO HERRAMIENTA IMPULSORA DE LA ECONOMÍA DE LA COMUNIDAD INDÍGENA DE GUASAVE, SINALOA, MÉXICO EL DIAGNÓSTICO

DULCE VALERIA DIAZ HUICHO
Universidad Autónoma de Sinaloa

CRISTAL FONSECA BOJÓRQUEZ
Universidad Autónoma de Sinaloa

MÓNICA LILIANA RIVERA OBREGÓN
Universidad Autónoma de Sinaloa

MARIANA RODRÍGUEZ CASTRO
Universidad Autónoma de Sinaloa

1. INTRODUCCIÓN

En el desarrollo económico de las comunidades indígenas pueden variar según el contexto específico de cada comunidad, abordar las dichas debilidades requiere un enfoque integral que tenga en cuenta las necesidades y aspiraciones específicas de cada comunidad indígena, así como el respeto por sus derechos, cultura y conocimientos tradicionales.

La inteligencia artificial (IA) puede ser una herramienta poderosa para impulsar el desarrollo económico de las comunidades indígenas al proporcionar acceso a información, fomentar el emprendimiento y la innovación, promover prácticas sostenibles y facilitar el acceso a servicios financieros. Sin embargo, es importante implementar estas tecnologías de manera ética y culturalmente sensata, asegurándose de que beneficien verdaderamente a las comunidades indígenas y respetan sus valores y conocimientos tradicionales.

En este contexto, la implementación de IA debe ser vista no solo como una herramienta tecnológica, sino como un facilitador de inclusión

social y económica. La IA tiene el potencial de transformar la manera en que las comunidades indígenas acceden a los mercados, mejoran sus procesos productivos y preservan sus recursos naturales. Por ejemplo, mediante el uso de plataformas de comercio electrónico habilitadas por IA, los artesanos y agricultores indígenas pueden acceder a mercados más amplios, superando las barreras geográficas y lingüísticas que tradicionalmente han limitado sus oportunidades económicas.

Además, la IA puede jugar un papel crucial en la educación y capacitación dentro de las comunidades indígenas. Los programas de formación basados en IA pueden adaptarse para ofrecer contenidos en lenguas indígenas y considerar las particularidades culturales de cada comunidad, haciendo la educación más accesible y relevante. Esto no solo empoderaría a las comunidades con nuevas habilidades, sino que también contribuiría a la preservación de sus lenguas y tradiciones, integrándolas en un contexto moderno y tecnológicamente avanzado.

Sin embargo, para que la IA sea verdaderamente beneficiosa, es crucial abordar de manera proactiva las preocupaciones éticas y sociales que su implementación conlleva. La participación activa de las comunidades indígenas en el diseño y desarrollo de estas tecnologías es esencial para asegurar que sus valores y necesidades sean reflejados y respetados. Las políticas de implementación deben ser inclusivas y basadas en principios de equidad y justicia, evitando cualquier forma de sesgo o discriminación que pueda perpetuar las desigualdades existentes.

Por lo tanto, el diagnóstico detallado de las necesidades, capacidades y aspiraciones de las comunidades indígenas es un paso fundamental para la implementación efectiva de la IA. Este diagnóstico no solo proporcionará una comprensión clara de los desafíos y oportunidades, sino que también guiará el desarrollo de estrategias que sean culturalmente sensibles y sostenibles. Al hacerlo, se puede asegurar que la IA no solo impulsa el desarrollo económico, sino que también fortalece el tejido social y cultural de las comunidades indígenas, promoviendo un desarrollo integral y autosuficiente.

1.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Según Rouhiainen (2021), la inteligencia artificial (IA) se refiere a la capacidad de las máquinas para emplear algoritmos, aprender de los datos y aplicar ese conocimiento en la toma de decisiones, imitando el comportamiento humano. A diferencia de las personas, los sistemas basados en IA no necesitan descanso y pueden procesar grandes volúmenes de información simultáneamente. Además, las máquinas tienden a tener una proporción de errores mucho menor cuando realizan tareas comparables a las de los humanos.

Por otro lado, Sidoroy (2011) nos señala que la inteligencia artificial (IA) es una disciplina científica que estudia la inteligencia humana. A diferencia de otros enfoques, los modelos creados por la IA deben ser precisos y comprensibles para las computadoras. Esto contrasta con la filosofía, que ha investigado la inteligencia humana durante siglos sin requerir tal precisión. Además, la filosofía abarca muchos otros temas. Por otro lado, la componente computacional es esencial en la IA para la verificación de teorías, razón por la cual la IA se clasifica tradicionalmente dentro de las ciencias computacionales.

De acuerdo con Stuart y Peter (2004), la IA abarca en la actualidad una gran variedad de subcampos, que van desde áreas de propósito general, como el aprendizaje y la percepción, a otras más específicas como el ajedrez, la demostración de teoremas matemáticos, la escritura de poesía y el diagnóstico de enfermedades. La IA sintetiza y automatiza tareas intelectuales y es, por lo tanto, potencialmente relevante para cualquier ámbito de la actividad intelectual humana. En este sentido, es un campo genuinamente universal.

En conjunto, estos enfoques subrayan la capacidad de la IA para replicar y mejorar procesos intelectuales humanos, su dependencia en la precisión computacional y su aplicabilidad en una vasta variedad de áreas, consolidándola como una herramienta esencial y versátil en la actualidad. La integración de la inteligencia artificial (IA) en la economía de la comunidad indígena de Guasave, Sinaloa, México, representa un paso crucial hacia el desarrollo sostenible y la autonomía económica de esta población. Al aprovechar las capacidades de la IA, se pueden

identificar y abordar de manera más efectiva los desafíos específicos que enfrenta esta comunidad, como la gestión sostenible de recursos naturales, el impulso a la agricultura local y la preservación de la cultura indígena. Mediante el uso de algoritmos avanzados y sistemas inteligentes, es posible optimizar los procesos productivos, mejorar la toma de decisiones y fomentar la innovación en sectores clave para el desarrollo económico de Guasave.

Además, la implementación de proyectos basados en IA puede generar nuevas oportunidades de empleo y emprendimiento para los miembros de la comunidad, al promover la adquisición de habilidades digitales y el acceso a recursos tecnológicos. Esto no solo contribuirá a fortalecer el tejido económico local, sino que también ayudará a reducir las disparidades sociales y económicas que enfrentan muchas comunidades indígenas. La IA, por lo tanto, no solo se presenta como una herramienta tecnológica, sino como un catalizador para el empoderamiento y el desarrollo integral de Guasave y otras comunidades similares.

1.2. ECONOMÍA INDÍGENA

1.2.1. Definición de economía indígena

De acuerdo con Díaz (2019) las economías indígenas o étnicas comprenden las diversas actividades económicas, incluyendo la producción y el intercambio, que realizan los pueblos indígenas u originarios con el fin de garantizar su propio bienestar. Estas actividades reflejan la cosmovisión inherente a su cultura, y en ellas se mantienen relaciones y prácticas particulares.

Por otro lado, Logan, Alba y McNulty (1994) nos dicen que una economía étnica se determina por la raza, etnicidad o nacionalidad de origen, y se distingue por obtener beneficios en las relaciones entre empresarios del mismo grupo étnico y entre estos y los trabajadores con la misma procedencia nacional.

Ambas perspectivas subrayan la importancia de la identidad cultural y las relaciones comunitarias en el funcionamiento y éxito de las economías étnicas, destacando cómo estas economías no solo buscan el

bienestar económico, sino también la preservación y promoción de su herencia cultural.

La economía indígena de Guasave, Sinaloa, México, se caracteriza por su arraigo a la tierra y la valoración de prácticas ancestrales en la producción agrícola, artesanías y servicios comunitarios. Sin embargo, se enfrenta a desafíos significativos como la falta de acceso a recursos financieros, limitadas oportunidades de mercado y la presión externa sobre sus territorios. La integración de la IA en esta economía representa una oportunidad para fortalecer la resiliencia y la competitividad de las actividades económicas tradicionales, al permitir una gestión más eficiente de los recursos naturales, la identificación de nichos de mercado y la creación de productos y servicios innovadores que preserven la identidad cultural y generen ingresos sostenibles para la comunidad.

Además, la adopción de tecnologías basadas en IA puede fomentar la inclusión económica de grupos marginados dentro de la comunidad indígena, al facilitar el acceso a información, educación y oportunidades de empleo remoto o emprendimiento. Esto contribuirá a mitigar la migración hacia áreas urbanas y la pérdida de tradiciones culturales, promoviendo en su lugar el arraigo y el desarrollo integral de Guasave y sus habitantes indígenas. En resumen, la IA no solo representa un medio para impulsar el crecimiento económico, sino también una herramienta para fortalecer la identidad y la autonomía de la economía indígena en el contexto local y global.

1.2.2. Desarrollo económico local

En Guasave, Sinaloa, la economía está impulsada principalmente por la agricultura, siendo uno de los principales productores de hortalizas en México. Los cultivos más destacados incluyen tomate, chile, pimiento, calabaza y sandía. La ganadería también juega un papel importante en la economía local, con la cría de ganado bovino y porcino. Además, la pesca es una actividad relevante debido a la ubicación cercana al Golfo de California y al río Sinaloa. La industria agroalimentaria, especialmente el procesamiento de productos agrícolas también contribuye significativamente a la economía de la región. Por otro lado, el comercio y los servicios son sectores en crecimiento, especialmente en áreas

como el turismo y la gastronomía, aprovechando el potencial turístico de la región y su rica tradición culinaria.

El desarrollo local según Coraggio (2018) en una región conlleva la creación de condiciones que se adecuen a las necesidades del capital, con la intención de atraer inversiones y fuerzas transformadoras propias del enfoque de modernización capitalista actual. Esto implica la búsqueda de una total integración en el nuevo sistema, con la esperanza de que esto resuelva problemas como el desempleo y la pobreza mediante un efecto de derrame.

Por su parte González (2015) nos dice que el desarrollo local implica funciones de gestión directiva, que incluyen planificación, organización, control y liderazgo, es decir, la aplicación del proceso administrativo de una empresa, con el objetivo de facilitar un proceso sostenido de cambio socioeconómico en una ubicación geográfica específica. Este proceso es liderado por las autoridades locales y busca coordinar y aprovechar eficazmente la riqueza de los recursos disponibles, tanto internos como externos, para promover el avance de la comunidad local y mejorar la calidad de vida de sus habitantes (p. 126).

Estas perspectivas destacan la importancia de la adaptación local y la gestión eficaz de recursos para impulsar el desarrollo socioeconómico en una región determinada. Mientras que Coraggio pone énfasis en la atracción de inversiones y la integración en el sistema capitalista global, González resalta la importancia de una gestión local efectiva para promover el progreso comunitario y mejorar el bienestar de los residentes. Ambas visiones, aunque diferentes en enfoque, subrayan la necesidad de abordar los desafíos locales de manera integral y sostenible.

2. OBJETIVO

Realizar un diagnóstico para conocer las herramientas de las IA que tiene acceso y saben utilizar para sentar las bases para el diseño de estrategias que contribuyan al desarrollo económico de las comunidades indígenas

3. METODOLOGÍA

La metodología es un componente esencial en cualquier investigación, ya que permite obtener resultados que pueden servir de referencia para futuros estudios. Por lo tanto, para que la metodología sea válida y creíble, debe estar claramente definida, lo que facilita la obtención de datos y la interpretación de los resultados.

El marco metodológico, de acuerdo con Arias (2016), consiste en una serie de pasos, técnicas y procedimientos empleados para definir y resolver problemas. Este enfoque implica la formulación de hipótesis que pueden ser corroboradas o refutadas mediante métodos de investigación pertinentes al problema. En resumen, el marco metodológico define la manera en que se llevará a cabo el proceso para abordar la problemática en cuestión.

En el estudio fue utilizado el método mixto, según el autor Cresswell (2009), argumenta que la investigación mixta implica la combinación de enfoques cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio con el fin de obtener una comprensión más completa del tema de investigación. En muchos casos, esta combinación puede ser clave para proporcionar explicaciones sobre la aparición y la frecuente utilización de ciertos conceptos en las ciencias vinculadas al comportamiento social. (p.28)

La investigación es de carácter exploratorio, descriptivo, no experimental, según Caballero (2014) señala que el enfoque descriptivo se focaliza en responder la pregunta sobre las características de una parte específica de la realidad que está siendo investigada, por otra parte Hernández, Fernández y Baptista (2014) indican que los estudios exploratorios se llevan a cabo cuando se busca investigar un tema o problema poco estudiado, del cual existen muchas incertidumbres o no se ha investigado previamente.

En la selección de la muestra para el estudio, se encuestaron 30 personas para realizar un diagnóstico y conocer las herramientas de las IA que tiene acceso. Se optó por emplear un método de muestreo no probabilístico, también conocido como muestreo dirigido o intencional aplicado los dueños de las microempresas de las comunidades

indígenas del municipio de Guasave, Sinaloa, México, utilizando la técnica de la bola de nieve.

El primer paso de este estudio implicó identificar los horarios más convenientes para encontrar a las personas que utilizan los servicios de la empresa y que estuvieran disponibles para participar en la aplicación de los instrumentos diseñados. Además, se solicitó autorización para llevar a cabo la encuesta. Una vez obtenida la autorización, el siguiente paso fue aplicar los instrumentos diseñados y recopilar la información para su registro y procesamiento mediante los programas de software SPSS.

Finalmente, se realizó un análisis tanto cualitativo como cuantitativo, teniendo en cuenta las respuestas de las herramientas de inteligencia artificial, así como la información recopilada, con el objetivo de alcanzar los objetivos del estudio.

4. RESULTADOS

Las comunidades indígenas a menudo enfrentan discriminación y marginación social y política, lo que puede obstaculizar su participación plena en la economía y limitar su acceso a recursos y oportunidades. Las barreras lingüísticas, culturales y logísticas dificultan el acceso de las comunidades indígenas a los mercados locales, regionales, nacionales e internacionales. Estas barreras no solo impiden la comercialización eficaz de sus productos y servicios, sino que también limitan su capacidad para obtener ingresos justos y sostenibles. Las lenguas indígenas a menudo no son reconocidas ni utilizadas en los contextos comerciales dominantes, lo que crea una desconexión entre los productores indígenas y los consumidores potenciales.

La falta de acceso a recursos básicos como financiamiento, tecnología e infraestructura adecuada impide que las comunidades indígenas puedan competir en igualdad de condiciones. Muchas veces, las políticas gubernamentales no están diseñadas con un enfoque inclusivo que considere las necesidades específicas de estas comunidades, perpetuando así su marginación. Las actitudes discriminatorias y la falta de representación política adecuada contribuyen a la marginación de las comunidades indígenas. Esta marginación se refleja en la escasez de

oportunidades para participar en la toma de decisiones económicas y políticas que afectan directamente sus vidas y comunidades. La falta de voz y representación significa que las políticas y programas desarrollados rara vez responden a las realidades y necesidades específicas de las comunidades indígenas.

La brecha educativa en ocasiones es otro obstáculo significativo. Las comunidades indígenas en algunos casos tienen menor acceso a la educación de calidad, lo que limita su capacidad para adquirir las habilidades necesarias para participar en una economía moderna. Además, la educación disponible a menudo no está adaptada culturalmente, lo que la hace menos accesible y efectiva para los jóvenes indígenas.

La carencia de infraestructura adecuada, como carreteras, internet y servicios básicos, también restringe el desarrollo económico de las comunidades indígenas. Sin infraestructura, es difícil para estas comunidades conectarse con mercados más amplios y aprovechar las oportunidades económicas.

La introducción de la inteligencia artificial (IA) en estas comunidades ofrece una herramienta potencialmente transformadora para superar muchas de estas barreras. La IA puede facilitar el acceso a mercados más amplios mediante plataformas de comercio electrónico que operen en múltiples idiomas, incluyendo lenguas indígenas. Además, la IA puede mejorar la eficiencia de la producción agrícola y artesanal a través de técnicas avanzadas de análisis de datos y optimización de procesos. Sin embargo, su implementación enfrenta desafíos significativos.

Las barreras lingüísticas y culturales pueden dificultar la adopción de tecnologías de IA si no están diseñadas teniendo en cuenta las particularidades de las comunidades indígenas. La brecha digital también es un obstáculo importante, ya que muchas comunidades carecen de acceso adecuado a las tecnologías necesarias. Además, existe una desconfianza natural hacia tecnologías desarrolladas sin la participación activa de las comunidades, y preocupaciones éticas sobre la recolección y uso de datos personales y culturales.

Para superar estos desafíos, es crucial adoptar un enfoque integral que considere las particularidades de cada comunidad. Las políticas deben ser inclusivas y diseñadas en colaboración con las comunidades

indígenas, asegurando que se respeten y valoren sus conocimientos y prácticas tradicionales. Además, es esencial proporcionar apoyo en términos de financiamiento, infraestructura y educación adaptada culturalmente para empoderar a las comunidades indígenas y permitirles participar plenamente en la economía.

Los resultados obtenidos indican que existe una falta de familiaridad y uso de herramientas de inteligencia artificial en la comunidad indígena de Guasave, lo cual resalta la necesidad de capacitación y acceso a tecnologías adaptadas culturalmente para poder aprovechar las oportunidades que ofrece la IA. Esto también sugiere la necesidad de políticas inclusivas y programas de apoyo específicos que faciliten la integración de la IA en las actividades económicas de estas comunidades.

Los empresarios indígenas pueden beneficiarse de diversas aplicaciones básicas de inteligencia artificial (IA) para fortalecer sus negocios y mejorar su competitividad en el mercado, como la IA puede automatizar tareas rutinarias y repetitivas, como la atención al cliente mediante chatbots o la gestión de citas y reservas. Esto libera tiempo y recursos para que los empresarios se enfoquen en actividades más estratégicas y de valor agregado para sus negocios. Además, los empresarios indígenas pueden mejorar la eficiencia de sus procesos productivos y logísticos. Por ejemplo, pueden optimizar rutas de entrega, planificación de la producción y asignación de recursos, lo que puede reducir costos y mejorar la calidad del servicio.

De igual manera, la IA puede ayudar a los empresarios indígenas a personalizar sus productos o servicios según las preferencias individuales de los clientes. Mediante el análisis de datos sobre el comportamiento del cliente, pueden ofrecer recomendaciones personalizadas, promociones específicas y experiencias de compra adaptadas a cada usuario.

Al abordar estos desafíos y trabajar de manera colaborativa con las comunidades indígenas, se puede promover un desarrollo económico más equitativo y sostenible, que beneficie a todos los miembros de la sociedad. La IA, utilizada de manera ética e inclusiva, tiene el potencial de ser una herramienta poderosa para mejorar la calidad de vida y la economía de las comunidades indígenas en Guasave, Sinaloa, y en otras regiones del mundo.

5. DISCUSIÓN

La integración de la inteligencia artificial (IA) en las comunidades indígenas de Guasave, Sinaloa, México, ofrece un panorama complejo lleno de desafíos y oportunidades. Los resultados del diagnóstico indican una escasa familiaridad y uso de herramientas de IA en estas comunidades, lo que refleja la necesidad de una aproximación cuidadosa y adaptada a sus contextos culturales y socioeconómicos. Uno de los principales desafíos es la barrera lingüística y cultural. Las lenguas indígenas, a menudo no representadas en las interfaces tecnológicas predominantes, crean una desconexión significativa. Para que la IA sea inclusiva, es crucial desarrollar interfaces y aplicaciones que no solo soporten múltiples idiomas, sino que también respeten y se adapten a las prácticas culturales y tradicionales de las comunidades indígenas.

Por otra parte, la brecha digital es otro obstáculo crítico. Muchas comunidades indígenas carecen de infraestructura básica como internet de alta velocidad y dispositivos tecnológicos, lo cual limita su capacidad para acceder y beneficiarse de las herramientas de IA. Esta carencia perpetúa la exclusión económica y social, ya que impide a estas comunidades participar plenamente en la economía digital y aprovechar las oportunidades que esta ofrece.

Además, la desconfianza hacia las tecnologías desarrolladas sin la participación activa de las comunidades indígenas es otra barrera significativa. La historia de explotación y marginalización ha generado un escepticismo natural hacia las nuevas tecnologías. Es fundamental que cualquier implementación de IA sea transparente y se realice en colaboración con las comunidades indígenas para asegurar que se aborden sus preocupaciones éticas y se respeten sus valores y conocimientos tradicionales.

De igual manera, la falta de adaptación cultural y la capacidad técnica son barreras importantes que deben ser superadas. Es esencial que las herramientas de IA se diseñen teniendo en cuenta los contextos culturales específicos de cada comunidad. Además, se deben proporcionar programas de capacitación adecuados para desarrollar las habilidades técnicas necesarias, lo cual no solo empoderará a las comunidades, sino

que también facilitará una integración más efectiva y beneficiosa de la IA en sus prácticas económicas.

Asimismo, los sesgos inherentes en los sistemas de IA también representan un desafío considerable. Si los algoritmos no se diseñan y supervisan adecuadamente, pueden perpetuar estereotipos y discriminaciones existentes. Es crucial que los desarrolladores de IA sean conscientes de estos riesgos y trabajen para crear sistemas justos y equitativos que realmente beneficien a las comunidades indígenas. A pesar de estos desafíos, la IA ofrece oportunidades significativas para las comunidades indígenas. Puede facilitar el acceso a mercados más amplios mediante plataformas de comercio electrónico multilingües, optimizar la producción agrícola y artesanal a través de técnicas avanzadas de análisis de datos, y mejorar la gestión de recursos naturales. Estas aplicaciones potenciales pueden contribuir al desarrollo económico sostenible y autosuficiente de las comunidades indígenas.

Es por ello, que para superar estos desafíos y aprovechar las oportunidades que ofrece la IA, es crucial adoptar un enfoque inclusivo y colaborativo. Las políticas deben ser diseñadas en colaboración con las comunidades indígenas, respetando y valorando sus conocimientos y prácticas tradicionales. Además, es esencial proporcionar apoyo en términos de financiamiento, infraestructura y educación adaptada culturalmente. Solo así se podrá asegurar que la IA se utilice como una herramienta que respete y valore los conocimientos y prácticas tradicionales, contribuyendo a un desarrollo económico equitativo y sostenible. La IA tiene el potencial de ser una herramienta poderosa para mejorar la calidad de vida y la economía de las comunidades indígenas en Guasave, Sinaloa, y en otras regiones del mundo, siempre y cuando se implementen estrategias que respeten y valoren sus contextos culturales únicos.

6. CONCLUSIONES

La implementación de la inteligencia artificial (IA) en las comunidades indígenas emprende una serie de desafíos significativos. Entre estos desafíos se encuentran las barreras lingüísticas y culturales, la brecha digital, la desconfianza y las preocupaciones éticas, la falta de

adaptación cultural, la capacidad y el conocimiento técnico, así como los sesgos y la discriminación. Para abordar estos problemas de manera efectiva, es crucial adoptar un enfoque integral que considere las particularidades de cada comunidad.

Las barreras lingüísticas y culturales son fundamentales a superar, ya que muchas comunidades indígenas tienen lenguas y tradiciones únicas que deben ser respetadas y comprendidas para que la IA sea verdaderamente inclusiva. Además, la brecha digital es un obstáculo importante, dado que muchas comunidades carecen de acceso adecuado a tecnologías y a la infraestructura necesaria para beneficiarse de la IA.

La desconfianza y las preocupaciones éticas también son desafíos críticos. Las comunidades indígenas pueden desconfiar de las tecnologías desarrolladas sin su participación y sin un entendimiento adecuado de sus necesidades y valores. Es esencial garantizar que la implementación de la IA sea ética, inclusiva y respetuosa de los valores y conocimientos tradicionales de estas comunidades.

La falta de adaptación cultural y la capacidad técnica también representan barreras significativas. Es fundamental que la IA se adapte a los contextos culturales específicos de cada comunidad y que se proporcionen programas de capacitación para desarrollar las habilidades técnicas necesarias.

Finalmente, los sesgos y la discriminación presentes en los sistemas de IA deben ser abordados de manera proactiva. Los algoritmos pueden perpetuar estereotipos y discriminaciones existentes si no se diseñan y supervisan adecuadamente.

En este contexto, el diagnóstico realizado permite identificar y comprender estos desafíos, proporcionando una base sólida para desarrollar estrategias que promuevan el desarrollo económico de las comunidades indígenas de manera inclusiva y equitativa. Trabajar en colaboración con las comunidades indígenas es esencial para asegurar que la IA se utilice como una herramienta que respete y valore sus conocimientos y prácticas tradicionales, contribuyendo así a su desarrollo sostenible y autosuficiente. Con un enfoque inclusivo y respetuoso, la IA tiene el potencial de ser una herramienta poderosa para mejorar la calidad de

vida y la economía de las comunidades indígenas en Guasave, Sinaloa, y en otras regiones del mundo.

7. REFERENCIAS

- Arias, F. (2016). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. Episteme.
- Caballero, A. (2014). Metodología integral innovadora para planes y tesis. Cengage Learning.
- Coraggio, J. L. (2018). La gente o el capital: desarrollo local y economía del trabajo. Abya Yala.
- Cresswel, J. (2009). Diseño de Investigación; Métodos cualitativo, cuantitativo y mixto. Sage
- Díaz, D. (2019). Propuesta de economía indígena. Escorpio
- González, R. (2015). Implementación de la estrategia de desarrollo municipal, eje articulador del sistema de gestión del desarrollo local. Retos de la Dirección, 9(1), 121-144.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Education.
- Logan R., Alba y McNutly (1994), Ethnic Economies in Metropolitan Regions, Miami and Beyond” Social Forces, (72), 691.
- Rouhiainen, L. (2021). Inteligencia artificial 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro. Alienta editorial
- Sidorov, G. (2011). Métodos modernos de Inteligencia Artificial. Instituto Politécnico Nacional
- Stuart, R. y Peter, N. (2004). Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno. Pearson

ANALÍTICA DEL APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE ESTADÍSTICA EN LA CARRERA DE PSICOLOGÍA

RAÚL LÓPEZ FERNÁNDEZ

Universidad Bolivariana del Ecuador

ENNIO JESÚS MÉRIDA CÓRDOVA

Universidad Bolivariana del Ecuador

ELIZABETH ESTHER VERGEL PAREJO

Universidad Bolivariana del Ecuador

ROSANGELA CAICEDO QUIROZ

Universidad Bolivariana del Ecuador

1. INTRODUCCIÓN

Las universidades enfrentan nuevos retos al incorporar tecnologías en constante evolución, especialmente en el ámbito del uso didáctico de diversas herramientas y recursos disponibles en la sociedad digital. En el contexto de la educación virtual, la integración de la analítica del aprendizaje como un enfoque pedagógico emergente, brinda una excelente oportunidad para mejorar el acompañamiento del docente al estudiante en los sistemas de gestión del aprendizaje (LMS por sus siglas en inglés), que permite potenciar tanto el proceso de enseñanza- aprendizaje como el entorno en el que este tiene lugar.

Un LMS es una herramienta digital o plataforma en línea útil para implementar, evaluar un procedimiento de aprendizaje específico y planificar el desarrollo de nuevas técnicas. (Ma L, Ali Z, Yin S, 2024). Este sistema proporciona un conjunto de herramientas para crear, administrar distintos contenidos educativos en diferente formato bien se a través de aulas virtuales, evaluaciones, comunicación, entre otras.

Los LMS son cruciales por almacenar datos e información pertinentes sobre el desempeño estudiantil, lo que permite un seguimiento personalizado, especialmente en el componente de evaluación, para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Por tanto, la analítica del aprendizaje ofrece un valioso aporte didáctico ya que, al analizar e interpretar estos datos adecuadamente, permite identificar el comportamiento del rendimiento académico de los estudiantes, e incluso, hasta llegar a prevenir los riesgos del abandono escolar. Anticipar las acciones de los estudiantes se convierte en una responsabilidad crucial para las instituciones educativas. Esta anticipación puede conducir a mejoras en el diseño del plan de estudios y a la planificación de intervenciones académicas de apoyo que sean adaptables y oportunas. (Villar y de Andrade,2024).

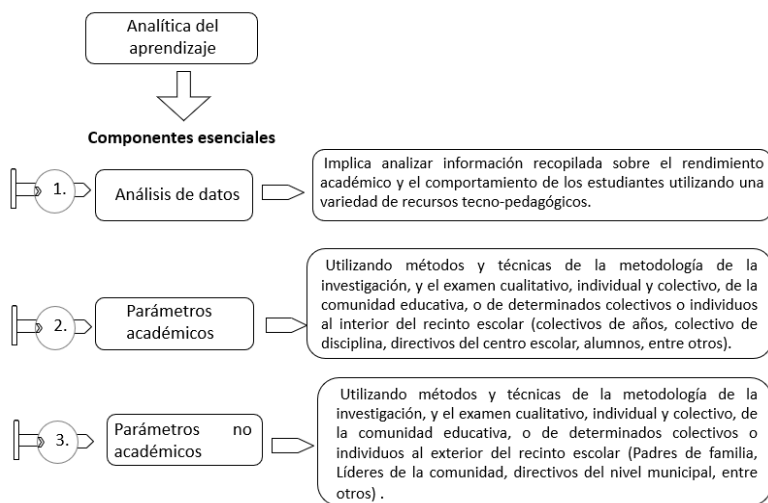
La analítica del aprendizaje, como método centrado en el alumno, ofrece una serie de beneficios significativos. Al recopilar, almacenar, procesar, analizar y socializar los datos pertinentes, este enfoque proporciona un proceso de toma de decisiones fundamentado en evidencia para todas las partes interesadas. Desde instituciones educativas hasta investigadores, todos se benefician de la capacidad de explorar y comprender la naturaleza del aprendizaje, así como de mejorar los entornos educativos. (Melnikova et. al. 2022).

En este trabajo se aborda la analítica de aprendizaje y el uso de la plataforma de sistema de gestión de aprendizaje Moodle centrada en el plugin "Guide My Learning" como un apoyo importante en la didáctica de la estadística en un curso de Educación Superior en la modalidad virtual. El rendimiento académico de los estudiantes del segundo año de Psicología en la asignatura de Estadística es una preocupación evidente en la Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE). A pesar de los esfuerzos por mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje, persisten falencias en detrimento del desempeño de los alumnos en esta materia. Es importante resaltar que a pesar de la disponibilidad de tecnologías educativas como el plugin "Guide My Learning" en la plataforma Moodle, diseñado para ofrecer visualizaciones detalladas sobre el proceso de aprendizaje, la eficacia de estas herramientas para mejorar el rendimiento académico aún no ha sido plenamente explotada o utilizada en este contexto específico.

Por lo tanto, es crucial abordar la falta de un análisis exhaustivo y sistemático de los desafíos que enfrentan los estudiantes al aprender estadística, así como la ausencia de identificación de patrones, tendencias y factores determinantes en su desempeño académico. Estos aspectos son fundamentales para abordar y resolver la problemática en cuestión.

En este estudio, se investigó la implementación de la analítica del aprendizaje para dar un seguimiento proactivo, sustentándose en la conceptualización propuesta por López et al. (2024). Estos autores resaltan tres componentes esenciales en la evaluación del avance y el desempeño de los estudiantes en entornos educativos. (Ver Figura 1).

FIGURA 1. Componentes de la Analítica del Aprendizaje



Fuente: Elaboración propia, 2024

Para López *et. al.* la analítica del aprendizaje es entendida como “aquel procedimiento ecléctico dirigido a medir, contabilizar, procesar, analizar, sintetizar e interpretar datos y conjuntos de datos, de mayor o menor complejidad, ya sea mediante los más diversos recursos tecno pedagógicos, métodos y técnicas de la metodología de la investigación, y el examen cualitativo, individual y colectivo, de la comunidad educativa, o de determinados colectivos o individuos que configuran la misma de manera particular, a fin de, a partir de ello, ofrecer respuesta

a interrogantes, conformar otras, identificar problemas, entregar nuevas ideas y procurar pautas transformadoras para un superior funcionamiento de los distintos elementos que conforman el proceso interactivo sistemático de las prácticas de los sujetos que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje, de los llamados parámetros académicos y, por último, no menos importante, de los parámetros no académicos”.

Este enfoque analítico proporciona información crucial para diseñar intervenciones tempranas y oportunas que promuevan un mejor proceso de aprendizaje y contribuyan a superar las dificultades identificadas en el rendimiento académico de los estudiantes del segundo año de Psicología en la asignatura de Estadística, utilizando técnicas de analítica del aprendizaje.

2. OBJETIVOS

El estudio se enfoca a abordar la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo contribuir a la transformación del rendimiento académico de los estudiantes en la asignatura de estadística en la Carrera de Psicología?

Por lo tanto, el objetivo de este estudio se centra en implementar la analítica de aprendizaje sustentada en los recursos didácticos digitales para transformar el rendimiento académico de los estudiantes en la asignatura de estadística en la Carrera de Psicología.

3. METODOLOGÍA

El estudio se realizó en la carrera de Psicología en la asignatura de estadística en la Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE).

La metodología utilizada fue cuantitativa desde un enfoque positivista sustentada en los postulados de Leonor Buendía (2010). La naturaleza de la realidad es única y fragmentada pues busca capturar aspectos específicos y medibles de esa realidad fragmentada y única, a través de la recolección y análisis de datos cuantitativos para obtener resultados objetivos y generalizables.

La finalidad de la metodología cuantitativa es:

- Explicar: alude a explicar cómo la implementación de la analítica de aprendizaje utilizando recursos didácticos digitales impacta en el rendimiento académico de los estudiantes de estadística en psicología. Intenta establecer relaciones causales entre las variables.
- Controlar: Se refiere a controlar las condiciones en las que se implementa la analítica de aprendizaje y el uso de recursos digitales, para asegurar que los cambios observados en el rendimiento académico se deban a esas intervenciones y no a otros factores.
- Dominar: Implica dominar la situación de estudio a través de la medición y cuantificación de las variables relevantes, como el rendimiento académico, el uso de recursos digitales, etc. Busca tener un control sobre los fenómenos estudiados.
- Verificar: La investigación cuantitativa intenta verificar si la implementación de la analítica de aprendizaje y los recursos digitales realmente mejoran el rendimiento académico de los estudiantes, a través de la recolección y análisis de datos cuantitativos.

Con relación al "tipo de conocimiento técnico" y "leyes nomotéticas en la metodología cuantitativa" en este contexto de investigación, se hace alusión a la búsqueda de un conocimiento objetivo y generalizable a través del análisis de datos cuantitativos para comprender y mejorar el rendimiento académico de los estudiantes mediante la implementación de la analítica de aprendizaje.

En relación a la posición entre el investigador y el objeto de investigación, es "distanciados, independientes" en la metodología cuantitativa aplicada a este estudio, se está indicando que el investigador mantiene una posición objetiva y neutral, sin intervenir directamente en el fenómeno estudiado, con el fin de recolectar datos cuantitativos que permitan medir y analizar el efecto de las variables de interés.

Los instrumentos utilizados fueron para el componente 1 análisis de la “data”: el plugin “MyGuide Learning” el cual permitió analizar las calificaciones de las actividades de los estudiantes y la participación en la plataforma (número de sesiones, recursos vistos, tiempo invertido y planificado, entre otros) generados ambos, por la MLS Moodle.

En este estudio se analiza los datos recopilados de 55 estudiantes inscritos en la asignatura de Estadística dentro del programa de Psicología. Esta cifra garantiza que no haya sesgos inherentes a la aplicación de la teoría del muestreo, proporcionando así una muestra representativa y confiable.

Este grupo de estudiante están inscrito en el tercer semestre en el régimen nocturno de la carrera de Psicología y modalidad virtual.

Para el componente 2, parámetro académico, se realizó un grupo focal con los docentes del colectivo de año (profesores que intervienen en el proceso de formación académica del mismo período de organización docente) siguiendo la metodología de (Krueger, 1991). Los pasos que se siguieron fueron:

Definir el Objetivo: identificar las falencias que presentan en el rendimiento académico los estudiantes del segundo año de Psicología para influir como colectivo en esta problemática.

Seleccionar Participantes: el grupo focal se destaca por estar formado por el colectivo de año que imparten clases en el segundo año de la Carrera de Psicología.

Diseñar la guía de discusión: se diseñó la guía de discusión teniendo en cuenta los siguientes planteamientos como base:

- a. Cómo valoran el rendimiento académico de forma general en el grupo de segundo año de la Carrera de Psicología.
- b. Pueden hacer valoraciones de casos puntuales de alumnos que han tenido irregularidades en el rendimiento académico de su asignatura.
- c. Sugieran acciones que se deben tomar para potenciar aquellos alumnos con bajo rendimiento académico

Escoger un Moderador: Se designó un docente con experiencia científica y habilidades comunicativas.

Espacio: La actividad se desarrolló virtualmente a través de la plataforma ZOOM.

Analizar los Resultados: se fue recolectando las participaciones al realizar cada pregunta.

Para el desarrollo del componente 3 parámetro no académico se siguió la metodología de (Morrison, 2015) y se aplicó una entrevista semi estructurada a los directivos donde laboran los estudiantes. Los pasos que se siguieron fueron:

Definir el objetivo de la entrevista: caracterizar el comportamiento laboral de los estudiantes del segundo periodo de la carrera de Psicología para asociarlo a su rendimiento académico.

La entrevista semiestructurada tiene como objetivo identificar desde la cosmovisión de sus jefes directos para valorar las posiciones asumidas por los estudiantes ante su dedicación al estudio

Elige a los participantes: fueron seleccionado más del 30 por ciento de los directivos donde laboran los alumnos del segundo periodo de la Carrera de Psicología.

4. RESULTADOS

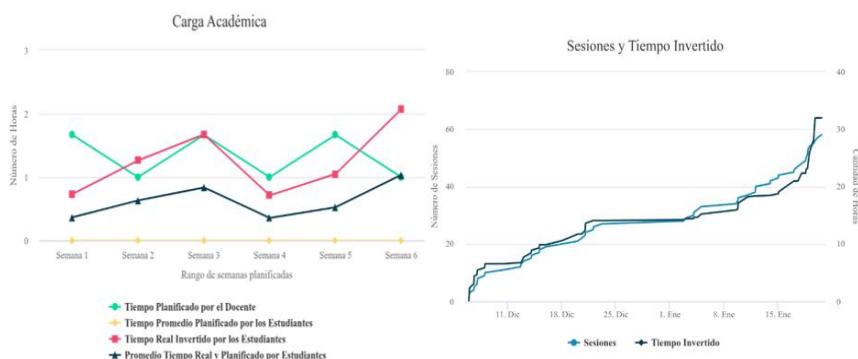
COMPONENTE 1. INTERPRETAR DATOS Y CONJUNTOS DE DATOS.

A través del plugin “Guide My Learning”, se logró obtener una variedad de gráficos y tablas organizados en secciones claramente identificables, que incluyen configuración de semanas, sesiones de estudio, seguimiento de tareas, seguimiento de calificaciones, seguimiento de evaluaciones, descarga de informes y predicción de abandono escolar.

En la Figura 2 se analiza el patrón de tiempo dedicado tanto por los estudiantes como por el docente en el desarrollo de las clases. En la primera semana, el docente invierte más tiempo planificado que los estudiantes, lo cual es típico, ya que en esta etapa inicial se dedica a

familiarizar a los alumnos con la plataforma Moodle, el plugin, recursos, actividades, tareas, entre otras. Durante las siguientes semanas, se observa un aumento significativo en el tiempo y el número de sesiones que los estudiantes dedican a consultar recursos, actividades y tareas en la plataforma. Sin embargo, en la semana 4, se registra una disminución en el ritmo de estudio de los estudiantes. En respuesta a esta situación, el docente oportunamente interviene a través de acciones de refuerzo académico, tutorías individuales y colectivas, lo que resulta en una mejora en el aprendizaje de los estudiantes, en consecuencia, en las semanas 5 y 6 se observa un importante crecimiento en horas de estudio y en el número de secciones por parte de los estudiantes como resultado de la intervención pedagógica, así como un renovado interés y motivación de los estudiantes hacia la asignatura.

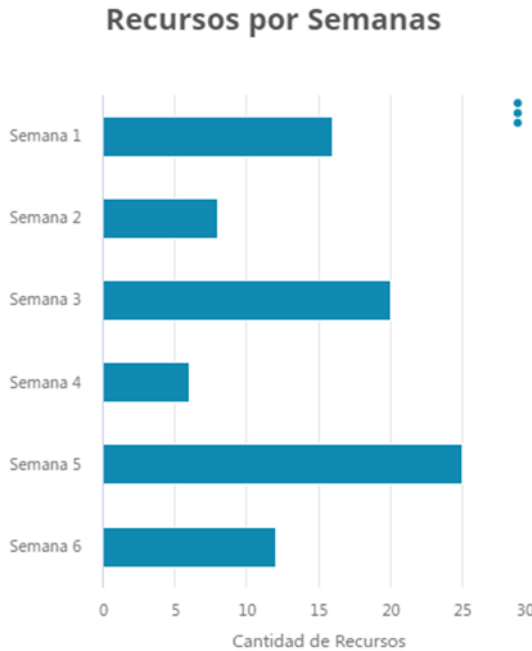
FIGURA 2. *Tiempo Planificado Vs Tiempo Invertido*



Fuente: Plugin “Guide My Learning” UBE, 2023

En la Figura 3 se observa que la mayor cantidad de recursos consultados por parte de los estudiantes es en la semana 3 y 5, y la menor cantidad de recursos vistos es en la semana 4. En la semana 4 los estudiantes disminuyen el ritmo de estudio y, con la intervención pedagógica del docente, aumenta el interés y la motivación de los estudiantes en la semana 5, lo que se refleja en el aumento de recursos vistos.

FIGURA 3. *Tiempo Planificado Vs Tiempo Invertido*



Fuente: Plugin “Guide My Learning” UBE, 2023

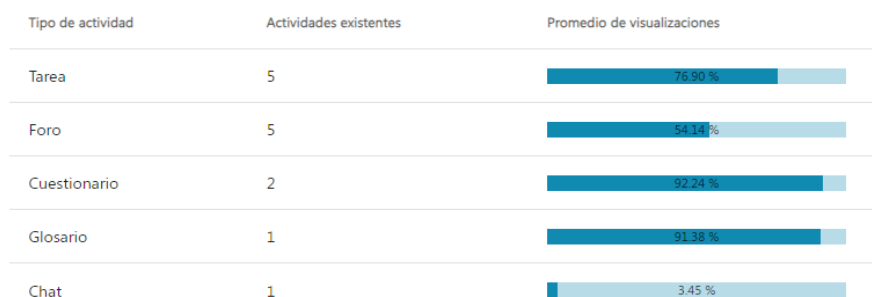
En la Figura 4, se destaca un patrón evidente: los porcentajes promedio de visualizaciones son más altos en las actividades de cuestionario y glosario en comparación con las tareas y el foro. Este fenómeno puede atribuirse a la naturaleza individual de las actividades de cuestionario y glosario, donde los estudiantes tienden a interactuar de manera más directa con el contenido de forma personalizada.

Por otro lado, las tareas y el foro, al ser actividades grupales, pueden requerir una coordinación más compleja entre los miembros del grupo, lo que posiblemente disminuye la frecuencia de visualización individual. Además, es probable que en las tareas y el foro se produzcan interacciones más prolongadas y detalladas, lo que podría diluir la atención individual en una sola visualización.

Esta diferencia en los niveles de visualización entre actividades individuales y grupales conllevó a la adaptación de estrategias de enseñanza de acuerdo con los estilos de aprendizaje de los estudiantes. Es fundamental

reconocer que cada tipo de actividad tiene sus propias características y requerimientos y, por lo tanto, requirió de enfoques pedagógicos distintos para optimizar la participación y el compromiso de los estudiantes.

FIGURA 4. *Tipo de actividad*



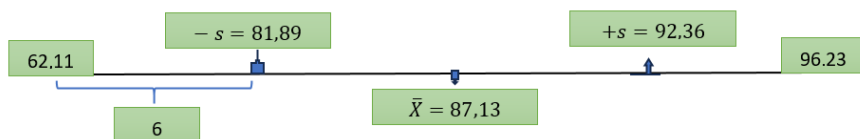
Fuente: Plugin “Guide My Learning” UBE, 2023

Como resultado de plugin para analizar datos educativos, incluyendo el seguimiento del tiempo de uso de recursos por los estudiantes. Aunque hubo variaciones en el tiempo dedicado durante el curso, se observó una mejora hacia el final de este. Además, potenció la personalización de los aprendizajes y recomendar recursos adicionales.

Durante las primeras semanas, el tiempo invertido por los estudiantes estuvo por debajo de lo planificado por el docente. Sin embargo, en las semanas siguientes (semana 2 y 3), se observó una mejora en el número de horas dedicadas por éstos. Finalmente, en las semanas 5 y 6 se obtuvo una mejora en este aspecto.

Por otra parte, en la figura 5 el análisis de datos, derivado de las calificaciones de los estudiantes en las actividades en Moodle, se obtuvo un rendimiento medio de 87,5 puntos con una desviación estándar de 16,0 puntos. Donde se evidencia que en el rango entre el valor mínimo de la distribución 62,11 puntos y el límite inferior del intervalo, $[\bar{X}-S; \bar{X}+S]$, 81,89 puntos, existen seis (6) estudiantes los cuales fueron sobre los que se derivó la atención en este proceso ecléctico de la analítica del aprendizaje.

FIGURA 5: interpretación geométrica de los datos descriptiva de la distribución calificaciones de los estudiantes en las actividades en Moodle. Guayaquil, 2024.



Nota: se ha realizado una interpretación desde el punto de vista geométrico de la media de la distribución de las notas de las actividades en Moodle y la desviación típica a una sigma de distancia.

Fuente: Notas registradas en Moodle.

COMPONENTE 2. LOS PARÁMETROS ACADÉMICOS.

Como resultado del grupo focal, en el aspecto correspondiente a la valoración del rendimiento académico se evidenció un comportamiento de los estudiantes similar en todas las asignaturas, es decir, donde hubo estabilidad en la primera semana de clases, una decadencia en las últimas dos semanas intermedias de clases y un aumento de dedicación de los estudiantes en las dos semanas últimas de clases. Se caracterizan áreas específicas en las que los estudiantes necesitan mejorar, como la gestión del tiempo, la profundización en conceptos clave, la aplicación de conocimientos en situaciones reales y la participación activa en actividades académicas extracurriculares.

Con respecto a las valoraciones de casos puntuales de los seis (6) alumnos que han tenido irregularidades en el rendimiento académico en estadística casi la totalidad, excepto uno, son recurrente en todas las asignaturas, es decir, el 83 por ciento, cinco (5) estudiantes, lo cual facilita el trabajo que como colectivo debe realizarse para influir en la mejora continua de rendimiento escolar de cada uno de ellos. El resultado está asociado a una variedad de factores, como la falta de interés en la materia, la sobrecarga de trabajo o la disponibilidad de tiempo, entre otros.

En cuanto a la sugerencia de acciones que se deben tomar para potenciar aquellos alumnos con bajo rendimiento académico, el colectivo de estudiantes promueve la creación de grupos de estudio y apoyo mutuo, donde puedan compartir conocimientos, habilidades y experiencias para mejorar su rendimiento académico. La implementación de

programas de tutoría entre pares, que estudien con colegas de cursos superiores para orientar a los estudiantes de segundo año. Esto potencia el fortalecimiento en el aprendizaje colaborativo y la retroalimentación entre compañeros. Por parte del docente de estadística se agregó al plan de mejora colectivo las acciones individualizadas con los estudiantes propios de la epistemología de esta ciencia.

COMPONENTE 3. LOS PARÁMETROS NO ACADÉMICOS.

Los resultados de la entrevista semiestructurada con los directivos, llevada a cabo en los entornos laborales de los estudiantes que cursan la asignatura de estadística en modalidad virtual, arrojan resultados interesantes sobre una preocupante tendencia: la asociación negativa o inversa entre el tiempo que los estudiantes dedican al trabajo dentro de la empresa y el desempeño académico de los estudiantes. Los directivos resaltan la importancia de reconocer esta relación inversa y resaltan la necesidad de establecer procesos que fomenten un mayor rendimiento académico.

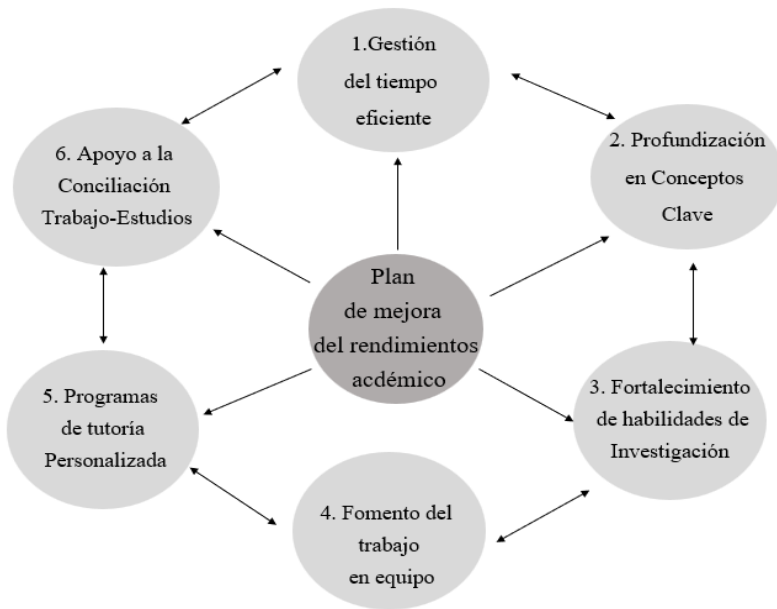
En este contexto, se resalta la necesidad de vinculación más estrecha entre actividades académicas y las responsabilidades laborables de los estudiantes en su práctica profesional. Los directivos enfatizan que la institución académica debe diseñar tareas y trabajos académicos que estén directamente relacionados con las demandas y dinámicas del entorno laboral. Esto, argumentan, no solo fortalecerá el desempeño académico, sino que también cultivará habilidades prácticas y aplicables en el mundo laboral.

Asimismo, los directivos reconocen la importancia de las variables psicológicas de motivación y estrategias de aprendizaje socioemocionales. Además, la integración del tránsito por psicología industrial con el rendimiento académico, influyente positivamente. Se sugiere desarrollar habilidades como inteligencia emocional, análisis de psicológicos en el entorno laboral y trabajo en equipo para mejorar el rendimiento académico. Se recomienda medidas como gestión del tiempo, trabajo a distancia y apoyo social para mejorar la conciliación entre trabajo y estudios, promoviendo así un ambiente propicio para el éxito académico y profesional de los estudiantes.

Plan de Mejora para el Rendimiento Académico de Estudiantes de estadística en la carrera de Psicología.

Con base en la triangulación de los resultados de los tres componentes principales: análisis de datos, parámetros académicos y parámetros no académicos, se elaboró el plan de mejora. Este plan se estructura para abordar las áreas identificadas para fortalecer el desempeño y el desarrollo tanto académico como personal. (Ver Figura 6).

FIGURA 6. Plan de Mejora del rendimiento académico en Estadística para Estudiantes de Psicología.



Fuente: Elaboración propia,2024

1. Gestión del tiempo eficiente: implementar talleres y recursos para mejorar la planificación y organización del tiempo de estudio.
2. Profundización en conceptos clave: ofrecer sesiones de repaso y tutorías especializadas para fortalecer la comprensión de conceptos fundamentales.

3. Fortalecimiento de habilidades de investigación: crear programas de entrenamiento en metodologías de investigación y análisis de datos para potenciar las habilidades investigativas.
4. Fomento del trabajo en equipo: promover proyectos colaborativos y actividades que coronan trabajo en equipo para desarrollar habilidades de cooperación.
5. Programas de tutoría personalizada: establecer programas de tutoría individualizada para abordar la motivación y ofrecer apoyo académico y emocional. Incorporar sesiones de desarrollo emocional para mejorar la gestión del estrés y potenciar la inteligencia emocional.
6. Apoyo a la Conciliación Trabajo-Estudios: recursos y servicios de apoyo social para ayudar a los estudiantes a equilibrar sus responsabilidades laborales y académicas.

Los elementos del Plan de Mejora del rendimiento académico en Estadística para estudiantes de Psicología revelan un ciclo de retroalimentación continua y enriquecedora que se entrelazan para promover un aprendizaje efectivo y un ambiente de apoyo integral.

Una gestión del tiempo eficiente permite a los estudiantes no solo dedicar suficiente tiempo a la comprensión de los conceptos fundamentales, sino también a consolidar su aprendizaje a través de repases y tutorías especializadas. La organización adecuada del tiempo de estudio facilita la inmersión profunda en los temas claves.

Una comprensión sólida de los conceptos fundamentales es crucial para la realización de investigaciones sólidas. A medida que los estudiantes profundizan en los conceptos claves, están mejores equipados para aplicar metodologías de investigación y análisis de datos de manera efectiva, fortaleciendo así sus habilidades investigativas.

El desarrollo de habilidades de investigación se ve reforzado mediante proyectos colaborativos que requieren una cooperación efectiva. Trabajar en equipo no solo mejora la calidad de la investigación al permitir diferentes perspectivas y habilidades, sino que también fomenta habilidades de comunicación y resolución de problemas.

El trabajo en equipo se complementa por programas de tutoría personalizada, donde los estudiantes reciben orientación específica sobre cómo trabajar de manera efectiva en equipo y cómo abordar los desafíos que surgen en entornos colaborativos. Esta tutoría puede incluir estrategias para la resolución de problemas, comunicación efectiva y establecimiento de metas grupales.

Los programas de tutoría personalizada pueden brindar apoyo tanto académico como emocional, ayudando a los estudiantes a manejar mejor el estrés y a equilibrar sus responsabilidades laborales y académicas. Este apoyo contribuye a una mayor motivación y bienestar general, lo que a su vez mejora el rendimiento académico.

El apoyo a la conciliación trabajo-estudios puede incluir recursos y servicios que ayuden a los estudiantes a administrar su tiempo de manera más eficiente, permitiéndoles dedicar tiempo tanto al trabajo como a los estudios de manera equilibrada. Una mejor gestión del tiempo facilita el manejo de múltiples responsabilidades y reduce el estrés, lo que contribuye a un ambiente de aprendizaje más saludable y productivo.

5. DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo proporcionan información valiosa para establecer tendencia, patrones de líneas vinculado con el desempeño de los estudiantes en el proceso de aprendizaje y su rendimiento académico en MLS Moodle, así como identificar áreas donde se necesitan intervenciones didácticas personalizada para mejorar su desempeño académico en la asignatura de estadística. Esto está en concordancia con los resultados y análisis establecido por Dong Ryool et al. (2016) quienes destaca que el análisis de datos permite a los docentes gestionar y analizar el aprendizaje y los problemas reales de los estudiantes, así como las abolladuras y utilizarlos con fines educativos. Asimismo, la analítica del aprendizaje permite logros académicos y una participación más activa en el proceso de enseñanza aprendizaje. Asimismo, diversos autores (Llanos, 2021; Atiaja, 2023) plantea las bondades de los LMS como herramienta de análisis de datos para desarrollar modelos de predicción que permitan mejorar la formación en línea, el rendimiento académico y la retroalimentación personalizada.

Otros resultados son los referidos a abordar factores externos relacionados con las variables psicológicas de motivación, implementando estrategias de apoyo, espacios que se pueden proporcionar adecuados, fomentando un clima familiar positivo, ofreciendo recursos educativos adicionales y promoviendo la colaboración estudiantil. La información generada en este estudio se torna adecuada para una intervención pedagógica debido a que incluye categorías socioemocionales que explican por qué los estudiantes muestran este rendimiento académico. En este sentido, se considera como indicadores más evidentes de los resultados del aprendizaje el estado de ánimo académico de los estudiantes, (Namoun y Alshanqiti, 2021). Los resultados generales pueden abarcar aspectos adicionales del éxito, más allá de simplemente los logros académicos. Es crucial considerar el comportamiento en el aula, la asistencia regular y el desarrollo socioemocional de los estudiantes. (Aljaloud et al., 2022, Yang & Bai, 2022).

6. CONCLUSIONES

La implementación de la analítica de aprendizaje del rendimiento académico de los estudiantes en la asignatura de estadística en la Carrera de Psicología ha avanzado mucho personalmente. Este avance se ha logrado mediante la atención exhaustiva de tres componentes clave en el estudio: análisis de datos, parámetros académicos y parámetros no académicos.

El análisis de datos ha permitido identificar patrones y tendencias en el rendimiento académico de los estudiantes en el área de estadística identificando a seis (6) estudiantes los cuales fueron sobre los que se derivó la atención en este proceso ecléctico de la analítica del aprendizaje partiendo de sus dificultades o necesidades particulares.

Los parámetros académicos, como el seguimiento de asistencia, participación en clase, resultados de exámenes y otros recursos fueron relevante para obtener una comprensión completa del desempeño académico de los estudiantes en estadística.

Por último, se han considerado los parámetros no académicos, que pueden influir en el rendimiento de los estudiantes, como el bienestar emocional, la motivación, la gestión del tiempo y las habilidades de estudio.

Estos aspectos son igualmente importantes para el éxito académico y se han tenido en cuenta en el diseño del plan de mejora y como consecuencia directa, se ha observado un notable crecimiento en el dominio de los conocimientos y saberes relacionados con la asignatura de estadística por parte de los estudiantes.

La herramienta de análisis de aprendizaje sustentada en los recursos didácticos digitales del plugin “MyGuide Learning” el cuál analizó las calificaciones de las actividades de los estudiantes generados ambos, por la MLS Moodle podría utilizarse más ampliamente en la educación y de forma articulada con los componentes académicos y no académicos para lograr mejoras significativas en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

8. REFERENCIAS

- Aljaloud, A. S., Uliyan, D. M., Alkhalil, A., Abd Elrhman, M., Alogali, A. F. M., Altameemi, Y. M., & Kwan, P. (2022). A deep learning model to predict Student learning outcomes in LMS using CNN and LSTM. *IEEE Access*, 10, 85255-85265. [10.1109/ACCESS.2022.3196784](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3196784)
- Atiaja Balseca, L. E. (2023). *Uso de la analítica del aprendizaje de los estudiantes para minimizar la pérdida escolar en las diferentes modalidades de estudio* (Bachelor's thesis).
- Buendía Eisman, L., Colas Bravo, M. P., & Hernández Pina, F. (2010). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. McGraw-Hill.
- Krueger, R.A. (1991). *Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research*. Beverly Hills; California: Sage.
- López Fernández, R., Sánchez Gálvez, S., Quintana Álvarez, M.R., Gómez Rodríguez, V.G. 2024 “Valoraciones teóricas sobre el concepto de analítica del aprendizaje” e3699. Bitly: <https://bit.ly/4bUoTpp>
- Llanos J. y Bucheli, V. “Analítica de aprendizaje como estrategia de apoyo al aula invertida en cursos de programación: una revisión sistemática de literatura”, *Investigación e Innovación en Ingenierías* vol. 9, n°1, 114-135, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.9.1.4464>
- Melnikova, J. Batuchina A. Šakytė-Statnickė G. Gražina Šmitienė (2022) “The Benefits of Learning Analytics for Education: An Analysis of the Experiences of Lithuanian General Education School Teachers”, *Acta Paedagogica Vilnensia*, 48, pp. 129–142. doi:10.15388/ActPaed.2022.48.8.
- Morrison, J. (2015) *La entrevista psicológica. Manual Moderno*

- Namoun, A., & Alshantiti, A. (2021). Predicting student performance using data mining and learning analytics techniques: A systematic literature review. *Applied Sciences*, 11(1), 237. <https://doi.org/10.3390/app11010237>
- Villar, A., de Andrade, (2024). Algoritmos de aprendizaje automático supervisados para predecir el abandono estudiantil y el éxito académico: un estudio comparativo. *Discov Artif Intell* 4, 2 <https://doi.org/10.1007/s44163-023-00079-z>
- Yang, L., & Bai, Z. (2022). Study on Score Prediction Model with High Efficiency Based on Deep Learning. *Electronics*, 11(23), 3995.

LA TUTORÍA TECNOPEDAGÓGICA: UNA METODOLOGÍA DE FORMACIÓN DOCENTE PARA LA DIDÁCTICA EN LOS ENTORNOS DIGITALES DE APRENDIZAJE

ROGER MARTÍNEZ ISAAC

Universidad Bolivariana del Ecuador

WILBER ORTIZ AGUILAR

Universidad Bolivariana del Ecuador

ELSY RODRÍGUEZ REVELO

Universidad Bolivariana del Ecuador

VÍCTOR GUSTAVO GÓMEZ RODRÍGUEZ

Universidad Bolivariana del Ecuador

1. INTRODUCCIÓN

Los cambios que la sociedad experimenta en la actualidad, que de hecho son constantes, acelerados y profundos, están generados por una crisis en sus diferentes ámbitos o espacios y que repercuten en el replanteamiento de nuestros modos de vida, las expectativas, las relaciones y que por consiguiente impactan directamente en el campo educativo.

Esto se expresa en la necesidad de que la educación sea capaz de formar para aprender a aprender a lo largo de la vida. Este es un reclamo unánime de sociólogos, pedagogos, psicólogos, antropólogos y de todos aquellos interesados en una mejor sociedad. Desde esta mirada, es necesario rediseñar o repensar el accionar de la escuela, su contenidos, formas y recursos para asumir las demandas que se le plantean. Por consiguiente, la figura del maestro también se transforma debido a los nuevos roles que se le adjudican.

La introducción de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en el contexto educativo constituye un fenómeno disruptivo,

lo que ha implicado una transformación, que en algunos casos se puede decir que ha sido radical. Sin embargo, ¿estará el docente del todo preparado para responder desde el punto de vista pedagógico y tecnológico a este fenómeno? Muchos han sido los esfuerzos; a través de programas, proyectos y acciones desplegadas por las instituciones y sistemas educativos para lograrlo en determinada medida, pero por el propio carácter creciente, progresivo, revolucionario e innovador de las TIC, aún queda mucho por hacer en beneficio de la competencia digital del docente.

La Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE) es una institución de educación superior de reciente creación, donde se están modelando y sistematizando los procesos para lograr una formación profesional de calidad, con énfasis en aquellas carreras y programas que se desarrollan bajo la modalidad en línea. Justo es en este escenario, donde el docente debe ser portador de la competencia digital para poder asumir las exigencias del proceso formativo en los entornos virtuales.

El primer acercamiento con la comunidad educativa y el diagnóstico realizado a nuestros docentes permitió revelar el estado actual de su preparación en términos de manejo de las TIC en el contexto educativo, el dominio de metodologías activas generadoras de aprendizajes significativos y desarrolladores, unido a su experiencia como docentes autores o tutores en procesos formativos a distancia o en línea.

Los resultados obtenidos revelaron que de los 15 docentes autores seleccionados para las carreras en línea, solo el 20 % tenía experiencia en este tipo de formación y en el dominio de un diseño instruccional coherente con las particularidades de la virtualización del proceso de enseñanza – aprendizaje. Es a partir de aquí, donde nace el proyecto formativo de los docentes autores y tutores de la UBE.

1.1. LA FORMACIÓN DOCENTE EN EL CONTEXTO DE LA EDUCACIÓN VIRTUAL

La formación docente para el trabajo en la educación virtual es esencial en el mundo académico de hoy en día. Autores como Dussel (2020), Rahmatullah et al. (2020), Soto (2021), Baroudi y Shaya (2022), Barrientos et al. (2022) y Rincón et al. (2023) reconocen que, con el crecimiento exponencial de las tecnologías de la información y

comunicación, es fundamental que los profesores estén completamente preparados para enseñar de manera efectiva en entornos virtuales llenos de oportunidades y desafíos.

Rincón et al. (2023) enfatizan en que resulta necesario formar a los docentes con un currículum que no solo desarrolle conocimientos profundos en el campo de las ciencias pedagógicas, sino que se deben incluir de un modo transversal las tecnologías digitales, para el logro de un aprendizaje significativo que abarque saberes, habilidades y actitudes.

Desde esta perspectiva es necesario tomar como centro del proceso formativo del docente contenidos tecnopedagógicos que incluyan aspectos relacionados con el uso de plataformas educativas en línea, herramientas de comunicación virtual innovadoras, métodos de evaluación en línea vanguardistas y estrategias de enseñanza adaptadas a este contexto tecnológico revolucionario.

Además, es ineludible que los docentes desarrollen habilidades digitales de vanguardia, como la capacidad de utilizar software educativo de última generación y la capacidad de navegar y buscar información en Internet de manera crítica en un mundo saturado de datos y conocimiento.

Asimismo, Peña et al. (2021), Jaramillo (2020), Tardif (2014) y Pérez (2010) valoran que la formación docente para el trabajo en la educación virtual también implica familiarizarse con los desafíos específicos de este entorno didáctico. Los docentes deben aprender a gestionar el tiempo de manera eficiente, a mantener la motivación de los estudiantes y a fomentar la participación activa en la construcción del conocimiento. Además, deben estar preparados para adaptarse a las posibles dificultades técnicas que puedan surgir y para ofrecer un apoyo adecuado a los estudiantes.

En resumen, la formación docente para el trabajo en la educación virtual es esencial para garantizar un aprendizaje de calidad en los entornos didácticos digitales. El profesorado requiere apropiarse de habilidades digitales y pedagógicas específicas, así como de una comprensión profunda de los desafíos y oportunidades que ofrece la educación virtual. Es importante que se mantengan actualizados y continúen formándose en esta área en constante evolución.

La educación en ambientes virtuales es un gran reto para la formación continua del docente universitario. Esto exige del dominio de herramientas digitales, nuevas metodologías para desarrollar el proceso de enseñanza – aprendizaje, la evaluación en línea, la creación de contenidos educativos efectivos, el diseño de la interactividad, la comunicación asertiva sincrónica o asincrónica y la retroalimentación para lograr un verdadero proceso formativo que tienda a ser significativo y desarrollador de las potencialidades de los estudiantes.

Desde esa mirada pedagógica, el presente trabajo es resultado de un estudio, donde se realiza el abordaje de la modelación de la tutoría tecnopedagógica, como método de formación docente en aras de la formación de competencias didácticas que faciliten la educación en los entornos digitales de aprendizaje.

2. OBJETIVO

En este sentido, se declara como principal propósito de este trabajo la propuesta de la metodología utilizada para el fortalecimiento de las competencias didácticas y digitales del docente, centrada en el método de la tutoría tecnopedagógica, para generar un cambio en las formas, métodos y recursos para el diseño, implementación y evaluación de la docencia virtual en la UBE.

3. METODOLOGÍA

Para el proceso de evaluación de los resultados se utiliza una metodología mixta, con predominio de lo cualitativo, que permitió explicar la relación que se ha producido entre los elementos de mayor esencialidad en la ruta metodológica seguida en la investigación:

Necesidades formativas de los docentes respecto a la competencia didáctica–tecnológica digital.

Proceso formativo de los docentes autores y tutores para la educación virtual.

Impacto en la formación docente.

Las técnicas de recogida de información utilizadas son: la entrevista, la observación, el testimonio, grabaciones y el análisis del producto de la actividad. Se asume el estudio de casos como método de investigación. Los resultados obtenidos fueron analizados y se llegaron a conclusiones relevantes para el estudio. A partir de estas conclusiones, se presentaron recomendaciones sobre mejoras en la tutoría tecnopedagógica y su implementación en base a los resultados obtenidos.

La unidad de estudio seleccionada se corresponde con los docentes autores de las carreras y programas que se desarrollan en la modalidad en línea.

TABLA 1. *Distribución de los docentes autores participantes en el proceso de la tutoría tecnopedagógica.*

| Carreras y programas en modalidad online | Docentes autores | |
|--|-------------------------|--------|
| Derecho | 15 | 11.8 % |
| Licenciatura en Psicología | 15 | 11.8 % |
| Licenciatura en Ciencias de la Educación | 15 | 11.8 % |
| Ingeniería en Sistemas Inteligentes | 10 | 7.8 % |
| Licenciatura en Administración de Empresas | 10 | 7.8 % |
| Maestría en Educación Básica | 10 | 7.8 % |
| Maestría en Educación con mención en Pedagogía de los Entornos Digitales | 11 | 8.6 % |
| Maestría en Pedagogía de la Cultura Física con mención en Educación Física Inclusiva | 10 | 7.8 % |
| Maestría en Pedagogía del Inglés como Lengua Extranjera | 12 | 9.4 % |
| Maestría en Pedagogía con mención en Formación Técnica y Profesional | 10 | 7.8 % |
| Maestría en Gestión Educativa | 9 | 7.08 % |
| Total: 127 | | |

Fuente: Oferta académica de la UBE en modalidad online (2023). <https://bit.ly/3UBINOU>

Los criterios de intencionalidad para la selección de las unidades de análisis están centrados en: realizar funciones académicas como docentes autores, poseer competencias digitales básicas y experiencia como docente en la educación superior en diferentes modalidades formativas. Este enfoque permitió obtener información específica y relevante en coherencia con los objetivos de la investigación para garantizar la representatividad y validez de los datos obtenidos.

4. RESULTADOS

4.1 NECESIDADES FORMATIVAS DE LOS DOCENTES RESPECTO A LA COMPETENCIA DIDÁCTICA–TECNOLÓGICA DIGITAL

El diagnóstico de las necesidades formativas de los docentes autores que estuvo focalizado en los siguientes indicadores:

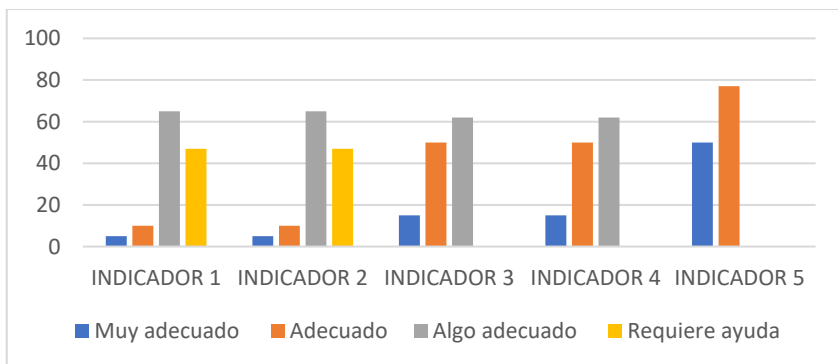
- Dominio del modelo pedagógico de la UBE para poder realizar el diseño instruccional de la asignatura.
- Capacidad de modelación didáctica de la asignatura para la modalidad online.
- Capacidades para utilizar de manera efectiva las tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El nivel de conocimiento y habilidades digitales de los docentes.

Actitud hacia la tecnología, la capacidad de adaptación a los cambios y la disposición para seguir aprendiendo y actualizándose.

Dichos indicadores se valoraron a partir de la observación de clases en las que se utilicen recursos tecnológicos, la realización de pruebas prácticas para evaluar el manejo de herramientas digitales y la aplicación de cuestionarios para conocer las necesidades y expectativas de los docentes en cuanto a formación tecnopedagógica.

FIGURA 1. Resultados del diagnóstico de las necesidades formativas de los docentes autores de asignaturas para la modalidad online



Fuente: elaboración propia

Dominio del modelo pedagógico de la UBE para el diseño instruccional

Los resultados permiten evaluar que el 88% de los docentes autores se encuentran en los niveles de algo adecuado o que requieren ayuda, lo que permite aseverar que no se revela una adecuada comprensión del modelo pedagógico específico de la institución para poderlo aplicar al diseño de la asignatura en línea. Esto implica la necesidad de conocer los principios pedagógicos, la estructura curricular y las estrategias didácticas propias de la UBE.

Capacidad de modelación didáctica para la modalidad online

El comportamiento de este indicador revela un comportamiento análogo con el anterior. Se evalúa de insuficiente la habilidad de los docentes para adaptar su enfoque pedagógico al entorno en línea. Esto implica una necesidad de formación didáctica para poder diseñar actividades, secuencias de aprendizaje y evaluaciones que sean efectivas en el contexto formativo virtual.

Habilidades tecnológicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje

Este indicador se centra en la competencia de los docentes para utilizar herramientas tecnológicas relevantes en el aula virtual, reveló un equilibrio de un 51 % que si posee las habilidades requeridas y un 49 % que está en el margen de algo adecuado, lo que implica fortalecer la formación de los docentes en herramientas digitales para generar contenidos motivantes y significativos, utilización óptima de plataformas de aprendizaje, herramientas de comunicación y recursos digitales de manera efectiva.

Nivel de conocimiento y habilidades digitales

Los resultados de la valoración de este indicador advierten que un 51 % muestra dominio de las tecnologías digitales en general y un 49 % requiere ayuda para poderlas manejar y luego integrarlas de forma productiva a la docencia. Aquí emerge otra necesidad formativa alineada con el conocimiento y desarrollo de habilidades digitales que faciliten que el docente se sienta cómodo utilizando dispositivos tecnológicos que facilitan el manejo de las plataformas digitales de aprendizaje,

navegando por internet, creando contenido digital y resolviendo problemas técnicos.

Actitud hacia la tecnología y disposición para aprender

Este indicador refleja que los docentes muestran una actitud positiva hacia el aprendizaje tecnológico con fines docentes. Son proactivos en su aprendizaje tecnológico y están dispuestos a adaptarse a los cambios y seguir actualizándose. Constituye una fortaleza para poder estructurar el curso de formación docente, mediado por la motivación y el interés por superarse en términos de contenidos tecnopedagógicos, con el fin de garantizar una educación de calidad en la era digital.

4.2. PROCESO FORMATIVO DE LOS DOCENTES AUTORES Y TUTORES PARA LA EDUCACIÓN VIRTUAL

El diagnóstico de las necesidades formativas de los docentes autores permitió la modelación del método de la tutoría tecnopedagógica. En esta investigación se define como una metodología de formación docente enfocada en el uso de herramientas digitales y nuevas metodologías para desarrollar procesos de enseñanza-aprendizaje en entornos digitales, mediada por acompañamiento especializado de forma individual y/o grupal en beneficio del desarrollo profesional pedagógico de los docentes autores para la modalidad en línea.

Enfoque de la tutoría tecnopedagógica

La educación en ambientes virtuales representa un desafío para la formación continua de los docentes universitarios. Requiere el dominio de herramientas digitales, nuevas metodologías y habilidades para diseñar, implementar y evaluar la docencia virtual.

La tutoría tecnopedagógica se centra en fortalecer las competencias digitales del docente y generar un cambio en las formas, métodos y recursos utilizados en la enseñanza virtual¹.

El acompañamiento en el proceso de formación permanente del docente potencia el desarrollo progresivo de las competencias digitales, lo que

se traduce en una docencia de calidad en entornos digitales de formación profesional.

Componentes de la tutoría tecnopedagógica

- **Acompañamiento individual o grupal:** Los docentes reciben apoyo en el uso de herramientas digitales, diseño instruccional y evaluación en línea.
- **Diseño instruccional:** Los docentes comprenden los principios del diseño instruccional, como la estructuración de contenidos, la secuenciación de actividades y la creación de evaluaciones efectivas.
- **Contenidos pedagógicos, didácticos y tecnológicos:** Los docentes se apropian de estos contenidos para mejorar su práctica docente.
- **Competencias digitales:** Se potencian las habilidades de los docentes para utilizar herramientas digitales, plataformas de aprendizaje en línea y recursos multimedia, que potencien la creación de recursos didácticos digitales y actividades altamente significativas.
- **Comunicación en línea:** Los docentes autores deben proyectar la comunicación con los estudiantes en entornos virtuales, utilizando estrategias efectivas para fomentar la participación y la interacción efectivas.
- **Evaluación y retroalimentación:** Se deben diseñar evaluaciones auténticas y proporcionar retroalimentación significativa a los estudiantes en línea.
- **Adaptabilidad:** Considera la disposición de los docentes para adaptarse a las necesidades cambiantes de los estudiantes y las circunstancias en línea.

La implementación de la tutoría tecnopedagógica en la UBE es responsabilidad del Departamento Metodológico y de Carrera Docente (DMCD) y comprende la siguiente secuencia formativa.

TABLA 2. *Secuencia formativa del método de la tutoría tecnopedagógica para la formación del docente autor para la educación virtual*

| Fases del método | Acciones formativas |
|---|---|
| Diagnóstico inicial | <p>Realizar un diagnóstico de las competencias digitales y pedagógicas de los docentes autores para identificar sus necesidades y áreas de mejora para el diseño didáctico de las asignaturas que se imparten en línea.</p> <p>Grupo focal con los docentes autores para conocer sus niveles de familiaridad con las herramientas digitales y su disposición para aprender.</p> |
| Formación y capacitación | <p>Diseña talleres y sesiones de capacitación para los docentes. Estos incluyen la siguiente secuencia temática como:</p> <p>Modelo pedagógico para el diseño instruccional de la educación online en la UBE.</p> <p>Diseño instruccional para entornos virtuales.</p> <p>Elaboración de recursos didácticos digitales.</p> <p>Diseño de actividades de aprendizaje y evaluación en línea.</p> <p>Estrategias didácticas que faciliten la comunicación y participación en línea.</p> |
| Acompañamiento individualizado y grupal | <p>Proporcionar tutorías personalizadas y grupales a los docentes, centrándose en sus necesidades específicas.</p> <p>Abordar dudas, dificultades y brindar orientación adaptada a cada caso.</p> <p>Proporcionar retroalimentación regular sobre las prácticas pedagógicas y el diseño de cursos.</p> <p>Destacar fortalezas y sugerir mejoras.</p> <p>Ayudar a los docentes a diseñar actividades y recursos que fomenten la participación activa de los estudiantes.</p> <p>Considerar la diversidad de estilos de aprendizaje y niveles de competencia digital.</p> |
| Comunidades de práctica | <p>Crea espacios presenciales o virtuales donde los docentes autores puedan aprender juntos, compartir experiencias, recursos y buenas prácticas.</p> <p>Fomenta la colaboración entre docentes para que se ayuden mutuamente en la implementación de estrategias tecnopedagógicas, tanto el diseño, desarrollo e implementación del curso preparado para la modalidad online.</p> |
| Evaluación y seguimiento | <p>Evalúa periódicamente el impacto de la tutoría tecnopedagógica en la calidad del diseño del proceso de enseñanza – aprendizaje e identificar áreas de mejora.</p> <p>Realiza encuestas o entrevistas con los docentes para conocer su percepción y recopilar sugerencias de mejora.</p> <p>Ajustar las estrategias según los resultados obtenidos.</p> <p>Animar a los docentes a reflexionar sobre su práctica y adaptarla según las necesidades de los estudiantes.</p> <p>Incentivar la exploración de nuevas ideas y enfoques.</p> |

| | |
|----------------------------|--|
| Recursos y soporte técnico | Proporciona acceso a manuales, tutoriales y recursos en línea sobre tecnología educativa. Ofrece soporte técnico para resolver problemas relacionados con las herramientas digitales. Estar disponible para resolver dudas y brindar orientación |
| Promoción y reconocimiento | Reconoce el esfuerzo de los docentes que participan activamente en la tutoría tecnopedagógica. Destaca casos de éxito y comparte buenas prácticas en reuniones institucionales. |

Fuente: Colectivo de autores del DMCD (2023)

La implementación exitosa de la tutoría tecnopedagógica requiere el compromiso de toda la comunidad educativa y es esencial para capacitar a los docentes en el uso efectivo de herramientas digitales y mejorar la calidad del proceso de enseñanza – aprendizaje en entornos virtuales, a partir de un diseño instruccional novedoso.

4.3 IMPACTO EN LA FORMACIÓN DOCENTE

La tutoría tecnopedagógica es una metodología de formación docente que se enfoca en el uso de herramientas digitales y nuevas metodologías para desarrollar procesos de enseñanza-aprendizaje en entornos digitales. A continuación, se presenta un análisis valorativo sobre el impacto que ha tenido la referida metodología en el proceso formativo de los docentes autores de las materias para la modalidad online.

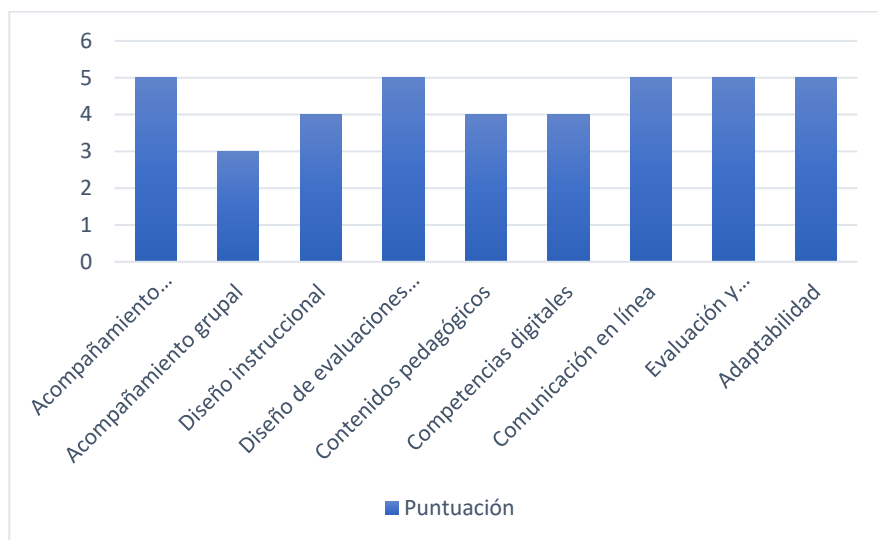
Durante el desarrollo del proceso de tutoría tecnopedagógica se fue recojiendo la información, a través del producto de la actividad de los docentes autores, la observación y grupos focales, lo que permitió medir el impacto del proceso de formación docente. Para ello se estableció una escala del 1 al 5, donde el 5 es el nivel de puntuación más elevado en cada indicador.

En el gráfico se visualiza la disparidad en la percepción y efectividad de los distintos métodos de acompañamiento. Esto guiará las decisiones administrativas y pedagógicas de la universidad que permitan reforzar esta práctica.

El gráfico de barras presenta visualmente los puntajes obtenidos en el acompañamiento individual y grupal como parte del proceso de implementación de la tecnopedagógica. Observamos claramente que el apoyo

personalizado individual recibe la puntuación máxima de 5, lo cual indica una excelente implementación y efectividad en este tipo de acompañamiento. Esto refleja que los docentes valoran altamente el soporte personalizado, lo valoran de beneficioso para su desarrollo profesional en el uso de herramientas digitales, diseño instruccional, y evaluación en línea.

FIGURA 2. Resultados del diagnóstico de las necesidades formativas de los docentes autores de asignaturas para la modalidad online



Fuente: Colectivo de autores del DMCD (2023)

Por otro lado, el acompañamiento grupal obtiene una puntuación más baja, de 3, sugiriendo que, aunque estas sesiones son útiles, podrían ser optimizadas para mejorar la experiencia de aprendizaje colectiva. La diferencia notable en las puntuaciones entre los acompañamientos individual y grupal subraya la necesidad de revisar y posiblemente rediseñar las sesiones grupales para asegurar que sean tan impactantes y valiosas como el apoyo individual.

- **Acompañamiento individual o grupal:** El promedio para el acompañamiento individual es 4, lo que sugiere que los docentes reciben un buen apoyo personalizado en el uso de herramientas digitales, diseño instruccional y evaluación en línea.

Para el acompañamiento grupal, el promedio es 3, lo que indica que la necesidad de mejorar las sesiones grupales relacionadas con prácticas tecnopedagógicas.

- **Diseño instruccional:** Los docentes han logrado comprender bien los principios del diseño instruccional de la UBE (promedio de 4). La estructuración de contenidos en correspondencia con los mínimos curriculares establecidos en el plan de estudio de la carrera o programa, la secuenciación contextualizada de actividades y el diseño de evaluaciones efectivas obtienen una calificación promedio de 4,33.
- **Contenidos pedagógicos, didácticos y tecnológicos:** Los docentes han adquirido conocimientos didácticos para mejorar el diseño instruccional de la materia y potenciar su práctica en la modalidad online (promedio de 4). También han desarrollado competencias tecnológicas para fortalecer el proceso de enseñanza - aprendizaje (promedio de 4).
- **Competencias digitales:** Los docentes han logrado desarrollar habilidades sólidas en el uso de herramientas digitales, plataformas de aprendizaje en línea y herramientas multimedia (promedio de 4), lo que les permitió crear recursos didácticos digitales, como video charlas magistrales, infografías, imágenes interactivas, vídeos tutoriales, actividades de aprendizaje gamificadas y/o interactivas con H5p, genially, canva, mentimeter, kahoot, entre otras herramientas.
- **Comunicación en línea:** Se revela la intencionalidad de la comunicación sincrónica y asincrónica con los estudiantes en los entornos virtuales (promedio de 5). Además, los docentes utilizan estrategias metodológicas efectivas para fomentar la participación e interacción en línea (promedio de 5), tales como: el aprendizaje basado en problemas y proyectos, el aula invertida, foros de discusión, trabajo con casos, pensamiento de diseño, la gamificación y el aprendizaje basado en retos.

- **Evaluación y retroalimentación:** El diseño de evaluaciones auténticas recibe una calificación alta (promedio de 5). Se revelan diferentes variantes para la evaluación en línea que son coherentes con las estrategias metodológicas empleadas o proyectadas. La provisión de retroalimentación significativa a los estudiantes después de la evaluación también es sólida, como expresión de su enfoque formativo (promedio de 5).
- **Adaptabilidad:** Los docentes demuestran una buena capacidad de adaptación a las necesidades cambiantes de los estudiantes y las circunstancias en línea (promedio de 5).

En general, estos resultados advierten que los docentes están haciendo un buen trabajo en la mayoría de los criterios evaluados. Sin embargo, hay oportunidades para mejorar el acompañamiento grupal y seguir fortaleciendo las competencias tecnopedagógicas para lograr mayores niveles de calidad en la formación de los profesionales de pregrado y postgrado.

Teniendo en cuenta la puntuación anterior se generan las siguientes recomendaciones

TABLA 3. Identificación de las áreas de mejora a partir de la implementación del método de la tutoría tecnopedagógica

| Criterios | Indicadores | Puntaje | Recomendaciones |
|------------------------------------|---|---------|---|
| Acompañamiento individual o grupal | Individual: Apoyo personalizado | 5 | Mantener el nivel de apoyo personalizado. |
| | Grupal: Participación en sesiones grupales | 3 | Mejorar las sesiones grupales con actividades más interactivas. |
| Diseño instruccional | Principios, estructuración y secuenciación del diseño instruccional | 4 | Continuar la formación en diseño instruccional y actualizar contenidos regularmente. |
| | Diseño de evaluaciones efectivas | 5 | Promover talleres de actualización en evaluación efectiva. |
| Contenidos pedagógicos | Apropiación y desarrollo de competencias pedagógicas y tecnológicas | 4 | Sostener y expandir el desarrollo profesional continuo en pedagogía y tecnología. |
| Competencias digitales | Manejo de herramientas digitales y plataformas de aprendizaje | 4 | Ofrecer actualizaciones regulares y cursos de capacitación en nuevas tecnologías, con énfasis en la inteligencia artificial generativa. |

| | | | |
|--------------------------------|--|---|--|
| Comunicación en línea | Eficacia en la comunicación y estrategias de interacción | 5 | Utilizar estas fortalezas para liderar capacitaciones en comunicación efectiva en línea. |
| Evaluación y retroalimentación | Diseño de evaluaciones auténticas y provisión de retroalimentación significativa | 5 | Continuar fomentando buenas prácticas y utilizar casos de éxito en capacitaciones. |
| Adaptabilidad | Capacidad de adaptación a necesidades cambiantes | 5 | Preservar la flexibilidad y ofrecer formación sobre adaptabilidad en contextos cambiantes. |

Fuente: Colectivo de autores del DMCD (2023)

La tabla ofrece una visión clara de los resultados de impacto, en la cual se resalta las puntuaciones obtenidas, así como recomendaciones para mejorar la tutoría tecnopedagógica en el proceso de formación docente para la educación en los entornos virtuales de aprendizaje.

5. DISCUSIÓN

La tutoría es un proceso fundamental en la formación de los estudiantes universitarios, como aseveran Narro y Arredondo (2013); Rahmatullah et al. (2020), Soto (2021), Baroudi y Shaya (2022). En este sentido destacan que el desarrollo de un sistema adecuado de tutoría es un recurso muy valioso para conseguir mejoras significativas tanto en la calidad como en la pertinencia y la equidad de la educación superior. Sin embargo, su relevancia también se extiende al ámbito de la formación docente, donde se destacan los siguientes puntos clave sobre la importancia de la tutoría en la formación permanente de los docentes:

La tutoría tecnopedagógica en la formación permanente del docente es un proceso continuo de adquisición y reestructuración de conocimientos, habilidades y valores para el desempeño de su función en la educación virtual.

La tutoría desempeña un papel crucial en este proceso, brindando apoyo personalizado y orientación a los docentes en su crecimiento profesional.

Una investigación realizada por el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) en 2017 y el ENSEM (2009) advierten la necesidad no sólo de mejorar las estrategias encaminadas a las tutorías, sino que se debe insertar a la docencia considerando diversos

mecanismos de acompañamiento con un modelo de gestión, coordinado y participativo, para acompañar su desarrollo profesional del profesorado y su seguimiento.

Los resultados obtenidos con el empleo del método de la tutoría tecnopedagógica confirman que los mecanismos de acompañamiento individual y grupal son valiosos para lograr las competencias requeridas de los docentes autores en beneficio de la modelación didáctica de una asignatura para la modalidad online.

La reflexión constructiva y el acompañamiento son dos elementos que dentro del método de la tutoría tecnopedagógica son esenciales para identificar áreas de mejora y estrategias para el desarrollo profesional. De igual manera, se acentúa que el acompañamiento de tutores experimentados ayuda a los docentes a enfrentar desafíos y a implementar cambios efectivos en su enseñanza que ayudan de forma significativa a la construcción de la identidad profesional.

Estas valoraciones coinciden con los aportes de Romero (2016) en tanto reconoce que en el marco de la formación profesional del docente es importante contar con un apoyo tutorial que oriente al estudiante de las carreras pedagógicas a la reflexión sobre su práctica y la creación de su identidad docente.

Este análisis favorece reconocer que la implementación de la tutoría en la formación permanente del docente requiere de un proceso de sistematización en las instituciones educativas, de manera que se promuevan y respalden la tutoría como parte integral de la formación docente, tanto en contenidos tecnopedagógicos como en aquellos que emanan de la evaluación del desempeño.

Esto constituye un reto para poder establecer programas de tutoría efectivos, capacitar a los tutores y crear un entorno propicio para el aprendizaje colaborativo.

6. CONCLUSIONES

El diagnóstico de las necesidades formativas de los docentes autores reveló que las principales causas que limitan su desempeño para el

diseño instruccional de una asignatura para la modalidad online están centradas en: empoderamiento del modelo pedagógico y curricular de la UBE con énfasis en la educación virtual, poco desarrollo de competencias didácticas para poder modelar el proceso de enseñanza - aprendizaje con la mediación de los entornos digitales de aprendizaje y la concepción de recursos tradicionales debido al poco desarrollo de la competencias digital docente.

La concepción de tutoría tecnopedagógica como método de formación de los docentes autores en la UBE se constituye en una herramienta pedagógica esencial para poder mejorar las competencias didácticas y digitales requeridas en el diseño instruccional para la educación online, pone en el centro la relación dialéctica entre el acompañamiento individual, el acompañamiento grupal y los contenidos tecnológicos - didácticos que potencian la formación docente en beneficio del diseño instruccional óptimo de las asignaturas.

Los resultados de la implementación del método de la tutoría tecnopedagógica en la formación del docente autor de la asignatura para la modalidad online corroboró su factibilidad para sistematizar un trabajo metodológico dirigido a potenciar la competencia didáctica y digital necesaria para la modelación del proceso de enseñanza aprendizaje mediado por los entornos digitales de aprendizaje. Lo que refrenda la necesidad del acompañamiento, la retroalimentación y el seguimiento como recursos formativos que facilitan el crecimiento profesional del docente autor.

7. REFERENCIAS

- Alonso y Blázquez (2012). El docente de educación virtual: guía básica. Contextos, N° 31, 2014, 169-172.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5410269.pdf>
- Baroudi, S. y Shaya, N. (2022). Exploring predictors of teachers' self-efficacy for online teaching in the Arab world amid COVID-19. *Education and information technologies*, 27(6), 8093–8110.
<https://doi.org/10.1007/s10639-022-10946-4>
- Barrientos Oradini, N., Yáñez Jara, V., Barrueto Mercado, E., Aparicio Puentes, C. (2022). Análisis sobre la educación virtual, impactos en el proceso formativo y principales tendencias. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, vol. XXVIII, núm. 4, 2022 Universidad del Zulia, República Bolivariana de Venezuela. <https://bit.ly/4dEYVaY>

- Durán Rodríguez, R. y Estay Niculcar, C. A. (2016). Formación en buenas prácticas docentes para la educación virtual. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 19(1), 209-232. <https://bit.ly/4dzGjJz>
- Dussel, I. (2020). La formación docente y los desafíos de la pandemia. *Revista Científica EFI · DGES Volumen 6 · N° 10*. <https://bit.ly/3yhnFG0>
- ENSEM (2009). Modelo y Programa de tutoría académica. Centrado en la formación docente. Toluca, México.
- INEE (2017). Las tutorías como estrategia de inserción a la docencia. <https://bit.ly/3yfpPe2C>
- Jaramillo, N., Bonito, M. S., & García García, W. R. (2020). Las TIC un desafío en el proceso de formación docente: UNAE Morona Santiago. *Mamakuna*, (14), 84–95. <https://bit.ly/4bBHDKa>
- Narro Robles, J. y Arredondo Galván, M. (2013). La tutoría: Un proceso fundamental en la formación de los estudiantes universitarios. *Perfiles educativos*, 35(141), 132-151. <https://bit.ly/4beFyUp>
- Peña Pérez, R. V., Pérez Priego, M. C. y Peña Pérez, Evelyn. (2021). Formación docente, práctica docente y práctica reflexiva: un reto de formación en las instituciones docentes del nivel superior. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 9(1), 00001. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v9i1.2825>
- Pérez, Á. I. (2010). Aprender a Educar. Nuevos Desafíos para la formación docente. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, (68), 37-60. <https://bit.ly/4dzV9Q6>
- Rahmatullah, S. I., Sultana, S., y Sultan, G. (2020). E-Teaching in Higher Education: an Innovative Pedagogy to Generate Digitally Competent Students at King Khalid University. *Arab World English Journal (AWEJ) Special Issue on CALL Number 6* <https://doi.org/10.24093/awej/call6.16>
- Rincon, I.B, Marín, W.J, Baldeos, L.A, Líoo, F. de M, Villanueva, D.I, Soledispa, B.J, Soledispa, P.A (2023). Formación docente, trabajo, profesión en el contexto de la pandemia y post-pandemia. *Salud Cienc. Tecnol.* 2023; 3:338. DOI: <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023338>
- Soto, A. (2021). La formación docente y los desafíos en contexto de pandemia. <https://bit.ly/3WBcoKM>
- Tardif, M. (2001). Saberes, tempo e aprendizagem do trabalho no magistério. *Formação de Profissionais da Educação • Educ. Soc.* 21 (73). <https://doi.org/10.1590/S0101-73302000000400013>

EL CONTROL DE LAS VARIABLES PSICO-BIOLÓGICAS
DE LA ATENCIÓN Y EMOCIÓN EN LOS PROCESOS
TESTIFICALES A TRAVÉS DE
LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

VÍCTOR RODRÍGUEZ

Adscripción institucional

CLAUDIO PAYA SANTOS

Universidad Isabel I (Burgos)

ROGER SANZ

Universidad Isabel I (Burgos)

JOSÉ MARÍA LUQUE JUAREZ

Universidad Isabel I (Burgos)

1. INTRODUCCIÓN

La correcta interpretación de las declaraciones en los procesos judiciales es algo que ha suscitado numerosas cuestiones y polémicas, ya que pueden surgir discrepancias entre el discurso del declarante y su comunicación no verbal. Estas incoherencias podrían influir en la toma final de decisiones, suponiendo esto un sesgo totalmente prescindible con el fin de evitar posibles errores en los veredictos. Este tipo de incongruencias pueden darse de manera consciente o inconsciente por parte del declarante, por lo que podrán darnos una información valiosa. Primeramente hay que establecer los parámetros que actúan como potenciales disruptores para la correcta interpretación de los testimonios. Para ello, se propone el uso de una metodología innovadora en cuestiones criminológicas. A través de la medición de los niveles de atención y emoción, se podría determinar el impacto que la comunicación no verbal tiene, pudiendo así extraer los niveles de influencia en los posibles sesgos personales. La percepción de dichos sesgos para conseguir su mínima influencia en procesos penal, ha de ser una máxima para

determinar que un procedimiento penal se desarrolla con todas las garantías necesarias.

1.1. LÍMITES EN LA BÚSQUEDA DE LA VERDAD EN EL PROCESO PENAL

En el ámbito procesal, la verdad empírica está siempre sujeta a falibilidad y puede considerársela siempre provisional. La ley impone limitaciones temporales a las decisiones judiciales, debiendo el juez decidir dentro de un lapso determinado (Guzmán, 2011; Cópola & Cafferata, 2014). Si bien debe buscar la verdad sobre la acusación, no puede decidir sobre la base de lo que crea que es verdad durante cualquiera de las fases del proceso (Cafferata, 2014). Los jueces se enfrentan a dos cuestiones (Mocoroa, 2016; Quintal, 2020): a) determinar la verdad del enunciado de hecho (Bruto mató a César) y b) subsumirlo en la norma general. La resolución dada no podrá ser revisada más allá de un tiempo determinado ya que la verdad empírica puede ser permanentemente revisada; en el ámbito judicial esta no puede ser más que formulada significativamente una vez.

Esto no es otra cosa que la necesidad de resolver de acuerdo con creencias justificadas, certeza fundada en pruebas o razones que justifican la decisión (Cópola y Cafferata, 2014). Los procesos penales subordinan la obtención de la verdad sobre el hecho enjuiciado al mantenimiento de ciertos valores, como la dignidad de la persona objeto del proceso, el principio de inocencia, el derecho de defensa y la protección de la intimidad entre otros (Undurraga, 2017; Aniceto, 2019). Se constituyen así los verdaderos límites que impiden que la verdad sobre la culpa del acusado en la comisión de un hecho llegue a ser probada o no pueda serlo con el grado de convicción exigido para condenar (Jara, 2015).

La protección de estos intereses puede suponer un impedimento para acceder a datos con un alto potencial probatorio, como ciertos testimonios o documentos. Estos podrían servir para corroborar la verdad sobre la existencia del delito y la responsabilidad del acusado. Se prohíbe la utilización de pruebas obtenidas de forma ilegal o infringiendo algún precepto procesal (Nores, 2000). No es posible descubrir la verdad mediante percepción directa sobre un hecho debido a que se realiza sobre acontecimientos pasados (Gavidia, 2020; Herrera y Hoyos, s.f.; Daleo,

2021). Tan solo será posible la búsqueda a través de la reconstrucción de los acontecimientos gracias a las declaraciones, rastros o huellas que puedan darse en las personas o escenas que se hayan conservado y que puedan ser analizadas para su presentación en el proceso (Cafferata 2014; Cámara 2019).

Esto supone una gran limitación a la hora de obtener una declaración auténtica, ya que cuanto más tiempo pase entre el acontecimiento y el procesamiento judicial más probabilidades hay de que puedan darse falsos recuerdos, distorsiones de la memoria o incluso alteraciones perceptivas (Olaguez, Klemfuss, 2020; Vrij, Mann, Leal, Fisher y Deeb, 2020). Ello supondrá también una mayor facilidad para que se den alteraciones de los testimonios o las pruebas, ya sea de una forma premeditada o involuntaria (Köhnken, Manzanero, Scott, 2015; Bustos, 2021). Para evitar que esto suceda, deberá asegurarse que las declaraciones se lleven a cabo lo antes posible. Para ello, las investigaciones judiciales tienen una serie de particularidades que ponen límites a la obtención de la verdad, puesto que se debe partir de una hipótesis que será respaldada o no. La búsqueda de datos ha de respetar todas las formas procesales, realizando las investigaciones con el fin de dar respuesta al principio de legalidad y teniendo como objetivo final el de dar una solución al caso con acuerdo a la ley (Júnior, 1940).

1.1.1. Cognoscitivismo procesal y garantismo penal de las declaraciones

El derecho asegura, gracias a su capacidad de cognoscitivismo procesal, la obligatoriedad de una serie de exigencias en cuanto a las garantías de ineludible cumplimiento en el derecho. Estas determinarán que el supuesto de la pena, de ser la comisión de un delito descrito en el código penal y no solo en la ley, tiene que derivar en una hipótesis de acusación. Así se podrán realizar las pruebas necesarias para someterlas a estudio durante el proceso (Gascón, 2002). Quiere decir que, para la realización de un proceso declarativo se debe asegurar por parte del derecho que el hecho sujeto al procedimiento se categorice como delito, y que además pueda ser demostrado en un procedimiento judicial con ayuda de las pruebas llevadas y las posibles declaraciones que se realicen al amparo de este (Vivanco, 2012; Giovanazzi & Giovanazzi, 2019).

Para que una declaración pueda darse dentro de un proceso penal, es necesario que se haya comenzado la investigación y comprobación de una serie de hechos determinados que estén tipificados en la ley como delitos. Ello tendrá carácter de procedimiento probatorio, que servirá para excluir otras valoraciones. Solo admite hechos probados o negaciones de los hechos en base a las pruebas llevadas a cabo o los indicios existentes (Tisner, 2021). Por lo tanto, el proceso penal será el resultado de la comprobación y conocimiento de los hechos que figuran en la ley tipificados como delito, teniendo un claro carácter de proceso probatorio inductivo, dejando fuera cualquier juicio de valor que no esté fundamentado y apoyado por un medio de probatorio (Tisner, 2021).

Cuando el juez toma la correspondiente decisión tras el proceso judicial, debe determinar los aspectos (Herrera, Hoyos, s.f.; Undurraga, 2017) de que el hecho enjuiciado se haya comedido realmente y que esté tipificado como delito. Ambos preceptos deben ser verificados de forma empírica, a través de las pruebas y de la interpretación del enunciado normativo regulador, no teniéndose en cuenta más que estos preceptos y nunca ningún tipo de visión personal o sesgo previo (Silva, Manzanero, Contreras, 2016; De la Rosa, Sandoval, 2016; Arena, 2019).

Aunque las garantías penales y procesales son totales y se intenten respetar, no hay una total certeza de que vayan a cumplirse en todos los casos de una forma objetiva y sin la interposición de algún tipo de percepción personal. La aplicación de la ley, como ya se ha dicho anteriormente, no deja de ser una interpretación realizada por parte del juez para la imposición de una pena, que se basará en hipótesis que puedan ser demostrables con las pruebas realizadas (Rebel, 2012; Cópola & Cafferata, 2014; Jara, 2015; Sancho y Guitiérrez, s.f.). Por otro lado, se debe tener en cuenta que las pruebas empíricas realizadas durante las fases de investigación forman parte tan solo de una actividad investigadora y que sus conclusiones son inductivas, siendo más o menos probables de forma que expresa la elección sobre la hipótesis explicativa más plausible (Silva, Manzanero, Contreras, 2016; Moncoroa, 2016; Álvarez, 2019). No será posible la absoluta exclusión de algunos elementos valorativos a la hora de tomar las decisiones, ya que los hechos que se

investigan son diferentes de los demás, aunque tengan gran parecido, sean enjuiciados por el mismo delito o incluso tenga el mismo victimario. Se consigue así la minimización del impacto y aplicación de los posibles sesgos personales que existen dentro de la persona que tome la decisión pertinente frente al caso que está siendo enjuiciado (González, Manzanero, 2018; Edquen, 2020).

El conocimiento humano no puede excluir toda posibilidad de error acerca de cualquier tipo de proposición empírica, aunque el modelo penal garantista vuelve a satisfacer estas exigencias de veracidad cumpliendo todos los preceptos legislativos y reduciendo lo máximo posible la discrecionalidad de la toma de decisiones (Hernández, 2021; Páez, 2021). No se puede legitimar ningún tipo de decisión judicial en base a posibles proposiciones de menor verdad o simples opiniones que sustituyan al conocimiento de toda la verdad. Tanto el derecho como los procedimientos deben asegurar que evitarán posibles arbitrariedades en la toma de las decisiones y de la verdad. Se extreman los esfuerzos tendentes a la obtención de las pruebas necesarias para enjuiciar el hecho delictivo en base a la verdad ocurrida, apoyándose siempre en las pruebas demostrables que se puedan analizar con repetir durante el proceso (Manzanero, 2016).

Las garantías del proceso aseguran que las hipótesis acusatorias puedan estar expuestas a refutación por parte de la defensa, de tal forma que ninguna prueba puede ser tomada en cuenta si no ha pasado previamente por esta fase de recusación, incluso ninguna conclusión que no haya sido validada por un procedimiento lógico en el cual pueda verse contrapuesta (Accatino, 2011; Escobar-Jiménez, 2018; Neagoe & Lafuente, 2019; Campos, 2021). Todo ello implica el papel garantista del acusado y del defensor ante la afirmación o negación de una posible imputación penal, y el cargo valorativo de las pruebas que se deben de llevar a cabo. Es al juez a quién se le reserva la total y absoluta imparcialidad sobre la toma de una decisión motivada sobre el fundamento de la posible acusación y en base a simples problemas y argumentos que se hayan podido presentar en el proceso (Jara, 2015; Hoyos, 2018; Fanego, 2019).

1.2. EVALUACIÓN DE LA CREDIBILIDAD Y VALIDEZ DE LOS TESTIMONIOS

La insuficiencia probatoria es uno de los principales problemas que se pueden encontrar dentro de un procedimiento penal, aplicable a un amplio abanico de tipos delictivos. Algunos de los delitos que pueden considerarse más íntimos (como puede ser la violencia de género, las agresiones sexuales o los abusos a menores) tienen como principal problema la posibilidad de que la persona que está realizando la declaración pueda tener algún tipo de estrés postraumático o falsa memoria que debilite de forma significativa la veracidad de su declaración. Esto no pasará solamente en estos tipos de delitos de carácter íntimo, sino también en cualquier otro tipo en el cual, o bien la víctima o bien el agresor, pretendan realizar una manifestación de forma voluntaria que no sea acorde a la realidad (Rodrigues & Albuquerque, 2007; Huang & Janczura, 2008; Aizpurua, Garcia-Bajos & Migueles, 2009; Wilcox & Madsen, 2009; Carneiro & Fernández, 2013). Es por ello por lo que se debe proceder, en ciertas ocasiones, a evaluar la credibilidad de los testimonios para evitar así tener una prueba que pueda suponer un impedimento para la realización de un procedimiento judicial legal. Todas las declaraciones serán tenidas en cuenta de la misma forma, y en ocasiones se podrán encontrar otras testificales que serán desestimadas por el órgano jurisdiccional debido a la falta de credibilidad del testigo (Amaya-Nassar, 2021).

Si el juez estima necesario que alguien tenga que prestar declaración bajo las condiciones adecuadas para poder tenerlo en cuenta en un procedimiento judicial, se debe decidir si estas manifestaciones son válidas y cómo proceder al respecto, tanto si continúa el proceso judicial como si se incurre en algún tipo de sanción administrativa o penal. En base a la decisión que se tome con estas declaraciones, la autoridad pertinente tomará la determinación de imponer algún tipo de medida, sanción, detención o puesta en libertad (Soto, Hernández, 2013; Yancee, 2020).

Autores como Devlin (1976) o Hans & Vidmar (1986) realizaron estudios que concretaron que aproximadamente el 85% de las sentencias penales se acuerdan en base a la declaración de algún testigo citado al proceso, y por eso se debe dejar claro qué factores suponen la

aceptación o rechazo de una declaración (Köhnken, Manzanero, Scott, 2015; Sanz, 2020; Bustos, 2021; Herrera, Hoyos, s.f.). A pesar de intentar ser lo más auténticos posibles en sus declaraciones, muchos testigos cometen errores durante estas que pueden ser intencionados o involuntarios (Alonso-Quecuty, 1993). Los posibles fallos, sean de la etiología que sean, pueden deberse al tiempo pasado desde el suceso hasta el momento de prestar declaración, o de una forma voluntaria para enmascarar los actos sucedidos (Anta, 2018; Santandreu, 2021)

La exactitud de las declaraciones de un testigo dependerá de factores tanto personales como situacionales, por lo que será necesario aplicar ciertas técnicas para determinar la validez de estas (Bustos, 2021). Si las declaraciones que los testigos o los imputados realicen no fueran auténticas, como el proceso requiere, se podrá llegar a aplicar un tipo de medida restrictiva de libertad. En estos casos las declaraciones pueden ser simuladas, disimuladas, sobresimuladas o metasimuladas (Blandón-Gitlin, López, Masip & Fen, 2017; Yancee, 2020). Cuando una declaración es disimulada o simulada es debido a que se intenta ocultar un hecho ocurrido, por tanto, se pretende dar o transmitir una imagen diferente del mismo a quienes reciben la declaración. Se puede intuir que un testimonio prestado en un proceso puede ser simulada cuando:

- Hay una sobreactuación por parte del declarante
- Existe una diferencia importante entre lo manifestado y lo que sucedido
- Cuando existe algún tipo de incentivo externo por parte de terceras personas o por parte de quien afectará la decisión judicial
- Puede darse una ganancia derivada de la actuación

Steller y Köhnken, en 1989, conformaron un sistema de varias categorías con el que poder evaluar las posibles declaraciones de menores que habían sido víctimas de abusos sexuales. Esta herramienta, conocida como el análisis del contenido basado en criterios (CBCA), ha sido adaptada en varias versiones para poder ser utilizada en la valoración de la credibilidad del testimonio (Caballero, Sánchez & Becerra, 2000;

Vrij, Akehurst, Soukara, & Bull, 2004; Medina, Moreno, Lillo & Guijia, 2010; Soto, Hernández & Esteban, 2013).

Las principales características de la herramienta se pueden agrupar en 5 categorías principales y 19 criterios secundarios las siguientes:

Características generales

- Estructura lógica: referida a la coherencia y consistencia interna de la declaración.
- Elaboración desestructurada: la presentación de la declaración se hace de forma desorganizada.
- Cantidad de detalles.

Contenidos específicos

- Engranaje contextual: es decir, ubicación de la historia en el espacio y el tiempo.
- Descripción de interacciones entre el testigo y otros protagonistas del hecho.
- Reproducción de conversaciones, réplica de las mismas conversaciones que ocurrieron durante el suceso.
- Complicaciones inesperadas durante el incidente: como por ejemplo algún imprevisto que sucedió.

Peculiaridades del contenido

- Detalles inusuales, con baja probabilidad de ocurrencia
- Detalles superfluos que no contribuyen significativamente a los hechos
- Incomprensión de detalles narrados con precisión: por ejemplo, el menor explica detalles que no comprende pero que realmente sí tienen sentido.
- Asociaciones externas relacionadas: se incluye información externa a los hechos pero que, de alguna forma, está

relacionada con ellos. Por ejemplo, en el caso de una agresión sexual, conversaciones anteriores sobre esta misma temática.

- Relatos del estado mental subjetivo: hacen referencia a sentimientos, emociones o pensamientos propios.
- Atribución del estado mental del autor del delito, referencias al estado mental del agresor y atribución de posibles motivos de su actuación.

Contenidos referentes a la motivación

- Correcciones espontáneas
- Admisión de falta de memoria
- Plantear dudas sobre el propio testimonio
- Actitud crítica hacia la propia conducta
- Perdón al autor del delito: por ejemplo, la declaración de la víctima favorece al acusado o evita más acusaciones

Elementos específicos de la agresión

- Detalles característicos de la ofensa: estos son descripciones que contradicen creencias habituales sobre el delito

Algunos autores puntúan en base a la presencia o ausencia de estos factores en la declaración, pero si estos criterios se manifiestan, se interpretan como que la declaración es auténtica. La ausencia de estos factores no determina la incoherencia de la declaración, por lo que la herramienta es más útil para comprobar declaraciones auténticas (Vrij, 2000; Amado, Arce, Fariña, Aróztegui, 2016; Manzanero, López y Aróztegui, 2016).

Además de las posibles simulaciones testificales que puedan darse, se debe de tener en cuenta que las actuaciones que se realicen por los declarantes puedan conllevar la detección y puesta en marcha de algún tipo de sesgo por parte de quienes aplicarán la ley. Estos sesgos son un factor más a tener en cuenta a la hora de la correcta aplicación y valoración de una declaración, ya que llevarla a cabo de manera incorrecta

hará que sea categorizada erróneamente. Esto también se da en aquellas declaraciones en las que existen una serie de incongruencias verbo corporales, que serán interpretadas y categorizadas de una forma adecuada en ocasiones e inadecuada en otras (De la Rosa & Sandoval, 2016; Bustos, 2021).

SESGOS DE LOS ACTORES JUDICIALES EN PROCESOS DECLARATIVOS

Una vez las declaraciones se han efectuado respetando todos los principios necesarios (tanto del proceso como los derechos del declarante), se procederá a realizar la valoración de esta por parte del juez o del jurado. Ellos determinarán, en base a esta, si los hechos narrados son probatorios y proceder así con una sentencia al imputado (Undurraga, 2017; Leturia, 2017; Monforte, Paños, Gimeno & Pellicer, 2018; Domeniconi, 2019; Páez, 2021; Santandreu, 2021). La aceptación por parte del juez o del jurado de la declaración realizada como suficientemente aclaratoria sobre los hechos dependerá de lo veraces que puedan ser y de que los actores judiciales así lo estimen. Para ello entran en juego una serie de parámetros internos o sesgos que pueden llegar a influir en la decisión, haciendo así que el procedimiento no sea justo ni acorde a la legalidad. Al activarse alguno de los posibles sesgos existentes, la valoración de la prueba testifical se realizará bajo una óptica partidista y subjetiva, yendo en contra de múltiples preceptos legales como el art. 10 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, el art. 24.2 de la Constitución Española o el art. 235 de la LECrim. (Urquiaga, 2019; Duarte, Quintero & Medina, 2020).

Hacer frente a los propios sesgos cognitivos que una persona puede tener quizás sea una de las acciones más complejas que se puedan realizar, sobre todo en el ámbito legal y jurisdiccional (Tejada, García y Navas, 2003, Alonso, 2006; De la Rosa y Sandoval, 2016; Arena, 2019; Domeniconi, 2019; Rojas, 2020; Páez 2021). Cuando la persona afectada no está influenciada aumentan las posibilidades de que pueda estarlo, pues esa propia consideración sobre sí mismo le hace ser más vulnerable (Isen, 2010; Esnard y Dumas, 2019).

Tras las investigaciones llevadas a cabo en los últimos 60 años (Skolnick, 1961; Sokolov, 1963; Tomkins & McCarter, 1964; Exline, 1972;

Fischhoff, 1975; Kraut, 1979; Ekman, 1988; Macrae & Sheperd, 1989) y las múltiples sospechas de que algunos procesos no han respetado los derechos de los acusados o que han tenido una clara parcialidad, se comenzó a utilizar una corriente cognitiva para analizar las causas de esta parcialidad y por ende, los sesgos cognitivos en los que el ser humano puede incurrir cuando se procesa la información. Esta última pasa por un proceso de simplificación en el que se reduce la complejidad, de modo que se pueda tomar una decisión lo más acertada posible sobre la información que se ha recibido. Estos procedimientos heurísticos pueden ser de gran ayuda en varias situaciones, pero también generar errores y sesgos personales que enturbian las decisiones tomadas, dando lugar a errores (Strömwall, Hartwing & Granhag, 2006; Seña, 2008; Shayo, Zussman 2011; Fenoll, 2021).

Durante muchos años, el movimiento cognitivo hizo hincapié en los sesgos que tiene la persona y que son tendentes a disminuir la complejidad de cualquier declaración recibida para que sea posible tomar una decisión. Existe el riesgo de que a la hora de simplificar se produzca una pérdida sustancial de información que acabe provocando una incorrecta interpretación de esta (Banderas, 2012). Tversky y Kahnemann (1974) publicaron en la revista *Science* una relación y sistematización de las técnicas heurísticas existentes, categorizándolas como reglas cognitivas que las personas aplican de una forma inconsciente para conseguir procesar la información que recibe de una declaración externa. Esto permitió reducir la complejidad de los procesos mentales de comprensión de la información. Básicamente, son formas de tratar la información que tiene que pasar por un razonamiento lógico para su comprensión y poder así generar una opinión al respecto. En este caso, verificar la posible existencia de diferencias cognitivas entre la declaración manifestada y la interpretada puede afectar a la decisión jurisdiccional, por lo que es de vital importancia para intentar evitar posibles sesgos cognitivos o simplificación de la información percibida (Yancee, 2020).

Los jueces o jurados son los encargados de determinar la validez de una declaración y se debe asegurar que estos no tienen ningún tipo de interés especial en aceptar la prueba realizada por el testigo, para conseguir así que el proceso judicial sea lo más justo posible. Para ello se debe

determinar si los jueces tienen un menor o mayor número de sesgos que otras personas no especializadas en el sector gracias a su trayectoria, sus estudios o su exposición previa a situaciones similares en las que han tenido que determinar previamente la validez de unas declaraciones. Así se eliminan de forma heurística los posibles sesgos cognitivos que puedan tener o haber adquirido de forma previa a esta situación (Fariña, Vázquez y Fernández, 2018; Arena 2019; Domeniconi, 2019; Páez, 2021). Se puede determinar que no existe una diferencia significativa en el grado de afectación en las personas que deben tomar una decisión, puesto que la gran mayoría de los estudios previos son unánimes en afirmar que el influjo en estos permanece invariable (en mayor o menor medida). Siendo claramente esta la situación en la que se encuentran tanto jueces como jurados (Mandel 2006; Páez, 2021).

Existe la posibilidad de que se den muchos sesgos (incluso cada persona puede tener los suyos propios) que no sean detectables ni evitables, pero también otros que ya han sido estudiados, analizados e incluso se haya diseñado cómo lograr evitarlos. Hay sesgos que son mucho más comunes que otros y con una incidencia importante. El principal sesgo es el retrospectivo, como consecuencia de una distorsión cognitiva provocada por la valoración de determinados hechos pasados en los que el sujeto no ha participado y de los que no puede abstraerse, debido a la situación que mantiene frente a dicha declaración (Aranguren, 2011, Tuttotroppo, 2020). Por ello, se tiende a pensar que el conocimiento de las consecuencias y de los resultados probados produce un cambio en el sujeto, pareciendo esto inevitable. Ello es debido a que el receptor de la declaración proyecta su nuevo conocimiento hacia hechos pasados de una forma inconsciente, sin llegar a reconocer la influencia que este proceso tiene sobre el juicio que acabará emitiendo.

Aunque se trata de un error fácilmente reconocible y que estudios como los de Arena (2016), Aranguren (2011) y Domeniconi (2021), han demostrado que influye sobre las decisiones jurisdiccionales tomadas por los tribunales, resulta de suma dificultad abstraerse por completo del resultado desde la posición garante que se les presupone en el proceso. Este censo retrospectivo conlleva la dificultad añadida de realizar una inversión en el pasado de la persona para ser capaces de visualizar la situación

exacta en la que se tomó la decisión. Por lo tanto, es complicado que personas ajenas puedan llevar a cabo este ejercicio. Es de suma importancia que quienes reciben dichas declaraciones, a pesar de la dificultad, sean capaces de abstraerse de estos sesgos y tomarlas de la forma más neutral posible, eliminando así de la ecuación las posibles consecuencias que puedan derivarse de las actuaciones objeto de análisis.

2.1. SESGOS DE REPRESENTATIVIDAD

El segundo de los sesgos más importantes, y que podría influenciar en una decisión judicial, es el de representatividad. Conduce principalmente a cometer errores estadísticos en el cálculo de la probabilidad de resultados o del tamaño de la muestra, sumando además posibles errores relacionados con la aleatoriedad (Arce y Fariña, 1997; Huang, Wei & Celis, 2020; Thorley, 2020).

Aunque estas expresiones matemáticas pueden parecer ajenas al mundo judicial, en los estudios de Tversky y Kahnemnan (1974) se demostró cómo las personas cometen errores a la hora de estimar la posibilidad de sucesos complejos, llegando a ser exagerados y disminuyendo las posibilidades de que estos puedan parecer más disyuntivos.

Esta circunstancia se puede ver con claridad en aquellas situaciones en las que dos procesados que deben de reconocer su participación en un hecho delictivo no dan las mismas respuestas. Esto conlleva que el tribunal no pueda llegar a condenar de forma directa a ambas personas, por el hecho de que a nivel jurídico queda sobradamente demostrado que ambas participaron del mismo hecho con el mismo objetivo final (Domeniconi, 2021). La probabilidad de que el tribunal acierte a la hora de enjuiciar las posibles respuestas que los acusados pudieran dar juntos es bastante más baja que si se hiciese de forma individual.

Estos errores matemáticos a la hora de calcular la probabilidad de los hechos son derivados de la insensibilidad previa de los resultados, así como del número de participantes y los errores relativos a la aleatoriedad. Quiere decir que, si la probabilidad de acertar la respuesta que un acusado podría dar a una pregunta es del 80 %, en el caso de que tengamos dos acusados esta probabilidad desciende por debajo del 50 %,

cayendo exactamente hasta el 40 % en base a cuatro preguntas a responder por el acusado (Fariña y Arce, 2005).

Otro de los sesgos que tiene una mayor incidencia, según la bibliografía de referencia, es el de anclaje. Se fundamenta en que el sujeto realiza una estimación aproximada a partir de un valor inicial y que irá ajustando, progresivamente, a medida que va obteniendo más información (Fariña, et. al., 2002; Gimeno, 2021). El jurado en un primer momento podrá catalogar al acusado en base a las primeras pruebas presentadas en el juicio como culpable, pero a medida que vayan mostrándose más pruebas y se analicen nuevas, esta primera categorización puede verse modificada gracias a la adopción de nueva y valiosa información referente al caso (Elaad, 1990; Arena, 2016).

De ahí se deriva que una primera valoración inicial tiene una gran influencia no adecuada (y normalmente desproporcionada) sobre el análisis que se debe realizar ante cualquier situación, pues ejerce una influencia más importante y pesada de lo que el sujeto tiene percepción. Diversos estudios han demostrado que el sesgo de anclaje es el sesgo heurístico por excelencia en los entornos judiciales (Arena, 2016), y más concretamente en la posible superposición de la condena solicitada por el ministerio fiscal y la finalmente impuesta por el juez, existiendo una relación aproximadamente del 60 % en las resoluciones (Fariña et al, 2002).

El experimento con mayores resultados fue el ejecutado por Guthrie con varios grupos de jueces profesionales en Estados Unidos (Guthrie et al, 1940). En este experimento se les planteó a los 66 jueces que formaban parte del grupo uno un caso en el que existía una demanda económica por daños de atropello a un peatón, que se habría quedado parapléjico y postrado en una silla de ruedas. A un segundo grupo, formado por otros 50 jueces, se les planteó la misma situación, pero sin incluir la solicitud económica que el demandado pedía por las secuelas físicas. Aunque el daño causado era muy superior a la cuantía económica solicitada en la primera demanda, la indemnización media fijada por los jueces del grupo uno fue 17 veces más de lo pedido y en el segundo grupo 11 veces superior, existiendo una diferencia de más del 40% entre ambas decisiones (Guthrie et. al, 1940).

El siguiente sesgo que tiene mayor incidencia e importancia es el que ocurre cuando la persona tiende a filtrar la información que recibe desde la declaración, de forma que busca argumentaciones y pruebas que sobrevalorará de una forma inconsciente. A su vez, reafirmará la primera posición o impresión que se adquirió antes de comenzar a recibir la información (Aranguren, 2011; Zenker, Dahlman, Sikström, Wahlberg & Sarwar, 2020). Bajo esta premisa, la persona pretende recordar e interpretar la información recibida, de tal forma que esta corrobore la primera conceptualización que se obtuvo. Es decir, la persona que recibe la declaración interpreta y ajusta la información de forma que se acomode a sus primeras percepciones e impresiones obtenidas.

Cualquier profesional se puede ver afectado por este sesgo y es que una de las principales justificaciones por las que los procesos judiciales están compartimentados (entre fase instructora y juicio oral) es la de evitar que una misma persona sea la que falle sobre un determinado caso, ya que ha podido verse influenciado desde el primer momento. Se asegura así la máxima imparcialidad final del órgano que determinará la imputabilidad del sujeto (Páez, 2021).

La referencia legal para respaldar esta estructura se observa en el art. 219, apartado 11 de la LO 6/1985 del poder judicial del 1 de julio, por la que señala que será causa de abstención o recusación el haber participado en la fase instructora de una causa penal o resuelto un pleito en una instancia anterior. Se afianza así el precepto de que el proceso instructivo no puede tener ningún tipo de fallo, quedando reflejado en la modificación del art. 219 LOPJ, apartado 10º, previamente reformada por la LO 19/2003 y por la LO 7/1988, del 28 de diciembre, es fruto de la doctrina fijada por la STC 145/1988 del 12 de julio de 1988.

De forma contraria, la sentencia del tribunal constitucional 157/1993 del 6 de mayo afirma que, de darse la nulidad de una actuación por el quebrantamiento de la forma esencial del proceso, el condenado puede ver reparados los vicios advertidos a través de la retroacción actuante, y a que la jurisdicción estime la incidencia o repercusión de estas nuevas actuaciones en base a la resolución de la causa, pero siendo emitida la nueva sentencia por un tribunal formado por los mismos magistrados.

El influjo de este sesgo es observable en la figura del instructor (De la Rosa y Sandoval, 2016) así como lo dañino que puede llegar a ser para los derechos fundamentales del imputado. Claro ejemplo de esto se da en la sentencia de la AP de Málaga, Sección 2 del 31 de marzo de 2011, en la que el tribunal llega a censurar la actitud mantenida por el juez instructor de la causa ya que, a instancia de la fiscalía, incitaba a la policía para que buscara datos que respaldasen sus propias conclusiones.

Se puede explicar, siendo más precisos, de que incitaba a buscar cualquier dato que fuera útil para sus fines, dejando de lado aquellos que fueran contrarios a los intereses del propio imputado. Se puede observar en el siguiente extracto de la sentencia que dice "La agente 81607, que, a diferencia de la anterior, sí ha estudiado Derecho en Granada, manifestó algo muy significativo". Dijo, en efecto, que "las conclusiones se habían obtenido y ella tenía que buscar datos que las apoyaran".

Se puede concluir que este sesgo tiene la característica de que continúa la tendencia del sujeto a filtrar la información recibida de una forma inconsciente, buscando y sobrevalorando aquellas pruebas o argumentos que ratifiquen su posición inicial. Se llega a ignorar, e incluso no valorar, aquellas pruebas y argumentos que sean contrarios a sus pretensiones (Arena, 2016).

De igual forma, la sentencia del TS, sala 2º, del 30 de septiembre del 2011, manifiesta la necesidad de que el órgano enjuiciador sea quien analice, en su resolución final, todas las pruebas practicadas durante el acto del juicio a instancias del acusado. Así se podrá garantizar que la decisión judicial no está derivada de ideas preconcebidas ni de ningún sesgo que los miembros del tribunal puedan tener, sino que procede de un razonamiento y perspectiva de la defensa tomada en consideración (Fariña, Arce y Novo, 2002).

2.1.1. Sesgos de grupo

Este sesgo produce un error de valoración de forma injustificada ante las actitudes, opiniones y actos de aquellas personas que forman parte del mismo grupo por el mero hecho de pertenecer al mismo. Suele ser muy típico que este tipo de sesgo se produzca ante situaciones grupales en las

que se categoriza a todos sus miembros por igual a raíz de los actos cometidos por uno de los miembros del grupo (Tejada, García y Navas, 2003)

En un estudio del 2011, llevado a cabo en Israel por Shayo & Zussman, se ha confirmado que las decisiones judiciales emitidas en esta nación están influenciadas por dicho sesgo. De esta forma se demuestra que tal y como concluye el estudio, entre el 17 y el 20% de las sentencias tienen más posibilidades de ser estimadas de forma favorable si el juez encargado del proceso pertenece a la misma etnia que el demandante (Shayo & Zussman, 2011; Taranilla, 2012). La presencia de este sesgo (o de cualquiera de los otros analizados) debe hacer que se analicen las causas de aparición de estas disfunciones por las que el órgano sentenciador se desvía de un discurso racional, dejándose llevar por una percepción personal y sesgada (De la Rosa y Sandoval, 2016). Se puede comprobar en la sentencia de la Audiencia Provincial de Cádiz, sección 6, del 3 de junio de 2004, que condenó al acusado a cuatro años y siete meses de prisión por el delito de receptación de dinero procedente del narcotráfico (agravado por la pertenencia a banda organizada) ya que, en base a las presuntas experiencias anteriores del tribunal, quien compra una lancha neumática en la ciudad de Ceuta es para dedicarse al narcotráfico y no con fines recreativos. Esta sentencia fue recurrida y cesada por el TS el 25 de noviembre del 2005, bajo la siguiente argumentación:

"El juicio sobre la prueba, practicado por el tribunal a quo, vulnera, en primer lugar, las máximas de la experiencia cuando afirma que la operación de compra realizada por el acusado «no tiene otra justificación que el tráfico de hachís» y que «tal obviedad es conocida por cualquier persona en esta ciudad» y que, insistiendo en este mismo argumento, «el origen ilícito de las cantidades de dinero necesarias para la adquisición de estos bienes de lujo, no puede ser otro, en esta zona, que el tráfico de drogas». Las máximas de experiencia no son adecuadas para reemplazar la prueba del origen del dinero, cuando el tribunal de la causa, como ocurre en este caso, no ha podido señalar el menor indicio de que el mismo provenga de operaciones de ilícito comercio. [...] Asimismo el razonamiento del tribunal de instancia es lógicamente incorrecto.

En efecto, de lo que se consideran prácticas generalizadas en Ceuta, no es posible deducir que todos los casos como el presente son una manifestación de esas prácticas. En todo caso, es necesario que la premisa mayor del silogismo judicial sea suficientemente concreta como para permitir deducir de ella la consecuencia que se pretende. Pero, en el presente caso la premisa no sólo tiene una inaudita generalidad, sino, que, además, como tal no está probada."

Este sesgo provoca que se valoren de una forma injustificada las actitudes, opiniones y actos de personas que pertenecen a un mismo grupo solamente por pertenecer a dicho grupo. Hay que poner de manifiesto la importancia de que cualquier profesional que se dedique al derecho en el entorno jurisdiccional tenga en cuenta estas perspectivas cognitivas a la hora de tomar posibles decisiones, ya que están expuestos a incurrir en estos sesgos de una forma inconsciente (Fariña, 2002).

Estudios como el de Páez (2021), Arce & Fariña (1997) o Rachilinski (2019) demuestran que todos los jueces, sean de donde sean, están expuestos a sufrir o realizar sus actos judiciales bajo la influencia de cualquiera de estos sesgos, no pudiendo dejar fuera a los tribunales españoles (Arena, 2016). Ya que toda decisión jurisdiccional tendrá un efecto negativo o positivo sobre los hechos enjuiciados que afectan a una o varias personas, es importante reconocer y conocer el alcance de estos sesgos, e incluso algunos métodos para poder minimizar su posible impacto en aquellas decisiones judiciales que sean tomadas bajo el posible influjo de cualquiera de ellos.

3. MÉTODOS PARA LA NEUTRALIZACIÓN DE SESGOS

Para mitigar los posibles sesgos que puedan afectar las decisiones judiciales, es esencial considerar una amplia gama de métodos y enfoques que puedan neutralizar o reducir su influencia. Además de las prácticas convencionales, se ha explorado y desarrollado el uso de herramientas avanzadas asociadas con la inteligencia artificial para abordar este desafío en entornos judiciales. Estas herramientas representan un enfoque complementario y avanzado que puede ayudar a los profesionales del derecho a

interpretar de manera más objetiva y precisa la comunicación no verbal y otros aspectos relevantes para la toma de decisiones judiciales.

Uno de los sesgos que pueden influir en las decisiones judiciales es el sesgo retrospectivo, que tiende a distorsionar la percepción del resultado de un evento al hacer que los individuos creen que era inevitable después de conocerlo. Para abordar este sesgo, se han propuesto diversas técnicas, como la inducción de la consideración de múltiples alternativas antes de llegar a conclusiones definitivas. Sin embargo, la efectividad de estas estrategias puede ser limitada debido a la complejidad del fenómeno del sesgo retrospectivo. Aquí es donde las herramientas de inteligencia artificial pueden desempeñar un papel crucial al proporcionar análisis más sofisticados y perspicaces de los datos recopilados durante el proceso judicial. Estas herramientas pueden utilizar algoritmos avanzados para identificar patrones y tendencias que podrían no ser evidentes para los seres humanos, lo que podría ayudar a contrarrestar el sesgo retrospectivo de manera más efectiva.

Resulta de especial relevancia para entender el futuro de las aplicaciones de detección de emociones comprender el desarrollo de la conocida como inteligencia artificial afectiva, cuyo objetivo es imitar los procesos de toma de decisiones emocionales humanas, según indica Yukalov (2023). Esto implica equipar a los sistemas de IA con capacidades cognitivas avanzadas para reconocer y comprender las emociones, permitiéndoles interactuar empáticamente con los humanos (Zhou et al., 2022; McStay & Rosner, 2021). Sin embargo, si bien la IA puede exhibir respuestas emocionales similares a las humanas, actualmente carece de razonamiento emocional y de una comprensión profunda de las emociones humanas (Stokes & Palmer, 2020).

El desarrollo de la IA afectiva, cuyo objetivo es imitar los procesos de toma de decisiones emocionales humanas (Yukalov, 2023). Esto implica equipar a los sistemas de IA con capacidades cognitivas avanzadas para reconocer y comprender las emociones, permitiéndoles interactuar empáticamente con los humanos (Zhao et al., 2022; McStay & Rosner, 2021).

Sin embargo, si bien la IA puede exhibir respuestas emocionales similares a las humanas, actualmente carece de razonamiento emocional y de una comprensión profunda de las emociones humanas (Stokes & Palmer, 2020).

La detección de mentiras y comportamiento engañoso mediante inteligencia artificial (IA) se está destacando como uno de los campos de aplicación más importantes en el entorno judicial debido a su potencial para mejorar la precisión y la eficiencia en la identificación de comportamientos engañosos (Jupe & Keatley, 2019; Zhou & Bu, 2023; Markowitz, 2023). Las actuales investigaciones en tecnologías de inteligencia artificial por su capacidad para detectar señales engañosas y analizar señales del habla para identificar estados psicológicos asociados con la mentira (Jupe y Keatley, 2019; Zhou y Bu, 2023).

Las investigaciones innovadoras han enfatizado el impacto de la inteligencia emocional, en particular la capacidad de percibir emociones faciales, para mejorar la precisión de la detección de mentiras (Jackson et al., 2018).

En la actualidad se busca entender la conexión entre los rasgos de personalidad, como la extraversión, y la habilidad para generar argumentos falaces, lo que sugiere que ciertos rasgos pueden ayudar a predecir mejores habilidades de detección de mentiras (Elaad y Reizer, 2015).

De esta forma, el análisis de las características emocionales y expresivas, la complejidad cognitiva y los aspectos paraverbales transmitidos durante las entrevistas (Curci et al., 2019) facilitan la detección de comportamiento sospechoso, elusivo o de contenido manipulado. La capacidad de la IA para analizar el lenguaje e identificar mentiras se ha comparado con las capacidades humanas, lo que subraya la importancia del lenguaje natural en las evaluaciones de la verdad (Markowitz, 2023).

Las aplicaciones de IA en el entorno judicial resultan de especial interés en el presente y tienen un desarrollo futuro muy prometedor para mejorar la detección del engaño. No obstante, representa una preocupación sobre la ética y los posibles sesgos en los algoritmos de IA (Hall, 2021; Hyde, 2023). Basar los criterios aplicados exclusivamente a las

capacidades de la IA puede significar errores en la determinación al confiar únicamente en algoritmos de detección de engaños, ya que es posible que no ofrezcan determinaciones definitivas de culpabilidad o inocencia (Hyde, 2023).

Es por ello que resulta vital entender que debe de integrarse el aprendizaje supervisado en todos los procesos relacionados con la determinación del engaño mejorando sustancialmente el rendimiento de las tareas de detección de engaños (Fügener et al., 2021).

Además, el entrenamiento de jueces y jurados en relación con otros sesgos, como el sesgo del anclaje, ha demostrado ser beneficioso para mejorar la objetividad en la toma de decisiones. Aquí es donde la inteligencia artificial puede complementar este enfoque al proporcionar herramientas de análisis de datos más avanzadas y precisas. Estas herramientas pueden ayudar a identificar y mitigar la influencia del sesgo del anclaje al generar valores alternativos o considerar diferentes puntos de referencia durante el proceso de toma de decisiones.

Asimismo, el uso adecuado de criterios por parte de los jueces y tribunales es fundamental para garantizar decisiones justas y equitativas. La inteligencia artificial puede contribuir a este objetivo al proporcionar modelos predictivos y analíticos que ayuden a evaluar la causalidad y la probabilidad en función de datos objetivos. Esto puede ayudar a los profesionales del derecho a tomar decisiones más informadas y fundamentadas en la evidencia, reduciendo así el impacto de los sesgos cognitivos.

Se puede concluir que el potencial uso de herramientas de inteligencia artificial en entornos judiciales representa un paso prometedor hacia la mejora de la imparcialidad y la eficacia del sistema judicial. Si bien estos enfoques aún están en desarrollo y requieren una validación adicional, ofrecen el potencial de mejorar significativamente la interpretación de la comunicación no verbal y otros aspectos relevantes para la toma de decisiones judiciales, contribuyendo así a un sistema judicial más justo y equitativo.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Guijarro, J.V. (2017) El FMRI como detector de mentiras, sus implicaciones y admisibilidad en los tribunales. *Revista Jurídica Universidad de Puerto Rico*, vol. 86, p. 271.
- Aiger, M. (2013). *Patrones electrodérmicos de la actividad grupal*. Universitat de Barcelona, 2013.
- Aiger, M., & Palacín Lois, M. (2006.). *Medición de actividad grupal en relación a la interdependencia mediante Sociograph (medida electrodérmica grupal)*.
- Aiger, M., Palacín, M., & Cornejo, J. M. (2013). La señal electrodérmica mediante Sociograph: metodología para medir la actividad grupal. *Revista de Psicología Social*, 28(3), 333-347.
- Aizpurua, A., Garcia-Bajos, E., & Migueles, M. (2009). False memories for a robbery in young and older adults. *Applied Cognitive Psychology*, 23(2), 174-187.
- Aizpurua, A., Garcia-Bajos, E., & Migueles, M. (2011). False recognition and source attribution for actions of an emotional event in older and younger adults. *Experimental Aging Research*, 37(3), 310-329.
- Albadalejo Mur, M. (2008) “Comunicación no verbal en familia” *Revista Padres y Maestros* Marzo/abril 2008
- Alcalá, J. L. P. (2010) Principios rectores del sistema acusatorio. *Revista enfoques críticos*. Año I, Núm. 2
- Alcalde González, J.M. (2005) “Guía práctica de la prueba penal” Ed. Dijusa, Madrid 2005
- Amado, B. G., Arce, R., Fariña, F., & Vilariño, M. (2016). Criteria-based content analysis (CBCA) reality criteria in adults: A meta-analytic review. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 16(2), 201-210.
- Amaya-Nassar, S. (2021). *Técnicas de análisis de credibilidad del testimonio en adultos: una revisión breve. Perspectivas de investigación psicológica: aportes a la comprensión e intervención de problemas sociales*. Editorial Universidad Católica de Colombia. Bogotá
- Anderson, N. E., Steele, V. R., Maurer, J. M., Rao, V., Koenigs, M. R., Decety, J. & Kiehl, K. A. (2017). Differentiating emotional processing and attention in psychopathy with functional neuroimaging. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 17(3), 491-515.
- Anta, J. A. (2013). *Detección de engaño*. Valencia: Tirant Humanidades
- Anta, J.A. (2012) *Detección del engaño: polígrafo vs análisis verbo corporal*. *Quadernos de criminología: revista de criminología y ciencias forenses*. N°19, 2012, pp 36-46.
- Anta, J.A. (2018). *Entrevista Perceptiva: El Arte de Preguntar*. Valencia: Tirant Humanidades.

- Baldasso, F., & De Ávila, G. N. (2018). The repercussion of the false memories' syndrome in the eyewitness testimony: An analysis of decisions from the rio grande do sul state court. *Revista Brasileira De Direito Processual Penal*, 4(1), 371-409.
- Banderas Martínez, C., (2012) «Pragmática del discurso jurídico. Análisis de la estructura argumentativa en un texto de los papeles del derecho de la Real Audiencia de la Nueva Galicia», *Sincronía* [en línea].
- Barret, L. F., Lewis, M. y Haviland-Jones, J. M. (2018) *Handbook of emotions*. (4º ed.). Nueva York: Guilford.
- Barrientos, J.M. (2019) *Declaración de testigos en el proceso penal*. Vlex. Información jurídica inteligente.
- Bradley, M. T., & Janisse, M. P. (1981). Accuracy demonstrations, threat, and the detection of deception: Cardiovascular, electrodermal, and pupillary measures. *Psychophysiology*, 18(3), 307-315.
- Caso, L., Gnisci, A., Vrij, A., & Mann, S. (2005). Processes underlying deception: an empirical analysis of truth and lies when manipulating the stakes. *Journal of Investigative Psychology and Offender Profiling*, 2(3), 195-202.
- Caso, L., Vrij, A., Mann, S., & De Leo, G. (2006). Deceptive responses: The impact of verbal and non-verbal countermeasures. *Legal and Criminological Psychology*, 11, 99-111.
- Fariña, F. y Arce, R. (2005). Peritación psicológica de la credibilidad del testimonio, la huella psicológica y a la simulación: El sistema de evaluación global (SEG). Departamento de Psicología Social, Universidad de Santiago de Compostela. Área de Psicología Básica, Universidad de Vigo. *Papeles del psicólogo*, 26, 59-77.
- Freixa i Baqué, E. (2001). La actividad electrodérmica: historia, clasificación y técnicas de registro. *Revista Internacional de Psicología Clínica y de la Salud*, 1(3), 529-545
- Gascón Abellán, M. (2002). Sobre el modelo cognoscitivista en la prueba judicial: a propósito de las observaciones de Mario Ruiz. *Anuario de Filosofía Del Derecho*, 19, 489-496.
- Mann, S., Vrij, A., & Bull, R. (2002). Suspects, lies, and videotape: An analysis of authentic high-stake liars. *Law and human behavior*, 26(3), 365.
- Manzanero, A. (2009). *Psicología Forense: definición y técnicas*. Teoría y práctica de la investigación criminal, 313-339.
- Mañalich, R. J. B. (2020). Justicia, procedimiento y acción de revisión. El principio de culpabilidad frente a la cosa juzgada. *Ius Et Praxis*, 26(1), 28-56.
- Masip, J., Barba, A., y Herrero, C. (2012). Behaviour Analysis Interview and common sense. A study with novice and experienced officers. *Psychiatry Psychology and Law*, 19, 21-34

- Masip, J., Garrido, E., & Herrero, C. (2002). La detección de la mentira mediante la técnica SCAN. *Revista de Psicopatología Clínica, Legal y Forense*, 2, 39-62.
- Masip, J., Martínez, C., Blandón-Gitlin, I., Sánchez, N., Herrero, C., & Ibabe, I. (2018). Learning to detect deception from evasive answers and inconsistencies across repeated interviews: A study with lay respondents and police officers. *Frontiers in psychology*, 8, 2207.
- Nieto Morales, C. (2015). Análisis y valoración de la prueba pericial: social, educativa, psicológica y médica: el perito judicial. *Análisis y valoración de la prueba pericial*, 1-242.
- Páez, A. (2021). Los sesgos cognitivos y la legitimidad racional de las decisiones judiciales. *Razonamiento jurídico y ciencias cognitivas*, 187-222.
- Rains, G. D. 2002. *Principles of Human Neuropsychology*. Toledo, OH: McGraw-Hill
- Ramos, V. D. P. (2019). *La prueba testifical*. Barcelona: Marcial Pons.
- Ramsoy, T. Z. (2015). *Introducción al Neuromarketing y Neurociencia del Consumidor*. Vol. 1.2. Dinamarca: Ormon
- Rodriguez, P. I. D. L. R., & Navarro, V. D. S. (2016). Los sesgos cognitivos y su influjo en la decisión judicial. *Aportes de la Psicología Jurídica a los procesos penales de corte acusatorio. Derecho Penal y Criminología*, 37, 141.
- Tejada, A., García, C., y Navas, M. (2003). Test de sesgos endogrupal interétnico: estudios de fiabilidad endogrupal. *Psicothema*, 15(3):407-413
- Tisner Burillo, C. (2021). Diligencias de investigación en la fase de instrucción penal; Declaraciones de las partes en el proceso penal; Declaraciones de testigos en el proceso penal; El informe pericial; Medidas cautelares en el proceso penal; Las pruebas en el proceso penal (interrogatorios, informes de peritos, etc). *Repositorio de Universidad de Comillas*.
- Vrij, A. (2008). Nonverbal dominance versus verbal accuracy in lie detection: A plea to change police practice. *Criminal Justice and Behavior*, 35(10), 1323-1336.
- Vrij, A., & Mann, S. (2001). Telling and detecting lies in a high-stake situation: The case of a convicted murderer. *Applied Cognitive Psychology*, 15(2), 187-203.
- Yoo, H., Baek, J., & Chung, K. (2021). Cnn-based voice emotion classification model for risk detection. *Intelligent Automation and Soft Computing*, 29(2), 329-334.
- Zajonc, R. B. (1985). Emotion and facial efference: A theory reclaimed. *Science*, 228(4695), 15-21.

LOMBROSO Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

CLAUDIO PAYÁ SANTOS

Grupo de Investigación RESEINT

VÍCTOR RODRÍGUEZ GONZALEZ

Universidad Isabel I (Burgos)

JOSE MARIA LUQUE JUAREZ

Universidad Isabel I (Burgos)

1. INTRODUCCIÓN

En el otoño de 1831, Charles Darwin era un joven de veintidós años, lejos de la imagen de un erudito respetable con una larga barba blanca con la que ahora lo asociamos a menudo. Después de completar sus estudios en la Universidad de Cambridge, recibió una invitación para un viaje de dos años a América del Sur, como naturalista en el barco Beagle. Un viaje que cambiaría su vida y la historia de la biología. Sin embargo, esa exploración corría el riesgo de no llevarse a cabo, precisamente por el aspecto exterior del joven Darwin: al capitán del Beagle Robert FitzRoy, ferviente seguidor de la fisionomía, no le había gustado nada el olfato del naturalista. "Dudaba de que una persona con mi nariz poseyera suficiente energía y determinación para tal viaje", escribe Darwin en su autobiografía. "Pero creo que más tarde se convenció de que mi nariz no decía la verdad".

La idea de que una característica física puede revelar detalles importantes sobre la personalidad y las cualidades de su poseedor ha estado circulando durante al menos un par de milenios. El documento escrito más antiguo dedicado a la fisionomía se ha atribuido a Aristóteles, pero parece que antes de él incluso Pitágoras se basaba en la lectura de rostros para determinar qué estudiantes tenían las cualidades adecuadas para ser admitidos en su escuela. Lo que guió estos primeros acercamientos a la fisionomía fue la comparación entre el aspecto humano y el de

diferentes animales. ¿Una persona tiene el pelo esponjoso? Será un cobarde, ya que las ovejas y los ciervos, de pelaje suave, son animales tímidos. ¿Tiene el pelo desgredado? Entonces tendrá el coraje de los leones y jabalíes, animales de pelaje áspero y espinoso.

Al salir de la antigua Grecia, la idea de poder leer la disposición y el comportamiento humano a partir de algunos rasgos animales presentes en la apariencia física sobrevivió durante siglos, pero la verdadera legitimación de la fisonomía "científica" llegó en el siglo XVIII, gracias al trabajo del pastor protestante Johann Kaspar Lavater. Sus Fragmentos fisionómicos, que abogaban por la posibilidad de descubrir la naturaleza íntima de una persona a partir de su apariencia externa, fueron un verdadero éxito de ventas: reunidos en cuatro volúmenes ilustrados, fueron traducidos a decenas de las principales lenguas europeas. La pretensión de Lavater de infundir ciencia a la disciplina deja mucho que desear para los estándares modernos, pero sus ideas tuvieron un fuerte arraigo en la sociedad de la época y en las décadas siguientes, los verdaderos años dorados de la fisonomía. Fue precisamente la influencia de su obra lo que hizo dudar al capitán FitzRoy frente a las narices de Darwin, arriesgándose a privar al naturalista de la experiencia que habría contribuido a la formulación de la teoría de la evolución.

A través de los trabajos de los diversos estudiosos de la fisonomía, antes y después de Lavater, se puede rastrear una idea común: la posibilidad de distinguir rápidamente, con una mirada a las orejas, las cejas y las frentes espaciosas, a las mejores personas de las deplorables y potencialmente peligrosas. Ni que decir tiene que en la primera categoría se incluyen los pertenecientes a esa clase étnica, económica y social a la que pertenecen los propios expertos en fisonomía y los señores que compran sus libros. Unos cien años después del éxito de Lavater, fue Cesare Lombroso quien aprovechó las herramientas de la disciplina para dibujar un identikit del criminal típico, dejando una huella tan fuerte en la cultura de la época que influyó en jueces, científicos y artistas. A diferencia de los fascinantes vampiros de la filmografía moderna, la primera descripción del Conde Drácula en la obra de Bram Stoker parecería referirse a la descripción de Lombroso del criminal nato.

Una de las aproximaciones más comunes a la fisonomía es la idea de que es una de las muchas teorías extrañas del pasado, que debe ser condenada con un sentido bondadoso de superioridad. Sin embargo, la tentación de establecer una asociación entre los rasgos de un rostro y las características físicas o psicológicas de una persona está lejos de extinguirse.

Cesare Lombroso sostenía que el origen de la conducta delictiva era inherente a las características anatómicas de los delincuentes, dotados de anomalías y atavismos capaces de determinar conductas socialmente desviadas. Firme defensor de la teoría frenológica, extensión de la doctrina fisionómica más antigua, según la cual es posible deducir características psicológicas y morales a partir del examen de la morfología del cráneo de los individuos, Lombroso propuso incluso separar a los niños que, en el curso de las mediciones faciales y corporales, eran intelectualmente inferiores a sus compañeros "mejor dotados". Desprestigiada y tildada de pseudociencia, hoy la fisonomía y la frenología se encuentran donde menos lo esperamos: en los algoritmos que hacen funcionar la inteligencia artificial.

Las controvertidas teorías de Cesare Lombroso, uno de los pioneros de los estudios sobre el crimen, influyeron en el pensamiento del siglo XX, generando opiniones contradictorias. Es conocido por ser el fundador de la antropología criminal, una disciplina fuertemente influenciada por la fisonomía y la frenología, que ahora se consideran pseudocientíficas.

Exponente de la escuela positiva y promotor del determinismo biológico, Lombroso es hijo del cientificismo decimonónico y del darwinismo social. Si por un lado se le considera un defensor de teorías anti-científicas, por otro lado, tiene el mérito de haber intentado una primera aproximación sistemática al estudio de la delincuencia considerando factores ambientales, educativos y sociales.

1.1. VIDA DE LOMBROSO

Psiquiatra y antropólogo, es considerado el padre de la criminología moderna. Nacido en el seno de una gran familia judía en Verona como Ezequías, Marcos más tarde cambió su nombre por el de César. Su primo David Levi, un pensador de la Ilustración y patriota que participó en el

Risorgimento, tuvo una influencia considerable en su educación temprana. David Levi dirige a su joven pariente hacia el desapego de la ortodoxia religiosa. Pero el médico Paolo Marzolo también tuvo una influencia considerable en la educación de Lombroso, introduciéndolo en el estudio de la antropología y la lingüística. Bajo la dirección de Marzolo, en 1850 abandonó la escuela pública para estudiar en privado. Tres años más tarde se matriculó en medicina y cirugía en la Universidad de Pavía, siguiendo los cursos de Giuseppe Balsamo Crivelli y Bartolomeo Panizza, pero también yendo a Padua y Viena por motivos de estudio.

Cesare Lombroso es un excelente y ecléctico estudiante. Además de la medicina, le interesan la literatura, la historia y las ciencias naturales. De regreso a Pavía, se graduó en 1859 con una tesis sobre el cretinismo en Lombardía. A estas alturas su interés profesional se centra en la antropología, la psiquiatría y la criminología. Después de la unificación de Italia, aprobó una serie de exámenes en Génova y se graduó nuevamente en el Reino de Cerdeña, y luego se alistó como voluntario en el cuerpo médico del ejército real. En 1862 fue enviado a Calabria durante unos meses, tomando parte, de nuevo como médico, en la guerra contra el bandolerismo. Una experiencia que lo marcó, tanto en sus reflexiones antropológicas y etnológicas como en sus conocimientos sanitarios y epidemiológicos. Regresó a la academia en 1863.

En 1864 publicó "Genio y locura". El libro pasó por varias ediciones y a partir de la cuarta, en 1882, cambió su título a "El hombre de genio". De 1864 a 1876 dirigió el asilo de Pavía y enseñó psiquiatría en la Universidad de Pavía. Durante este período organizó un gabinete especial para la investigación de las enfermedades mentales y para las demostraciones educativas, trabajando en la frontera entre la psiquiatría y la medicina forense.

Después de 1875 se trasladó a Turín para enseñar Medicina Forense e Higiene Pública en Turín. Su trabajo es intenso. Se convirtió en miembro de la recién fundada Sociedad Freniátrica italiana, enriqueció los laboratorios universitarios con nueva instrumentación y fundó el Laboratorio de Medicina Forense y Psiquiatría Experimental, que pronto lo hizo famoso en todo el mundo.

Lombroso fundó una nueva disciplina en Turín, la antropología criminal, argumentando que los delincuentes son portadores de rasgos somáticos distintivos. En 1876 publicó *El hombre delincuente*. En 1880 fundó, junto con Enrico Ferri y Raffaele Garofalo, el Archivo de Psiquiatría, Ciencias Criminales y Antropología Criminal. En 1893 publicó "La mujer delincuente, la prostituta y la mujer normal". Finalmente, en 1895, "Grafología". La revista y todos sus libros tienen una influencia considerable en el campo de la antropología criminal.

En 1898 fundó un museo de psiquiatría y criminología en Turín.

A lo largo de su vida profesional, Lombroso viaja mucho, yendo a París, Budapest, Moscú y Ámsterdam. En 1907 se trasladó a Roma para enseñar antropología criminal, por la que sigue siendo famoso.

Sin embargo, su actividad investigadora es muy extensa. De joven, realizó una serie de encuestas epidemiológicas utilizando métodos estadísticos, cruzando datos de salud con datos geográficos y climáticos, y demostrando la estrecha relación entre el hombre, su salud y el medio ambiente. Como parte de esta investigación, se centra en ciertas enfermedades como el cretinismo, el bocio y la pelagra, demostrando cómo una mala alimentación puede favorecerlas. Es gracias a los resultados de la investigación de Lombroso que se impuso la prohibición de la venta de maíz en mal estado.

Lombroso es positivista y entre sus intereses se encuentra también el estudio de los fenómenos mediúmnicos, en un intento de devolverlos al campo científico.

Pero es su investigación en el campo de la antropología y la psiquiatría aplicada a la medicina forense lo que le hace famoso. De hecho, Lombroso estudió las características anatómicas y psicológicas de diferentes grupos étnicos y, con una serie de valiosos colaboradores de la Universidad de Pavía, hizo una contribución significativa al nacimiento de la psiquiatría científica.

Presta especial atención a la relación entre el genio, la locura, la alienación y el crimen, describiendo dos tipos de locura: la locura moral, es decir, un trastorno grave de origen social, y la locura natural, debida

precisamente a la naturaleza del delincuente que se manifiesta en la fisonomía del criminal

1.2. EL INFELIZ MATRIMONIO ENTRE LA FISIONOMÍA DE LOMBROSO Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

En el deslizamiento lingüístico de la ciencia moderna, la teoría criminológica de Cesare Lombroso es rebautizada como "reconocimiento facial computarizado", lo llamaremos "fisonomía computacional". Algunas startups tecnológicas han recurrido a algoritmos de aprendizaje automático basados en la recopilación de información biométrica y de comportamiento para obtener predicciones sobre los rasgos de personalidad. Los pronósticos son el producto del mercado del control de vigilancia

La fría fusión de teorías psicológicas de mala calidad, la investigación empírica chapucera sobre big data, la vigilancia generalizada, la economía sin escrúpulos y la estadística bayesiana han dado lugar a una fisonomía moderna. Las predicciones no son menos insensatas que la antigua ciencia lombrosiana, que al menos estaba justificada por el hecho de que la ciencia de la psicología desviada era desconocida en ese momento. La criminología lombrosiana se derrumbó con el progreso del conocimiento científico. La fisonomía moderna se debe, por un lado, a la labilidad ética de los enfoques computacionales modernos y, por otro, a una sustancial aquiescencia política hacia las pseudociencias que tienen un soporte geopolítico bien definido.

1.2.1. Fallas empíricas

Los modelos que esta physignomics computacional extrae de los datos están viciados por profundos sesgos debido a dos efectos conocidos: la carga teórica en la selección de observaciones, es decir, la elección de los datos experimentales solo sobre la base de la teoría adoptada por los investigadores, y el efecto estereotipado inherente a los métodos estadísticos bayesianos.

En una espiral de autorrealización, estos sistemas se inician a través de los prejuicios más comunes y vulgares (que pueden ser afirmaciones como: "los terroristas son islámicos", "los gitanos roban niños", etc.) y

luego, en la fase de formación, las observaciones distorsionadas refuerzan el prejuicio inicial. Al final, la desviación sólo estará en las categorías que se hagan más probables que el prejuicio original. Estos sistemas son malos en dos sentidos: porque excluyen a los posibles sospechosos simplemente porque no encajan en el sesgo y porque siempre apuntan a las mismas categorías. Son, por lo tanto, ineficaces e injustos, aunque eficientes para descubrir la desviación, y a veces para inventarla donde no está presente. A pesar de su pretensión de ser científica, la informática no esconde aquí el refuerzo de prejuicios y estereotipos.

1.2.2. Vicios políticos

Un gobierno que quisiera apoyarse en la fisonomía lombrosiana se vería abrumado por disputas éticas. La fisonomía computacional, en cambio, pasa casi desapercibida. ¿Ejemplo? De no haber sido por el eurodiputado Breyer, la Unión Europea habría financiado el proyecto iBorderCtrl, cuyos documentos del proyecto se mantienen en secreto y la agencia ejecutiva de investigación de la Comisión Europea ha sido investigada por los jueces del Tribunal de Justicia de la Unión Europea.

Estos sistemas se alimentan de datos sin prestar demasiada atención a los aspectos éticos. La base de datos Sari de la Policía italiana contiene casi 9 millones de perfiles "criminales" y alrededor de 100 millones de imágenes, un excelente arranque para los sistemas de fisonomía computacional. Solo el 20% de los inscritos son italianos, todos los demás son extranjeros, incluyendo probablemente a todos los inmigrantes fotografiados al entrar en el país. Wired mostró lo fácil que es terminar en un sistema que se enorgullece de investigar eficazmente a criminales de todo el mundo.

Pero no es solo Occidente. El caso más relevante políticamente es el del trato a la población musulmana de Xinjiang (los uigures) por parte de la minoría Han (en la región) leal al Partido Comunista Chino. La inteligencia artificial conectada a las cámaras públicas detecta "expresiones y comportamientos" sospechosos, reconoce la etnia y guía la acción de la policía china en directo, y selecciona personalidades para ser asignadas a campos de "reeducación". Por esta razón, Estados Unidos acusó al régimen chino de genocidio por primera vez en la historia. La

acusación no ha sido retractada por el presidente Joe Biden y pesa como una roca sobre la resolución de importantes expedientes geopolíticos. La fisonomía computacional que sufren los uigures está en el centro de una crisis geopolítica. ¿Un anticipo del mundo que será?

1.2.3. Vicios científicos

Históricamente, el tratado más antiguo sobre fisionomía se atribuye a Aristóteles, y la disciplina tuvo un éxito particular en la Edad Media, cuando fue tratada por Avicena, Alberto Magno, Duns Escoto y Tomás de Aquino. Pero a estas alturas ya no hay dudas, hasta el punto de que la Eyclopedia Britannica la considera una pseudociencia sin apelación: "Los esfuerzos por especificar las correspondencias sistemáticas de las características psicológicas con los rasgos faciales o la estructura corporal han sido desacreditados por la ciencia y [... Aunque los partidarios lo ven...] tanto como una forma de discriminar el carácter de la apariencia externa como un método de adivinación por la forma y el carácter. [...] El desarrollo de una anatomía más precisa en el siglo XVII apagó todo interés científico en la fisionomía. En los siglos XVIII y XIX se propuso la fisionomía como un medio para detectar tendencias criminales, pero todos los sistemas fueron examinados y descartados como fallaces, y en el siglo XX la fisionomía, como se conocía en épocas anteriores, es ampliamente considerada como un tema histórico.

Los científicos chinos no comparten las certezas occidentales sobre las teorías de Lombroso. La fisionomía china se asocia con la medicina tradicional y la doctrina del yin-yang. Cualquier desafío occidental es geopolíticamente inoportuno, y los científicos occidentales parecen ser reacios a plantear el tema.

La fisionomía computacional surge gracias a las publicaciones científicas propuestas a las revistas científicas occidentales. Ya en 2006 una Conferencia sobre Reconocimiento de Patrones de la Computer Society contenía una publicación de Hee-Deok Yang y Seong-Whan Lee sobre la clasificación de los rostros: las cejas espaciadas correspondían a una personalidad agresiva, la anchura de los ojos a la riqueza y el tamaño de la nariz a la pereza o la diligencia. Siguieron muchos otros ejemplos. En 2016, los investigadores de inteligencia artificial Xiaolin Wu y Xi

Zhang, de la Universidad Jiao Tong de Shanghai, entrenaron un algoritmo para identificar a los delincuentes en función de la forma de su rostro, con una precisión del 89,5 por ciento. De este modo, han florecido las aplicaciones en la discriminación étnica y en la evaluación de la desviación. Ciencia, un poco. Big data, mucho. Estos resultados son cuestionables, especialmente desde el punto de vista ético.

1.2.4. Un "regreso infeliz" en las manos equivocadas

Alexander Todorov, profesor de psicología en la Universidad de Princeton y autor de *Face Value: The Irresistible Influence of First Impressions*, calificó la resurrección de la fisionomía como un "regreso infeliz" en las páginas de *Scientific American*. Estos estudios se basan en la suposición errónea de que todas las imágenes faciales son igualmente representativas del propietario: "Si bien esta suposición puede ser cierta en el caso de rostros familiares, [...] Es falso en el caso de caras desconocidas".

Alexander Todorov analiza nuestra tendencia a creer firmemente en las primeras impresiones que nos formamos sobre las personas, generalmente sin ningún fundamento. Al fin y al cabo, todos somos fisionomías ingenuas, argumenta el autor. Desde el pliegue de una sonrisa o la inclinación de una ceja hacemos juicios instantáneos, y a menudo dejamos que guíen nuestro comportamiento.

En 2005, la investigación de Todorov, realizada con sus estudiantes en el laboratorio de Princeton, recibió una gran atención de los medios de comunicación. Todorov estaba estudiando cómo la gente se forma un juicio después de echar un vistazo rápido a los rostros de extraños, utilizando imágenes de candidatos a las elecciones al Senado de Estados Unidos de unos años antes (excluyendo fotografías de políticos conocidos). Frente a las dos imágenes del ganador y el finalista, los voluntarios que participaron en el estudio tuvieron que indicar cuál parecía más competente, sin poder apoyarse en ninguna otra información que no fueran los rasgos de los rostros. Sorprendentemente, los investigadores notaron que, en el 70 por ciento de los casos, los juicios sobre quién parecía más competente coincidían con los resultados de las elecciones, incluso cuando las imágenes aparecían en la pantalla durante un tiempo muy corto: solo 100 milisegundos, una décima parte de segundo.

Algunos estudios afirman reconocer la orientación sexual. Pero, explica Todorov, "en uno de los primeros estudios de este tipo, las hipótesis fueron precisas alrededor del 58 por ciento de las veces (adivinando al azar que habría sido el 50 por ciento). Seleccionamos estratégicamente las imágenes que publicamos para que nos representen a nosotros mismos y atraigan a personas del mismo tipo, por lo que no es una muestra neutral". En una selección verdaderamente aleatoria, como la que se podría obtener a través de la vigilancia en lugares públicos, el porcentaje de reconocimiento disminuye drásticamente y los reconocimientos incorrectos aumentan.

El carácter científico de los algoritmos es inestable, pero esta pseudociencia es más que suficiente para motivar a los políticos a adoptar estos sistemas que no sirven para descubrir la desviación, sino para construirla incluso donde no existe, aportando evidencias "científicas" que son falsas, pero difíciles de desmontar. En tales casos, sin embargo, como exige el Proyecto Winston Smith, deberíamos tener la fuerza para no abandonar nuestra cara y, como propone la recogida de firmas para un proyecto de ley popular a nivel europeo, recuperar la cara.

1.3. LA INVESTIGACION ACADEMICA DE LOMBROSO

A partir de 1870 se convirtió en director del manicomio de Pesaro, donde se concentró más en el estudio de la antropología de los enfermos mentales y los criminales, que consideraba marcada por un marcado primitivismo. Por ejemplo, comenzó a examinar el cadáver del bandolero Giuseppe Villella, comparando su fosa craneal con la de primates y aplicando así el análisis evolutivo a la medicina forense en patologías. Según la hipótesis de Lombroso, existe un vínculo entre la evolución natural de la especie y el comportamiento del individuo en el contexto social.

En 1875 se trasladó a Turín, donde obtuvo el puesto de profesor de medicina forense en la cárcel y la cátedra de Medicina Forense e Higiene Pública. También se convirtió en miembro de la recién fundada Sociedad Italiana de Freniatria y fundó el Laboratorio de Medicina Forense y Psiquiatria Experimental, lo que lo hizo famoso en el extranjero.

Gracias a las experiencias adquiridas en hospitales psiquiátricos y prisiones, elabora teorías sobre temas criminales, realizando investigaciones sobre presos, pacientes psiquiátricos y sus cadáveres. Integrando su pasión por el historicismo con sus estudios de fisiología del pensamiento, sus investigaciones dieron lugar a su visión de la influencia psíquica en las patologías. Según él, los pacientes psiquiátricos representan los diferentes modelos humanos que han evolucionado a lo largo de la historia.

Desarrolla entonces el concepto de convicción atávica a partir del caso del granjero Vincenzo Verzeni, asesino y caníbal. Según Lombroso, el comportamiento desviado del sujeto deriva de anomalías físicas, dadas por la falta de evolución. La creencia en la involución como causa de los instintos homicidas se desarrolla así sobre la base de experimentos cuestionables que entrelazan el determinismo absoluto y los estudios psiquiátricos.

Así nació la teoría del delincuente, contenida en *El delincuente* (1876), que, sin embargo, contrasta con el libre albedrío y, por tanto, con la responsabilidad de las acciones violentas. Lombroso estableció la nueva disciplina de la antropología criminal, basada en la concepción de que los delincuentes son portadores de rasgos somáticos distintivos.

En 1880 fundó, con su discípulo Enrico Ferri y el criminólogo Raffaele Garofalo, el Archivo de Psiquiatría, Ciencias Criminales y Antropología Criminal. Sin embargo, su controvertida carrera académica y profesional lo llevó, dos años después, a ser expulsado de la Sociedad Italiana de Antropología y Etnología. En 1893 publicó *La mujer delincuente, la prostituta y la mujer normal*, y en 1895 *Grafología*.

En sus últimos años, Lombroso también se interesó por el espiritismo, acercándose a la médium Eusapia Palladino y defendiendo sus habilidades paranormales, ¿publicadas más tarde en su libro *After Death-What?* (1909). Como positivista convencido, trató de estudiar los fenómenos mediúmnicos en un intento de traerlos de vuelta al campo científico. Ya en noviembre de 1895, sin embargo, ¿el *British Medical Journal* había refutado la credibilidad de Palladino en el artículo *Exit Eusapia!* Lombroso recibe críticas brutales por sus teorías y creencias. El hecho de que se deje engañar tan fácilmente demuestra el deterioro

de su salud mental, así como de su salud física, debido a la arteriosclerosis que caracteriza los últimos años de su vida.

En 1898 inauguró el Museo de Psiquiatría y Criminología de Turín, que se convirtió en el Museo de Antropología Criminal, compuesto por hallazgos anatómicos, escritos de criminales y pacientes psiquiátricos, fotografías, documentos médicos e incluso armas utilizadas por asesinos. Durante mucho tiempo se mantuvo accesible solo con fines de investigación, pero no fue hasta noviembre de 2009 que se abrió al público, no sin cierta controversia. Algunos criticarán el museo por la discriminación contra el sur de Italia contenida en el pensamiento de Lombroso desde sus primeras obras.

Tras años de ocupar la cátedra de medicina forense, en 1907 obtuvo la oportunidad de impartir la docencia de Antropología Criminal, pero el agravamiento de su enfermedad no le permitió desarrollar su labor ni siquiera participar en los diversos congresos. En la noche del 18 de octubre de 1909 sufrió su último ataque al corazón y a la mañana siguiente fue encontrado muerto en su casa de Turín en Via Legnano 26. Su cuerpo fue enterrado en el monumental cementerio de Turín y a lo largo de los años se le dedicaron varias calles de varias ciudades italianas. El más significativo se encuentra en Pavía, cerca del hospital Policlínico San Matteo.

2. DISCUSIÓN

La fisionomía computacional, El nuevo Lombroso digital ha sido entrenado para clasificar y diagnosticar a los seres humanos en función de la edad, el sexo, la raza, el color del cabello, las expresiones faciales, para llegar a un juicio de personalidad que evalúe las características psicológicas y conductuales, la salud mental, las tendencias desviadas o delictivas, surge gracias a las publicaciones científicas propuestas a las revistas científicas occidentales. Ya en 2006 una Conferencia sobre Reconocimiento de Patrones de la Computer Society contenía una publicación de Hee-Deok Yang y Seong-Whan Lee sobre la clasificación de los rostros: las cejas espaciadas correspondían a una personalidad agresiva, la anchura de los ojos a la riqueza y el tamaño de la nariz a la pereza o la diligencia. Siguieron muchos otros ejemplos. En 2016, los

investigadores de inteligencia artificial Xiaolin Wu y Xi Zhang, de la Universidad Jiao Tong de Shanghai, entrenaron un algoritmo para identificar a los delincuentes en función de la forma de su rostro, con una precisión del 89,5 por ciento, Wu y Zhang, 2016.

El estudio, publicado en ArXiv, un repositorio en línea para trabajos que esperan aprobación, analizó la curvatura de los labios, el espacio entre la nariz y la boca, y la distancia entre las esquinas internas de los ojos. Según los dos científicos, la I.A. demostraría que Cesare Lombroso, el padre de la criminología moderna, tenía razón: los criminales pueden ser reconocidos por ciertos rasgos físicos y de esta manera se puede aislar a los posibles sospechosos.

Los investigadores sometieron los rostros de delincuentes y ciudadanos honestos a la computadora, descubriendo que era capaz de distinguir unos de otros de forma completamente autónoma.

En particular, Wu y Zhang recopilaron 1.856 fotografías de hombres chinos de entre 18 y 55 años sin barba, bigote o cicatrices en una base de datos. 1126 de ellas fueron recogidas a través de internet con un rastreador web y pertenecerían a varios profesionales (la mitad de los cuales son licenciados, especifican los autores), las otras 730 fotos de la muestra, en cambio, serían de delincuentes convictos y condenados, recogidas por el Ministerio de Seguridad Pública chino y las fuerzas policiales de varias provincias.

Una gran parte de estas imágenes, alrededor del 90%, se utilizaron para entrenar al algoritmo para distinguir a los delincuentes; En lo que respecta a la prueba real, utilizando las 200 fotos restantes, la IA fue capaz de reconocer los rostros de los delincuentes con un 89% de precisión del tiempo. En este punto, los investigadores analizaron los rasgos faciales comunes a los hombres chinos condenados: los ojos de cerca, el ángulo que se forma entre la nariz y el final de la boca, y la curvatura particular del labio superior. Este estudio plantea importantes cuestiones éticas, como la posibilidad de que el comportamiento delictivo esté escrito en nuestro ADN.

Un resultado sorprendente, que sugiere la posibilidad concreta de que existan rasgos físicos que permitan identificar a un delincuente con solo

mirarlo, pero no todo en este estudio es convincente: que la fiabilidad del algoritmo depende únicamente de la bondad de los datos con los que está entrenado, y que por tanto los posibles sesgos que llevan a los jueces a condenar a personas con un determinado aspecto físico son más susceptibles de haber sido transmitidos al algoritmo y bastante concebibles. Y en este sentido, la inteligencia artificial, lejos de ser objetiva, no haría más que reproducir las distorsiones del juicio humano o peor aún, las evaluaría según parámetros puramente matemáticos, eliminando por completo la subjetividad del juicio, que muchas veces es imprescindible.

Recordemos que en la base de estos experimentos siempre hay seres humanos y el error no debe ser contemplado.

Al fin y al cabo, son los propios investigadores los que dicen que: "la experiencia establece empíricamente la validez de la inferencia automática inducida por el visado sobre el delito, a pesar de las controversias históricas".

Además de atraer numerosas disputas, los investigadores estimularon la imaginación de los usos de la inteligencia artificial hasta el punto de que en 2017 otro grupo de académicos chinos volvió al tema: en un artículo publicado en el *International Journal of Automation and Computing*, se presentó el uso del aprendizaje automático para extrapolar datos de personalidad a partir de rasgos faciales como una herramienta crucial para las relaciones interpersonales. sentencias judiciales y elecciones.

En el mismo año, Yilun Wang y Michael Kosinski, de la Universidad de Stanford, presentaron en un estudio un algoritmo capaz de identificar a los homosexuales, publicaron una investigación que levantó más de unas cuantas cejas. Utilizando más de 30.000 imágenes tomadas de un sitio de citas, los científicos entrenaron un sistema de reconocimiento facial para identificar la orientación sexual de una persona a partir de sus rasgos faciales, utilizando fotografías faciales de hombres, con una precisión del 81%. Kosinski incluso dijo que el análisis facial podría usarse en el futuro para calcular el coeficiente intelectual de las personas.

Empezando por el mundo académico, las derivas de la fisionomía 4.0 también han involucrado a las empresas, con las startups chinas a la cabeza. Human+ Intelligent Robotics Technology tiene su sede en

Pekín y ha recibido unos 100 millones de yuanes (unos 13 millones de euros) en financiación desde su fundación en 2016. Entre sus tecnologías se encuentran los sensores HumanSense RGDB, capaces no solo de detectar cuerpos y detalles faciales, sino también de evaluar las intenciones y la actitud de un individuo en función de esas detecciones.

Una tecnología de IA, según el sitio web de la compañía, que tiene como objetivo comprender a cada individuo, con el fin de brindar soluciones para el comercio minorista inteligente y la seguridad inteligente.

ReadSense, por su parte, tiene su sede en Shanghái, que utiliza redes neuronales para examinar imágenes faciales con el fin de identificar a los usuarios, analizar sus características y comprender sus emociones y temperamentos.

Aunque pionera, China no es la única que ha tomado el camino: la startup ruso-británica BestFitMe afirma utilizar la IA para perfilar personalidades a partir de fotografías, y Facemetrics, una startup de origen polaco-bielorruso, ha lanzado la aplicación FaceMe que sería capaz de realizar el test de personalidad Myers-Briggs utilizando datos extrapolados de fotografías.

Por último, desde el ecosistema tecnológico israelí con el que Pekín lleva años interactuando con gran interés, la startup de Tel Aviv Faception afirma haber desarrollado un software de análisis facial capaz de identificar a potenciales pedófilos y terroristas.

Han pasado más de cien años desde la publicación de *El delincuente*, de Cesare Lombroso. En uno de los cuatro volúmenes, el antropólogo había incluido un atlas fotográfico en el que proponía utilizar el análisis de los rasgos somáticos para establecer las características de los tipos criminales y la aplicación realizada por ellos los desempolva. No utiliza un atlas fotográfico para analizar rostros, sino visión por computadora e inteligencia computacional. La startup ha creado una base de datos de quince clasificadores, conjuntos de rasgos faciales comunes a un determinado tipo de individuo. Los datos recogidos, procesados a través de complejos algoritmos, se utilizan para asociar información sobre su personalidad a determinados rasgos faciales de la persona fotografiada.

La compañía con sede en Tel Aviv ya ha firmado un contrato con una agencia de seguridad nacional para ayudarla a "identificar" a los terroristas. Los fundadores afirmaron que, en pruebas recientes, Faception pudo reconocer a nueve de los once atacantes de la masacre de París del 13 de noviembre de 2015, de los cuales solo tres tenían antecedentes penales. La prueba se llevó a cabo utilizando numerosas fotos de personas con características aleatorias. "Conocemos a los seres humanos, mucho mejor de lo que se conocen entre sí", dijo el cofundador de la startup, Shai Gilboa, "la personalidad está determinada por el ADN que se refleja en los rasgos faciales. Es una especie de señal". Los expertos en la materia, sin embargo, tienen muchas dudas, no solo de carácter técnico, sino también de carácter ético y moral.

Con un mercado de seguridad pública que tendrá un valor de 170.000 millones de dólares en 2023, China es un campo de pruebas para las tecnologías de vigilancia más innovadoras. No es difícil imaginar cómo las aplicaciones fisionómicas de la inteligencia artificial pueden adaptarse a este propósito, especialmente en zonas sensibles como Xinjiang, que ahora se ha convertido en el laboratorio más grande de China para empresas de FRT (Tecnología de Reconocimiento Facial) y para experimentos de control totalitario.

No sería un escenario completamente nuevo: piel oscura, nariz grande, labios carnosos y cabello rizado, características anatómicas típicas de las etnias colonizadas en África, se asociaron durante el siglo XVII con la indisciplina, la malicia y la depravación, como lo demuestra el tratado de Richard Saunders *Physiognomie and Chiromancie Metoposcopie* (1653).

También se tomaron medidas de la altura del cráneo y la nariz de los prisioneros judíos de los campos de concentración nazis. En definitiva, el riesgo es que, si se pone en práctica, la pseudociencia de la fisionomía pueda activar la pseudociencia del "racismo científico": hay que relativizar la credibilidad de los algoritmos y las máquinas teniendo en cuenta que su formación puede estar viciada por datos administrados y etiquetados sobre la base de prejuicios humanos.

En un intercambio de correos electrónicos con Alexander Todorov, profesor del Departamento de Psicología de la Universidad de Princeton y

autor del libro *Face Value: The Irresistible Influence of First Impressions*, surgió que la razón por la que instintivamente tendemos a justificar la fisionomía es la confusión que se genera entre la concepción del rostro como vehículo de expresión emocional y la concepción del rostro como expresión dada del carácter y la personalidad: "La tentación de pensar que podemos leer algo más profundo a partir de estos estereotipos visuales es errónea, pero persistente".

De hecho, la tendencia a interpretar los rostros y hacer deducciones a partir de ellos es una práctica antigua y persistente, común a los tratados aristotélicos, pero también a la antigua China, donde tomó el nombre de Mian Xiang.

Según la medicina tradicional china, el rostro sirve no solo como mapa para identificar posibles dolencias, sistemas débiles y tendencia a diversos tipos de patologías, sino también para leer el equilibrio mental y físico de la persona y deducir su actitud.

En la época imperial, si un visitante o dignatario extranjero llegaba a la corte, el consejero imperial examinaba al invitado de acuerdo con las reglas del Mian Xiang para evitar el riesgo de ataques a la seguridad y estabilidad del emperador. La lectura facial también se utilizaba para otros fines, como elegir al futuro marido para su propia hija.

De hecho, como explica Stefano Parancola, arquitecto de fengshui y autor del libro *Entendiéndonos en un instante* (Stefano Parancola Massimo Sabbatini 2019), el arte chino de Mian Xiang o Fisionomía -según la tradición china, el rostro es un microespacio formado por doce edificios-. Es la fachada exterior de un mundo interior. Diferentes áreas de la cara dan información sobre contextos específicos. Las cejas indican la aptitud de una persona para relacionarse con los demás, las sienes son para el hombre una indicación de su acercamiento al matrimonio, mientras que para la mujer en este caso es mirar la nariz. Un rostro sin lunares ni cicatrices es un rostro que tiende a ser recomendado, un símbolo de pureza de alma y esto todavía influye en el concepto de belleza en China, con respecto también al mundo del marketing y la publicidad, particularmente importante en el campo de la moda.

Si hasta ahora esta tarea ha sido exclusiva de pseudocientíficos y asesores judiciales, un mundo en el que cada vez se nos invitaría con más insistencia a que nos evalúen la cara una app, con fines lúdicos o de seguridad, puede que no esté tan lejos.

Estos resultados son cuestionables, especialmente desde el punto de vista ético.

3. CONCLUSIONES

A pesar de la falta de fiabilidad de sus teorías, de los errores metodológicos y del riesgo discriminatorio inherente a su doctrina, Lombroso forma parte de la historia de la criminología y tiene el mérito de haber estimulado el estudio del fenómeno delictivo y de haber intentado investigarlo de manera sistemática.

El modelo lombrosiano ha tenido un gran éxito, contribuyendo al estudio de las conductas delictivas tanto en Italia como en Europa. Sigmund Freud y Carl Gustav Jung incluso se inspiraron en conceptos lombrosianos para esbozar algunas teorías del psicoanálisis aplicadas a la sociedad.

A lo largo de los años, gran parte del pensamiento de Lombroso ha sido privado de todo fundamento científico, ya que estaba condicionado por el clima cultural decimonónico, pero su demostración de la estrecha conexión entre el hombre, su salud y el medio ambiente ha estimulado a varios estudiosos.

Sus alumnos, Ferri y Sighele, interpretarían la antropología criminal como algo psicodinámico, argumentando que las características desviadas definidas por Lombroso no son innatas, sino el resultado de elementos sociales. Argumentarán que el medio ambiente influye en la psique del individuo y, por lo tanto, el crimen es un hecho social.

Por muy capaces y eficaces que sean las herramientas impulsadas por IA, no son la única solución a los problemas de seguridad. Una combinación de inteligencia artificial y humana es esencial para responder a los desafíos de seguridad.

La inteligencia artificial se puede utilizar en la Prevención del delito y como ayuda en la justicia penal, porque permitiría procesar grandes volúmenes de datos con mayor rapidez, evaluar con mayor precisión los riesgos de fuga de los presos y predecir y prevenir delitos y ataques terroristas.

En el ámbito militar, la inteligencia artificial podría utilizarse para estrategias de defensa y ataque en caso de cibercrimitos o para atacar objetivos clave en la lucha cibernética.

4. REFERENCIAS

- Aebi, M. F., Caneppele, S., Harrendorf, S., Hashimoto, Y. Z., Jehle, J.-M., Khan, T. S., Kühn, O., Lewis, C., Molnar, L., Smit, P., & Þórisdóttir, R. (2021). Libro de consulta europeo de estadísticas sobre delincuencia y justicia penal – 2021. Göttinger Studien Zu Den Kriminalwissenschaften. <https://doi.org/10.17875/gup2021-1787>
- C. Lombroso, *L'uomo delinquente in rapporto all' antropologia, alla giurisprudenza ed alle discipline carcerarie*, 5a edizione, Torino, Bocca, 1896, vol. II, p. 68.
- Darwin, Ch., (1859), *On the Origin of Species by Means of natural Selection or the Preservation of the favored Races in the Struggle for Life*, Londres, J. Murray. Versión en castellano: *El Origen de las especies*, Madrid, Editorial EDAF, 2004.
- Depetris, J.A. (2021). Organizaciones criminales digitales: conocerlas para enfrentar su desafío. *Revista del CLAD Reforma y Democracia*, 79, 117-154.
- Hee-Deok Yang y Seong-Whan Lee, "Análisis fisionómico automático mediante la clasificación de la característica de los componentes faciales", 18ª Conferencia Internacional sobre Reconocimiento de Patrones (ICPR'06), Hong Kong, China, 2006, pp. 1212-1215, <https://ieeexplore.ieee.org/document/1699427>
- Holt, T.; Bossler, A. & Seigfried-Spellar, K. (2015). *Cybercrime and Digital Forensics*. Routledge
- Huergo Lora, Alejandro (Dir). *La regulación de los algoritmos*. Aranzadi Thomson Reuters. 2020
- Landecho Velasco, C. M. (2015). *La tipificación lombrosiana de delinquentes: trayectoria humana y doctrinal de Cesare Lombroso*.
- Larrauri, E y Cid Moliné, J. 2013. *Teorías criminológicas: explicación y prevención de la delincuencia*. Barcelona: Editorial Bosh.

- Metoposcopia de Richard Saunders, 1653. (s.f). Wellcome Collection. <https://jstor.org/stable/community.24791669>
- Payá, C. y Luque, J. (2021). El sistema de inteligencia criminal ante las nuevas amenazas y oportunidades del ciberespacio. *Revista Científica General José María Córdova*, 19(36), 1121-1136. <https://doi.org/10.21830/19006586.855>
- Romero, Flores, B. (Dir) y Cuervo García. A.L. (Coord). *Criminología aplicada*. España: Bosch, 2021.
- Rusell, S. y Norving, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th Edition). Pearson.
- Todorov, A. (2017). *Valor nominal: La influencia irresistible de las primeras impresiones*. Princeton University Press.
- Wang Y, Kosinski M. Las redes neuronales profundas son más precisas que las humanas en la detección de la orientación sexual a partir de imágenes faciales. *J Pers Soc Psychol*. 2018 Feb; 114(2):246-257. doi: 10.1037/PSA0000098. PMID: 29389215.

APROVECHANDO LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA UN CUIDADO MEJORADO DE LA SALUD: PRODUCTIVIDAD, PRECISIÓN Y REPERCUSIONES ÉTICAS EN LA MEDICINA

ALAKANANDA GHOSH

Newham University Hospital - Barts Health Trust

PABLO ÁLAMO

CETYS University

LEONARDO MARTIN GAYAN

Staffordshire University

1. INTRODUCCIÓN

A través de los años, la Inteligencia Artificial (IA) ha impulsado avances revolucionarios en diversos ámbitos, particularmente en la medicina. Las Herramientas de IA Generativas, están jugando un rol transformativo en la medicina contemporánea, ofreciendo soluciones innovadoras en la práctica clínica, y en el cuidado del paciente. Por ejemplo, modelos de lenguaje masivos (LLMs) como Med-PaLM y MedGemini pueden aumentar la precisión diagnóstica y respaldar el proceso de toma de decisiones en el ámbito clínico, al analizar la literatura médica, notas clínicas, e historiales de un gran número de pacientes. En la gestión clínica, herramientas como ChatGPT pueden dinamizar la formulación de expedientes, al generar apuntes clínicos en base a resúmenes verbales, lo cual puede reducir la presión administrativa sobre los médicos. Adicionalmente, IAs en formato de asistente, como Nuance y Suki, son capaces de automatizar la transcripción en tiempo real, durante las interacciones con pacientes, lo cual implica una mejora en eficacia. De la misma manera, IAs como Corti ofrecen guías en tiempo real durante las consultas, asegurando la precisión de la documentación del paciente y ofreciendo futuros pasos a tomar (Zhang, 2023).

2. OBJETIVOS

Este capítulo tiene como primer objetivo el análisis de las publicaciones científicas para evaluar el potencial transformativo de la IA en el campo de la medicina. Esta observación de la literatura busca descubrir conocimiento de alto valor en nuestro objeto de estudio, los aportes más importantes y posibles relaciones e implicaciones.

En segundo lugar, queremos detenernos en examinar la utilización y avances en IA, como, por ejemplo, los modelos de aprendizaje y diagnósticos guiados por la tecnología de inteligencia artificial, con el fin de evaluar cómo estas tecnologías serían capaces de optimizar la productividad y la prestación de servicios de salud.

Como tercer objetivo, a través del análisis del marco legal europeo, consideraremos las implicaciones éticas de la IA en la medicina y apuntaremos a los principales retos observados: sesgos en los algoritmos, la responsabilidad y privacidad del paciente, así como la dependencia profesional de estas nuevas tecnologías, entre otros.

3. METODOLOGÍA

Cuando trabaje en una tabla, haga clic donde desee agregar una fila o columna y, a continuación, haga clic en el signo más. La lectura es más fácil, también, en la nueva vista de lectura. Puede contraer partes del documento y centrarse en el texto que desee. Si necesita detener la lectura antes de llegar al final, Word le recordará dónde dejó la lectura, incluso en otros dispositivos.

La revisión sistemática de la literatura se ha llevado a cabo en cuatro fases (Cham, 2021) de búsqueda, cribado, análisis y cronología, enfocadas a la aplicación de la IA en medicina. En una sección aparte, se ofrece un análisis crítico sobre las leyes europeas en relación a la IA.

3.1. BÚSQUEDA DE LA LITERATURA CIENTÍFICA

En una primera fase, se realizó la búsqueda de cualquier artículo o publicación relevante seleccionando los términos de búsqueda enfocados

al uso de la Inteligencia Artificial (IA) en el mundo de la salud, y sus implicaciones legales.

Para la búsqueda inicial de la literatura científica se utilizó la base de datos MEDLINE®, la cual es un repositorio clave para cualquier investigación en el ámbito de la salud. Se utilizaron, asimismo, un conjunto de palabras clave para guiar la búsqueda, incluyendo términos como “Artificial intelligence”, “European laws” y “Medicine”. Combinamos estos términos usando el operador “AND” con fin de asegurarnos que los resultados incluían solo la intersección de IA, salud y la estructura legal europea que los implicaba. Esta búsqueda se procesó a nivel de título, resumen o abstract, artículo y capítulo, en los términos clave tanto en inglés, con fin de encontrar el mayor número de estudios que nos fueran de interés.

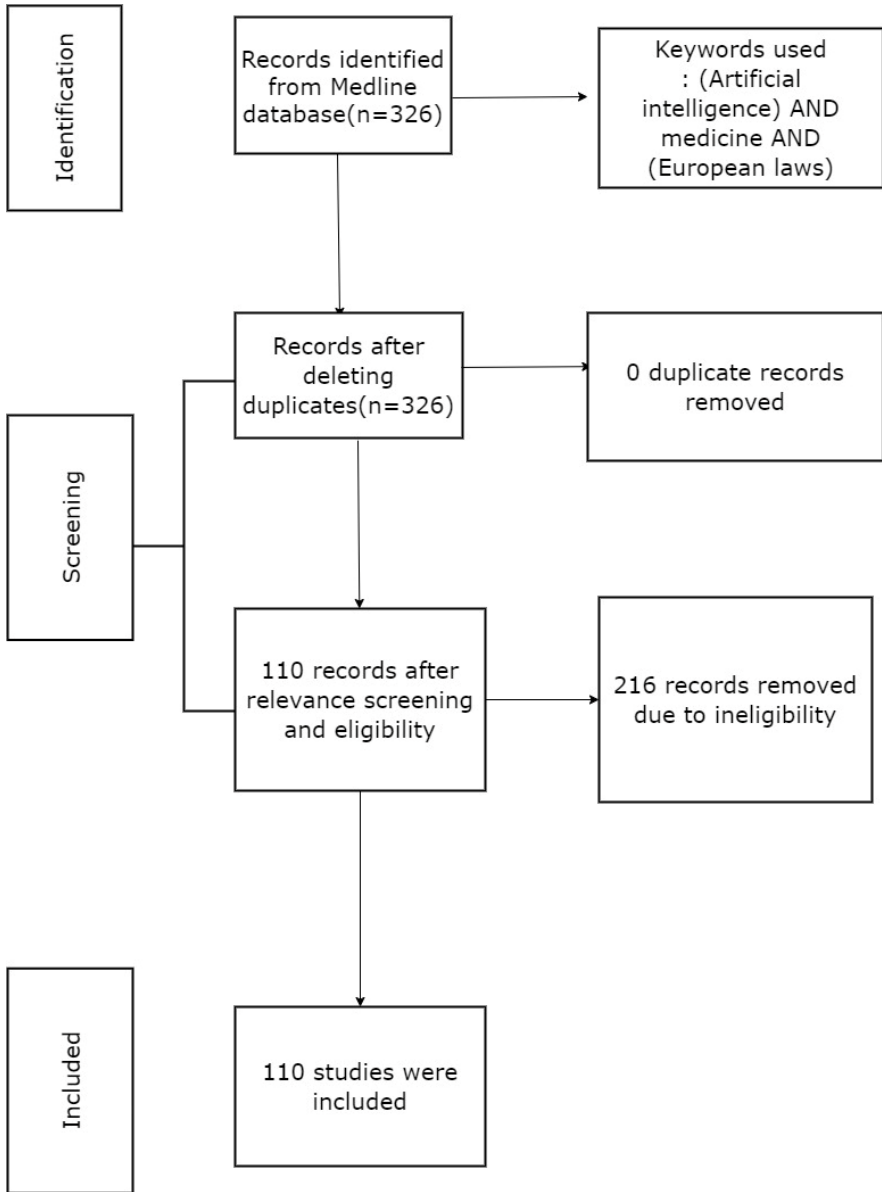
3.2. CRIBADO DE LA LITERATURA

Con fin de asegurar la calidad y la relevancia de las publicaciones seleccionadas, el cribado de la literatura se realizó siguiendo la guía ofrecida por PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), ya que el uso de PRISMA nos aseguraba un proceso de cribado exhausto, preciso y reproducible, lo cual contribuyó al rigor del estudio.

La Figura 1 ilustra el proceso utilizado para el filtrado y depuración de la literatura. El proceso incluyó una evaluación paso a paso de cada artículo seleccionado, comenzando con un acercamiento inicial basado en la relevancia de los títulos y los resúmenes. Las publicaciones que no cumplían con el alcance de la investigación fueron excluidas.

Este método estructurado de cribado aseguró que solo los estudios más relevantes y de mayor calidad eran incluidos en el análisis final. El uso de PRISMA proporcionó transparencia total y ayudó a minimizar el riesgo a cualquier sesgo posible en la selección de la literatura.

FIGURA 1. *Proceso de selección de publicaciones científicas*



Fuente: Elaboración propia

Esta estrategia de búsqueda se aplicó usando la herramienta ProQuest, donde fue utilizada la concatenación siguiente: (Artificial intelligence) and medicine and (European laws). Esto extrajo 326 artículos de interés

potencial para nuestro estudio. Debemos destacar que no se encontró ningún artículo duplicado, así que no hizo falta eliminar ninguno de los resultados. Después de concluir un periodo de revisión riguroso, el número de publicaciones relevantes se redujo a 110.

3.3. ANÁLISIS DE LA LITERATURA

Con los estudios más relevantes, el siguiente paso consistió en un análisis del contenido, con fin de descubrir ciertas tendencias, patrones y perspectivas. Dos técnicas de análisis fueron usadas: análisis de contenido y análisis bibliométrico. Estos métodos proporcionaron una comprensión completa del rol de la IA en el aumento de productividad profesional, así como también de la eficiencia organizacional en medicina.

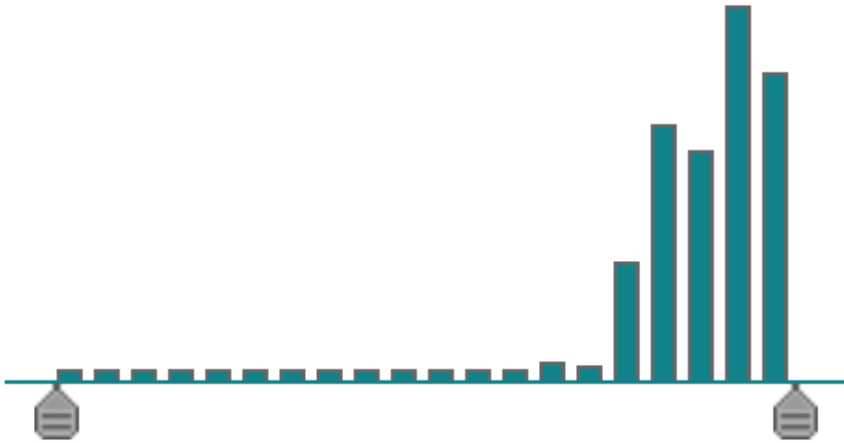
El análisis de contenido incluyó una revisión detallada de temas y patrones recurrentes. Sobre todo, inspeccionamos cómo la IA podía impactar la productividad profesional, con un enfoque especial en sus aplicaciones en el ámbito de la salud. Los artículos fueron categorizados en grupos distintos, con divisiones adicionales entre ellos mismos, basados en el enfoque temático de cada uno, lo cual ayudó a una evaluación sistemática de las maneras distintas en las cuales las IAs han sido integradas en distintos procesos profesionales.

Esta categorización nos ayudó, a la vez, a clarificar de qué manera la IA estaba siendo utilizada en cuanto a la eficiencia del diagnóstico, tratamiento y procesos administrativos en el ámbito de la salud. Al examinar el contenido de la literatura, fue posible extraer conclusiones significativas sobre el impacto de la IA en el desempeño de operaciones organizacionales.

La Figura 2 es una representación visual del crecimiento en el número de publicaciones relacionadas con el tema durante el periodo de revisión. Esta figura acentúa un incremento notable en las publicaciones entre los años 2020 y 2024, lo cual refleja un aumento en el reconocimiento del potencial de la IA a la hora de aumentar la eficiencia en el sector de la salud, así como una investigación constante en este campo.

FIGURA 2. Número de artículos y publicaciones relacionadas con el uso de la IA para mejorar la productividad profesional (2005–2024)

2005 - 2024 (years)



Fuente: Elaboración propia

El análisis bibliométrico se condujo con el fin de evaluar de manera sistemática autores y coautores con influencia, palabras clave, redes de citas, y patrones emergentes en el campo, así como la relación entre estudios interrelacionados con otras áreas. El análisis bibliométrico reveló redes colaborativas y contribuciones clave para la investigación de la IA en la salud. También nos proporcionó resultados sobre los estudios más citados, siendo capaces de identificar obras claves y áreas de investigación emergentes. La combinación del análisis de contenido con el análisis bibliométrico nos proporcionó una vista global sobre la literatura, ofreciendo percepciones cualitativas sobre los temas y patrones emergentes, datos cuantitativos sobre el impacto de las citas y las redes de colaboración en la investigación.

Al utilizar el software VOSviewer, creamos un mapa visual que muestra las conexiones entre documentos, investigadores y palabras clave en el campo de la salud. Estos mapas ofrecen una representación visual clara de la actividad investigadora, donde los círculos y fuentes más grandes indican mayores niveles de participación en áreas específicas.

La proximidad de los términos en el mapa indica la fortaleza de su asociación, ayudando a descubrir las relaciones entre las tecnologías de IA y sus aplicaciones en la atención médica. Este análisis destaca el potencial transformador de la IA, al tiempo que resalta las consideraciones éticas que acompañan su integración en la práctica médica.

3.4. CRONOLOGÍA

La revisión de la literatura se hizo sobre unos márgenes amplios, desde 2005 hasta el presente 2024, actualizado al mes de octubre. Estos márgenes fueron seleccionados con fin de captar la evolución de la tecnología IA en el ámbito de la salud y sus estructuras de regulación en las últimas dos décadas. Esta revisión también refleja la aceleración en el campo de la investigación de IA, y sus aplicaciones en el mundo de la salud, sobre todo entre 2020 y 2024. Durante este periodo, hubo un aumento notable en el número de estudios que describían las maneras en las cuales las IAs podían mejorar la productividad profesional en el ámbito de la salud. Esta ola de publicaciones muestra una correlación directa con el aumento del reconocimiento de los beneficios de la IA.

3.5. MARCO REGULATORIO DE LA IA

El marco legal de la Unión Europea (UE), a través de iniciativas como la Ley de Inteligencia Artificial (AI-Act), es la base de regulación que hemos empleado en la discusión sobre las implicaciones éticas de la IA en el campo de la medicina. Como se indicará posteriormente, la AI-Act representa un hito regulatorio significativo pero su implementación enfrenta a importantes desafíos (Álamo & Martín, 2024).

4. RESULTADOS

Los artículos seleccionados fueron categorizados según las especialidades en las que más destacaban los beneficios de las IAs:

4.1. USO DE IA EN RADIOLOGÍA Y DIAGNÓSTICO POR LA IMAGEN

Una de las aplicaciones primarias de la IA en Radiología es en la radiómica o análisis de datos de imágenes médicas, donde los algoritmos de

IA analizan datos de imágenes para extraer valores cuantitativos que son imposibles de percibir a simple vista (Bao, 2022). De manera similar, Wong et al. utilizaron redes neuronales convolucionales (CNNs) para diferenciar entre el carcinoma nasofaríngeo y la hiperplasia benigna evaluados con resonancia magnética, demostrando el rol de la IA a la hora de mejorar la precisión en el diagnóstico de pacientes complejos (Wong & al., 2021).

En cuanto a las imágenes por tomografía computarizada (TC), la IA ha mostrado ser una herramienta muy eficaz en determinados procesos, como en la evaluación automatizada del embolismo pulmonar. Weikert et al. crearon un algoritmo guiado por IA para detectar embolismos pulmonares en angiogramas TC pulmonares, lo cual implicó una mejora notable en los diagnósticos al reducir el número de falsos negativos, aumentando el número de detecciones precoces (Weikert & al., 2020). La capacidad de la IA en el diagnóstico de la arteriopatía coronaria se puede observar al utilizar técnicas de la reserva fraccional de flujo CT (FFR-CT) basadas en ‘machine-learning’ (Di Jiang, 2021).

Los modelos de aprendizaje basados en la IA han sido clave a la hora de analizar condiciones pulmonares. Liu et al. utilizaron algoritmos de aprendizaje profundos para evaluar embolismos pulmonares y extensiones del coagulo en la angiografía pulmonar CT, demostrando el potencial de la IA para automatizar y mejorar la interpretación de estudios con gran cantidad de imágenes (Liu & al., 2020; Gleeson, 2023).

Cuocolo e Imbriaco (2021) debaten como las herramientas de aprendizaje automático – ‘machine learning (ML)’, se están convirtiendo en una parte integral del intervencionismo radiológico. Sin embargo, cuestionan si el estado presente de la IA en radiología cumple su potencial final, recomendando un uso con cautela con el fin de no causar una sobreestimación sobre su impacto (Wichman, 2020).

Uno de los desafíos claves a los que debe hacer cara la IA en la radiología es la regulación de datos y la ciberseguridad. Como explican Kelly et al. (2023), los departamentos de radiología deben mantenerse vigilantes a la hora del almacenamiento de gran cantidad de imágenes, protegiendo los datos médicos de sus pacientes cuando se utilizan los

algoritmos de IA. Monah et al. (2022) subrayan la importancia de una custodia de datos responsable, sobre todo en la radiología pediátrica, donde la privacidad es clave.

De lo anterior, se sigue que la IA puede ayudar a automatizar procesos sencillos reduciendo la cantidad de trabajo para que los radiólogos se centren en casos más complejos, mejorando la consistencia de interpretaciones de imágenes (Galbusera, 2024).

Es importante señalar que conforme la IA se integra cada vez más en la radiología, el concepto de “black box” o caja negra, adquiere cierta relevancia. Marcus y Teuwen (2024), exploraron cómo los sistemas de IA podían ofrecer resultados sin gran transparencia a la hora de mostrar el proceso que los lleva al resultado, lo cual pudiera crear problemas en el ámbito medicolegal. Su estudio destaca la necesidad de la transparencia a la hora de explicar los resultados obtenidos por IA, para asegurarse que los especialistas clínicos son capaces de entender a nivel individual los diagnósticos generados por IAs.

4.2. USO DE LA IA EN UROLOGÍA

Una de las áreas de mayor desarrollo en la especialidad de urología se ha producido en la manera de tratar las piedras del riñón. Yang et al. (2020), investigaron cómo la IA podría ser utilizada para predecir la formación de piedras en el riñón, recomendando tratamientos personalizados basados en los datos de cada paciente, mejorando no sólo el diagnóstico sino también los resultados (Somani, 2021).

La urología quirúrgica también se ha visto sometida a un proceso de integración de la IA, sobre todo en el uso de robots automatizados en intervenciones quirúrgicas. Gómez Rivas et al. (2021), muestran cómo varios proyectos de la Asociación Europea de Urología – Young Academic Urologist Group, exploran el rol que tomarán los robots en intervenciones quirúrgicas.

Al analizar grandes bases de datos, los modelos de IA pueden ofrecer explicaciones en cuanto a la fisiopatología de la enfermedad y predecir la eficacia de los tratamientos, sobre todo en condiciones complejas como el cáncer de próstata o los trastornos de la vejiga (Hashemi & al., 2024).

Las redes neuronales han mostrado gran utilidad en el campo de la urología diagnóstica, y la interacción con las imágenes radiológicas representan una gran promesa a la hora de diagnosticar cánceres de próstata, vejiga, y otras condiciones urológicas con gran certeza (Checcucci, 2020).

En los tratamientos de fertilidad, la IA está evolucionando a grandes pasos, You et al, (2024) exploran el uso de IA para la selección de espermatozoides durante la fertilización *in vitro*. Los algoritmos de IA pueden mejorar la selección de espermatozoides de alta calidad, analizando su motilidad y morfología, lo cual implicará mejores resultados. Este uso de IA muestra la amplia utilidad selectiva que tienen estos avances en la mejora de los procesos de decisión.

Otro punto merece ser destacado y es el desarrollo de equipo urológico de un único uso. Con la integración de IA, se han desarrollado avances realmente innovadores. Bahae et al. (2021) explican el rol de la IA a la hora de mejorar los ureteroscopios, con la integración de imágenes y la ejecución de intervenciones quirúrgicas mínimamente invasivas.

Conforme la IA avanza, las consideraciones éticas son cada vez más pertinentes. Cacciamani et al. (2024) muestran ciertas preocupaciones sobre las implicaciones éticas de un uso de IA, sobre todo a la hora de considerar la privacidad de los datos, el consentimiento, y la posibilidad de que la IA le robe su sitio a la toma de decisiones humana en contextos íntimos de relación médico-paciente. Estos retos éticos hacen necesario un modelo humanista funcional (Álamo & Martín, 2024).

4.3. APLICACIONES DE LA IA EN CARDIOLOGÍA

Uno de los usos clave de la IA en cardiología es en las imágenes de las arterias coronarias. Existen algoritmos de IA que están siendo usados para segmentar los bordes de las arterias coronarias en ecografías intravasculares, aumentando así la detección y evaluación de la arterioesclerosis. Según Arora et al. (2023), ciertos algoritmos desarrollados son capaces de aumentar la capacidad del diagnóstico, produciendo imágenes más precisas y permitiendo una cuantificación de bloqueo arterial a la hora de tomar la decisión de implantar un stent coronario (Arora, 2023).

En el ámbito de la prevención de la muerte súbita cardiaca, algoritmos de IA son capaces de analizar grandes cantidades de datos de pacientes, como, por ejemplo, electrocardiogramas, o la monitorización durante veinticuatro horas de frecuencias cardíacas, prediciendo la posibilidad de eventos cardíacos súbitos. Sin embargo, Maris et al. (2024) abogan por un uso responsable de esta gran cantidad de datos al considerar que existen problemas éticos relacionados con la privacidad de datos, la confianza en dichos sistemas automatizados y la necesidad de la presencia humana a la hora de tomar decisiones (Maris, 2024). Hay que tener en cuenta, también, que estos datos, después de ser procesados por algoritmos de IA, permiten intervenciones personalizadas bajo una monitorización de pacientes remota, reduciendo los costes, el número de visitas al hospital y mejorando la satisfacción de estos pacientes (Miao, 2023). De hecho, esta aplicación de la IA en lugares remotos y de bajos recursos permite una mayor accesibilidad a la detección de eventos cardiovasculares (Suh, 2023; Weber, 2023).

4.4. APLICACIONES DE IA EN ONCOLOGÍA

Una de las principales aplicaciones de la IA en la oncología está basada en la imagen. Bases de datos guiadas por IA, como el proyecto italiano NAVIGATOR, están siendo creadas para proporcionar una medicina de alta precisión de las imágenes en pacientes oncológicos, ofreciendo una atención personalizada de profesionales de la salud con competencias específicas, mejores predicciones y estrategias de tratamiento personalizadas (Borgheresi, 2022; Chen, 2022).

En el área de radioterapia oncológica, la IA está mejorando de forma considerable la productividad médica, tanto la planificación como la aplicación de la radiación. Hyunh et al. (2020) explican cómo la IA incrementa la precisión y eficacia de las terapias de radiación al optimizar la planificación según la anatomía de cada paciente. Adicionalmente, la IA está evaluando la respuesta de cada tumor a la radiación, permitiendo también automatizar ciertas tareas rutinarias, como la delineación de los tumores en las imágenes radiográficas de los escáneres, reduciendo esta tediosa labor en la planificación de las terapias (Thompson, 2018).

La prevención y detección del cáncer de forma precoz, así como también la evaluación del pronóstico, es un campo en el que la IA se ha convertido en un aliado esencial de la medicina (Tan, 2023). Similarmente, algoritmos de IA ya están siendo aplicados en neuro-oncología para identificar marcadores estructurales en resonancias magnéticas cerebrales que puedan proporcionar información más detallada sobre la progresión y pronóstico de los tumores del sistema nervioso (Smits, 2021; Morales-Martinez, 2022).

Con el rápido desarrollo de nuevos tratamientos en oncología, la IA tiene el potencial de acelerar la aprobación de dichas terapias, tras analizar los ensayos de laboratorio y los resultados clínicos iniciales de respuesta al tratamiento, identificando a su vez a aquellos candidatos más prometedores en el desarrollo de medicamentos personalizados (Kurzrock, 2020).

4.5. USOS DE LA IA EN CIRUGÍA GENERAL

Hernigou et al. (2023) exploran la evolución de estatus moral y legal de los robots en el quirófano, mostrando las implicaciones éticas de un razonamiento compartido entre robots y humanos. En efecto, robots potenciados por IA son capaces de completar tareas quirúrgicas precisas, ayudando a los cirujanos a navegar en operaciones complejas, preservando la seguridad de los pacientes y obteniendo mejores resultados.

Huffman et al. (2024) analizan el potencial de una IA para personalizar operaciones ortopédicas en cada individuo. Aplicando ‘machine learning’ sobre datos de imagen y genética de cada paciente, se pueden predecir los resultados de ciertas intervenciones, y también optimizar el tratamiento. En los cuidados postoperatorios, la IA se está utilizando también como medida de predicción de las complicaciones (Kringel, 2019).

Lechien et al. (2024) demostraron como ChatGPT puede ser capaz de mejorar la precisión de diagnóstico y apoyar la toma de decisiones clínica en casos quirúrgicos complejos. Su equipo introdujo además el Instrumento de Actuación de Inteligencia Artificial (AIPI), una herramienta diseñada para examinar la validez y la fiabilidad de los sistemas

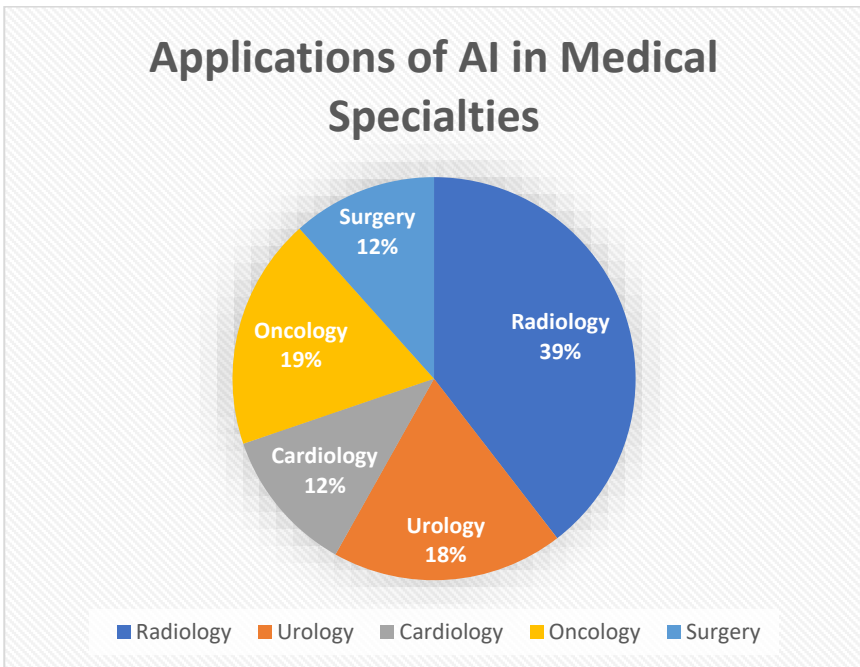
de IA en el quirófano, asegurándose de que las aplicaciones de IA en cirugía cumplen los requisitos necesarios.

TABLA 1. Identificación de las palabras- frases más frecuentes (VOSviewer)

| Keyword | Occurrences | Total link strength  |
|----------------------------|-------------|---|
| index medicus | 291 | 614 |
| humans | 204 | 551 |
| artificial intelligence | 119 | 309 |
| machine learning | 38 | 113 |
| retrospective studies | 21 | 96 |
| algorithms | 20 | 84 |
| deep learning | 21 | 82 |
| radiology | 11 | 46 |
| magnetic resonance imaging | 10 | 43 |
| technology | 15 | 41 |
| databases, factual | 9 | 33 |
| delivery of health care | 10 | 33 |

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3. Resumen gráfico porcentual de las aplicaciones de la IA en medicina



Fuente: Elaboración propia

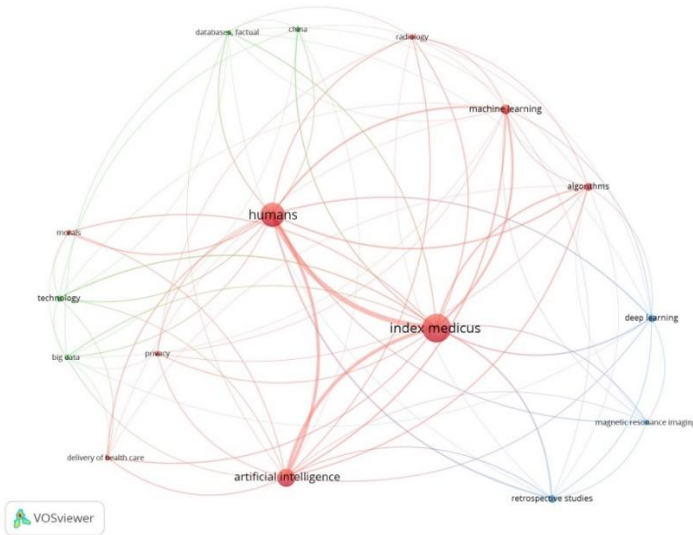
4.6. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

Con el análisis bibliométrico realizado se investigaron las intersecciones de la IA en el campo de la medicina, examinando su influencia en la toma de decisiones, los resultados en pacientes, y la eficiencia sanitaria.

Al analizar todas las aplicaciones de la IA en el espacio clínico, pudimos ver las tendencias actuales y las tecnologías que están reconfigurando la práctica médica y modelando la medicina del futuro. En esta sección también se exploraron los patrones de ocurrencias de las palabras clave, permitiendo revelar así temas de investigación clave e identificar nichos sobre IA en los cuales se debería profundizar en las futuras líneas de investigación.

La Tabla 1 representa las diez palabras clave más frecuentes junto con sus respectivos recuentos de frecuencia, asignando a cada término una puntuación de relevancia generada por el software VOSviewer. Esta colección de las diez palabras clave más utilizadas proporciona a su vez información sobre sus frecuencias individuales, así como la fuerza de interrelación agregada que representan.

FIGURA 4. Mapa visual de ocurrencias de palabras – frases



Fuente: Elaboración propia

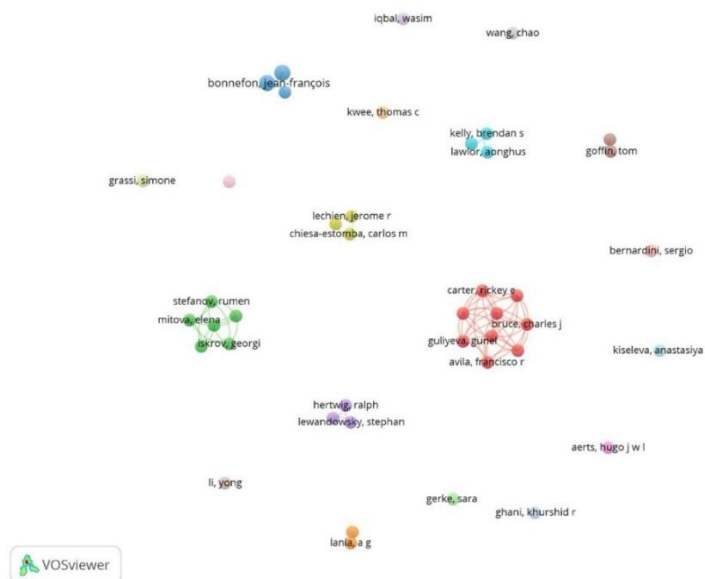
El análisis de los datos bibliográficos de los 110 artículos seleccionados permitió identificar un total de 63 palabras clave. De este conjunto de datos, se seleccionaron 25 palabras clave basadas en un umbral mínimo de aparición de nueve, como se muestra en la Figura 4.

TABLA 2. Autores de mayor relevancia en el campo de la IA y la salud

| Author | Documents | Total link strength |
|-----------------------|-----------|---------------------|
| avila, francisco r | 2 | 16 |
| boczar, daniel | 2 | 16 |
| bruce, charles j | 2 | 16 |
| carter, rickey e | 2 | 16 |
| forte, antonio jorge | 2 | 16 |
| giardi, davide | 2 | 16 |
| gulyeva, gunel | 2 | 16 |
| mcleod, christopher j | 2 | 16 |
| moore, pamela a | 2 | 16 |
| iskrov, georgi | 2 | 10 |

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 5. Mapa visual de frecuencias por autores

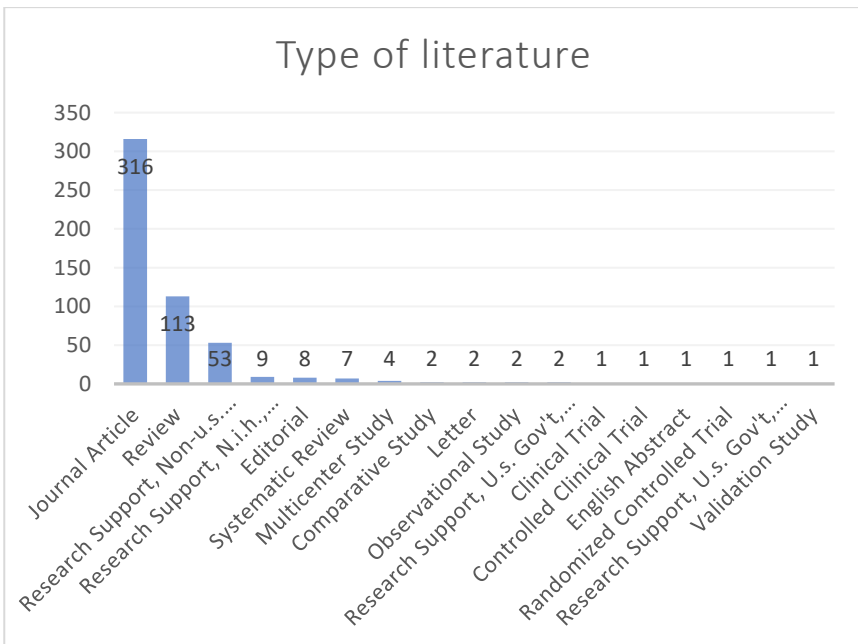


Fuente: Elaboración propia

Analizando las dinámicas de autoría en la investigación de IA, seleccionando específicamente a los contribuyentes con un mínimo de dos citas, se observó que, de los 110 autores considerados, 42 cumplieron con este umbral. La visualización de la red resultante, representada en la Figura 5, revela una variedad de conexiones aisladas que carece de los enlaces fuertemente entrelazados. Este hecho puede sugerir un grupo de autores altamente unificado, a la vez de una estructura de autoría diversa, y en gran medida independiente, dentro del campo de investigación.

Si nos atenemos al resultado del análisis de los artículos por tipo de documento, representando estos datos en el gráfico de la Figura 6, "Journal Article" encabeza la lista con n=316 entradas, seguido de "Review" con n=113, "Research Support, Non-u.s...." con n=53, y "Research Support – Extramural" con n=9.

FIGURA 6. Frecuencia de tipos de documento científico en IA en el campo de la salud



Fuente: Elaboración propia

4.7. MARCO REGULATORIO SOBRE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El marco regulatorio sobre IA está en pleno desarrollo a nivel global, reflejando la necesidad de equilibrar la innovación tecnológica con la protección de derechos fundamentales. En la Unión Europea, la Ley de Inteligencia Artificial (AI Act), propuesta en 2021, es una de las iniciativas más avanzadas y meritorias (Álamo & Martín, 2024). Esta normativa establece un enfoque basado en el riesgo, categorizando las aplicaciones de IA en diferentes niveles según su potencial impacto sobre la seguridad y los derechos humanos, desde un riesgo bajo hasta aplicaciones prohibidas, como aquellas que implican una vigilancia masiva o manipulación psicológica de los ciudadanos.

En Estados Unidos, no existe una ley federal específica para IA, pero se han promulgado diversas regulaciones sectoriales y estatales. La National Artificial Intelligence Initiative Act (2021) promueve la investigación y la coordinación de políticas para fomentar el desarrollo responsable de IA, mientras que estados como California han adoptado normativas sobre privacidad de datos que afectan el uso de algoritmos.

A nivel internacional, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura publicó en 2021 un documento con una serie de recomendaciones para un uso ético de la Inteligencia Artificial, que insta a los países a integrar principios éticos, como la equidad y la transparencia, en el desarrollo y uso de IA (Unesco, 2021).

5. DISCUSIÓN

5.1. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA SOBRE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN MEDICINA

El análisis realizado sugiere una falta de cohesión en la comunidad investigadora, lo que podría indicar una fragmentación en las áreas de investigación o un enfoque independiente entre los principales contribuyentes. Asimismo, la producción literaria, clasificada por tipo de documento, refleja el carácter formal y consolidado de la investigación en IA y medicina. Sin embargo, la menor cantidad de revisiones sistemáticas y de apoyos extramurales sugiere la necesidad de más estudios que

consoliden el conocimiento existente y fomenten la colaboración interdisciplinaria.

A pesar del crecimiento exponencial en la cantidad de publicaciones, los resultados de este estudio revelan que solo un número limitado de autores (42 de 110; 38%) cumple con el umbral de citas, lo que podría reflejar un fenómeno de concentración de impacto académico en un grupo reducido de investigadores.

La IA está revolucionando diversas especialidades médicas, destacando especialmente en radiología, urología, cardiología, oncología y cirugía. Sin embargo, a medida que la IA avanza, también surgen preocupaciones éticas, especialmente en cuanto a la transparencia de los algoritmos y la privacidad de los datos clínicos.

5.2. RESPONSABILIDAD Y SEGURIDAD DEL PACIENTE

La Ley AI-Act es una legislación pionera en la Unión Europea, con amplias implicaciones sobre cómo se aplica la IA en contextos médicos. Solaiman & Malik (2024) señalan que la ley tiene como objetivo transformar la relación tradicional médico-paciente mediante la integración de herramientas impulsadas por IA en entornos clínicos, con el fin de mejorar los resultados de los pacientes y crear un sistema de atención médica más orientado a los datos. La AI-Act enfatiza la importancia de la responsabilidad, exigiendo a los fabricantes de sistemas de IA que garanticen que sus productos cumplan con estrictos estándares de seguridad y ética. Sin embargo, la Ley no ofrece una guía clara sobre si el fabricante, el proveedor de atención médica o incluso la propia IA, es responsable (Hwang, 2024).

A medida que los sistemas de IA evolucionan a través del aprendizaje automático, garantizar que sigan cumpliendo con los estándares de seguridad establecidos es una tarea compleja cuya viabilidad no ha sido suficientemente cuestionada. El marco regulatorio debe ser lo suficientemente flexible para adaptarse a los rápidos avances en IA, asegurando al mismo tiempo que la seguridad del paciente siga siendo primordial (van Kolfshoeten, 2023).

Al enfatizar la transparencia, la AI-Act exige que los desarrolladores de IA revelen cómo sus algoritmos toman decisiones, como indicábamos previamente, viendo necesario que esta información quede grabada en su “black box” o caja negra, permitiendo a los proveedores de atención médica comprender las limitaciones y capacidades de la tecnología, ante la eventualidad de cualquier incidencia que merezca ser analizada.

Otra faceta a destacar en las regulaciones legales es el enfoque en la supervisión humana. Según Hernigou et al. (2023), la AI-Act describe una relación colaborativa entre los sistemas de IA y los profesionales de la salud. Es decir, en lugar de reemplazar a los médicos, los sistemas de IA están diseñados para asistirles proporcionando información basada en datos, pero manteniendo la relación médico-paciente. A pesar de esta intencionalidad, existen dudas razonables sobre cómo evolucionará y concretará la relación médico-paciente, y sus probables diferencias culturales.

Palmieri y Goffin (2023) destacan que la AI-Act clasifica los sistemas de IA según el nivel de riesgo que representan para los usuarios. Esta estructura por niveles asegura que los sistemas de alto riesgo, como aquellos utilizados en procedimientos médicos críticos, estén sujetos a un escrutinio más estricto, mientras que los sistemas de menor riesgo enfrentan menos obstáculos regulatorios.

Una de las principales preocupaciones es la falta de claridad respecto a la responsabilidad legal cuando los sistemas de IA fallan. Hwang y Dasgupta (2024) destacan la necesidad de pautas explícitas sobre la responsabilidad, sobre todo en casos donde las herramientas de IA toman decisiones erróneas o causan daño a los pacientes. El marco regulatorio actual no delimita si los proveedores de atención médica, los desarrolladores de IA o el propio sistema de IA deberían ser considerados responsables. Esta incertidumbre podría conducir a una reticencia entre los proveedores de atención médica para adoptar tecnologías de IA, estancando el progreso y su potencial influencia positiva.

El sesgo en los sistemas de IA presenta otro vacío significativo. Como argumenta Van Kolfshoeten (2023), la AI-Act no aborda adecuadamente cómo los sistemas de IA podrían perpetuar o exacerbar las disparidades en salud. Si estos sesgos no se mitigan activamente, existe el

riesgo de que la IA refuerce las inequidades, afectando particularmente a las poblaciones marginadas.

Las disposiciones adicionales de la AI-Act sobre el uso de la IA en la medicina genómica, en particular la edición del genoma somático, generan intranquilidad sobre los desafíos éticos y legales que plantean estas tecnologías. De hecho, Kiseleva (2022) advierte que, si bien la IA puede mejorar significativamente la precisión de la medicina genómica, también plantea nuevas preguntas legales y éticas en torno al consentimiento, la privacidad de los datos y su potencial uso indebido.

Otro vacío crítico radica en las regulaciones de salud y seguridad ocupacional (HSO) en relación con la IA. Jarota (2021) destaca que las leyes de HSO actuales no consideran adecuadamente las implicaciones de las tecnologías de IA para los trabajadores de la salud. A medida que los sistemas de IA y la robótica se integran más en la práctica clínica, los profesionales de la salud pueden enfrentarse con nuevos riesgos, como la dependencia excesiva de la IA o el desplazamiento laboral.

5.4. ABORDANDO LAS INEQUIDADES Y LOS SESGOS

Una de las preocupaciones más urgentes dentro del marco regulatorio de la IA de la Unión Europea es el potencial de la IA para perpetuar o exacerbar las disparidades en salud. Van Kolfshoeten (2023) advierte sobre el ciclo de inequidad en salud de la IA, donde los sistemas tecnológicos artificiales, si no se regulan adecuadamente, podrían empeorar las disparidades existentes en el acceso a la atención médica y, en consecuencia, los resultados en salud. Particularmente, para grupos marginados como los ancianos, las personas con discapacidades y aquellos de antecedentes socioeconómicos bajos, el riesgo de una atención diferenciada existe.

La AI-Act, si bien reconoce los riesgos del sesgo, no proporciona mecanismos específicos para identificar y mitigar el sesgo en los sistemas de IA. Como señalan Palmieri, Walraet y Goffin (2021), las regulaciones actuales no exigen a los desarrolladores de IA que aborden activamente los posibles sesgos en los conjuntos de datos utilizados para entrenar sus modelos. La falta de auditorías obligatorias de sesgos o evaluaciones de equidad representa un vacío significativo en el marco regulatorio.

Por otra parte, Van Kolfshootten (2023) destaca el problema del "edadismo digital", donde los sistemas de IA pueden desfavorecer a los adultos mayores, que a menudo están subrepresentados en los conjuntos de datos de entrenamiento. Esto es particularmente preocupante en áreas como la medicina de precisión, donde las herramientas impulsadas por IA se utilizan cada vez más para personalizar tratamientos en función de la información genética. Si los adultos mayores quedan excluidos de estos conjuntos de datos, es posible que no se beneficien del mismo nivel de atención que los pacientes más jóvenes, lo que lleva a resultados desiguales y a una sociedad menos inclusiva y solidaria.

5.5. MARCOS DE SEGURIDAD: OPORTUNIDADES Y DEFICIENCIAS

El marco de seguridad establecido por la AI-Act es una característica central del enfoque regulatorio de la UE hacia la IA en la atención médica. Su objetivo es garantizar que los sistemas de IA utilizados en entornos clínicos sean seguros, fiables y cumplan con estrictos estándares de rendimiento. Palmieri y Goffin (2023) sugieren que el marco legal no aborda el alcance completo de los riesgos asociados con la IA en la atención médica.

Una de las principales oportunidades que presenta el marco de seguridad de la AI-Act es el énfasis en las pruebas y validación previas a la comercialización. La ley requiere que los desarrolladores de IA demuestren que sus sistemas cumplen con rigurosos estándares de seguridad antes de que puedan ser utilizados en entornos clínicos. Sin embargo, el enfoque de la AI-Act en las pruebas de seguridad previas a la comercialización no tiene en cuenta completamente la naturaleza dinámica de los sistemas de IA. Como señalan Palmieri y Goffin (2023), los sistemas de IA suelen estar diseñados para aprender y adaptarse con el tiempo, lo que significa que su comportamiento puede cambiar después de haber sido implementados.

Si bien la IA tiene el potencial de mejorar los resultados en los procedimientos médico-quirúrgicos, también plantea preguntas sobre las responsabilidades legales y éticas de los participantes humanos y de IA en el procedimiento. La AI-Act no proporciona una guía clara sobre cómo debe compartirse la responsabilidad entre los proveedores de atención

médica en humanos, y los sistemas de IA que se deben exigir, sobre todo pensando en los casos en los que algo salga mal (Hernigou, 2023).

5.6. RIESGOS ÉTICOS E IMPLICACIONES DE DERECHOS HUMANOS

Las implicaciones éticas de la IA en la atención médica son profundas, especialmente en lo que respecta a la protección de los derechos humanos. Lebet (2023) discute el papel de la IA en el trasplante de órganos, donde se utilizan algoritmos para asignar órganos escasos a pacientes. Si bien la IA puede ayudar a garantizar que los órganos se distribuyan de manera más eficiente, también genera preocupaciones sobre la equidad y la transparencia. Si los algoritmos utilizados para asignar órganos están sesgados o se basan en datos defectuosos, podrían conducir a resultados inequitativos, socavando los principios éticos que sustentan el sistema de donación y trasplante.

Como advierte Roscam (2020), si bien las tecnologías innovadoras en la atención médica, incluida la IA, ofrecen grandes promesas, también conllevan riesgos significativos. En la medicina genómica, particularmente en el contexto de la edición del genoma somático, presenta riesgos éticos adicionales, como la selección de embriones a la carta. Kiseleva (2022) argumenta que la capacidad de la IA para mejorar la medicina de precisión debe equilibrarse con los desafíos éticos y legales que plantea.

Los principios éticos consagrados en la Declaración de Helsinki de la OMS (World Medical Association, 2023), que establece pautas para la investigación médica que involucra a sujetos humanos, son especialmente relevantes en el contexto de la IA. A medida que las tecnologías de inteligencia artificial se difunden y se utilizan cada vez más en la investigación, y en la práctica clínica, es esencial asegurar que cumplan con estos estándares éticos.

5.7. CONSIDERACIONES DE SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL

A medida que la IA se vuelve más presente en la atención médica, no solo los pacientes se ven afectados, sino también los trabajadores de la salud. Éstos deben navegar en este paisaje cambiante complejo e incierto. Jarota (2021) expresa varias preocupaciones sobre el impacto de

la IA en la salud y seguridad ocupacional (HSO) en entornos de atención médica. La integración de sistemas de inteligencia artificial y robótica en la práctica clínica introduce nuevos riesgos para los trabajadores de la salud, incluidos el desplazamiento laboral, la dependencia excesiva de la IA y la necesidad de adquirir nuevas habilidades para interactuar de manera eficiente con estas tecnologías.

Las regulaciones actuales de HSO en la Unión Europea no abordan adecuadamente estos desafíos. A medida que los sistemas de IA se vuelven más sofisticados, surge la necesidad de normativas que protejan a los trabajadores de la salud de los riesgos potenciales asociados con las tecnologías impulsadas por IA. Esto incluye garantizar que los trabajadores estén debidamente capacitados para utilizar los sistemas de IA, proporcionar protección emocional ante el desplazamiento laboral que supone ceder el protagonismo a la IA y abordar el impacto psicológico de trabajar junto a una tecnología artificial.

Adicionalmente, el uso creciente de la IA en la atención médica plantea preguntas sobre las implicaciones a largo plazo para la fuerza laboral en el sector de la salud. Si los sistemas de inteligencia artificial se vuelven más capaces de realizar tareas que tradicionalmente han sido realizadas por humanos, como diagnosticar enfermedades o realizar cirugías, esto podría llevar a cambios significativos en la profesión que supondrán una redefinición de la salud y del sistema encargado de su diseño, organización e implementación.

6. CONCLUSIONES

Ante la creciente influencia de la robótica y de la IA en la sociedad (Álamo, 2024), la medicina y la atención médica son protagonistas privilegiados de oportunidades para multiplicar la productividad. La IA tiene la capacidad de mejorar la eficiencia y la precisión en la práctica médica, desde la robótica y automatización de flujos de trabajo clínicos hasta la mejora de la precisión diagnóstica. Sin embargo, a medida que la inteligencia artificial se arraiga más en la atención médica, es crucial abordar consideraciones prácticas y éticas, que incluyen garantizar un mejor resultado humano, el respeto de la privacidad de los datos,

minimizar los sesgos algorítmicos y mantener la supervisión humana en la toma de decisiones clínicas.

El marco regulatorio europeo para la IA en la atención médica, particularmente el AI-Act, representa un paso crítico para abordar los desafíos éticos, legales y de seguridad que plantea esta tecnología en rápida evolución. Sin embargo, como ha mostrado este análisis, aún quedan importantes vacíos. Las disposiciones del AI-Act sobre responsabilidad legal, sesgos y salud, así como también lo referente a la seguridad ocupacional, son insuficientes para abordar completamente los problemas complejos que surgen de la integración de la IA en la atención médica. Además, aunque el AI-Act enfatiza la seguridad del paciente y la responsabilidad en el uso de las tecnologías inteligentes artificiales, no proporciona directrices claras sobre cómo gestionar la naturaleza dinámica de los sistemas de IA, particularmente en entornos de alto riesgo, como la cirugía y la medicina genómica.

De cara al futuro, la Unión Europea, como uno de los referentes intelectuales del mundo, debe refinar su enfoque regulatorio sobre la IA en la atención médica para garantizar que la normativa sea tanto integral como lo suficientemente flexible para mantenerse al día con los avances tecnológicos. Esto incluye aclarar las responsabilidades legales, abordar las inequidades en salud y garantizar que los sistemas de IA estén sujetos a una monitorización y evaluación continuos después de su implementación. Al incorporar estos elementos en el marco regulatorio, la UE puede ayudar a fomentar un sistema de atención médica que promueva la innovación mientras protege los derechos, la seguridad y la dignidad de los pacientes.

El análisis bibliométrico realizado reveló redes colaborativas y contribuciones clave para la investigación de la IA en la salud, así como también resultados sobre los estudios más citados, siendo capaces de identificar obras claves, áreas de investigación emergentes, patrones de prioridades, redes de colaboración y vacíos que pueden ser llenados en líneas de investigación futuras.

7. REFERENCIAS

- Álamo, P. (2024). La influencia de la Robótica y la Inteligencia Artificial en México. En Moros Ochoa, María Andreina & al. (Eds), *La sociedad frente a la Robótica y la Inteligencia Artificial (ROB+IA): confianza y expectativas* (4). CESA. ISBN 978-958-8988-96-2 (digital).
- Arora, P., Singh, P., Girdhar, A., & Vijayvergiya, R. (2023). *A state-of-the-art review on coronary artery border segmentation algorithms for intravascular ultrasound (IVUS) images*. *Cardiovascular Engineering and Technology*, 14(2), 264-295. doi:<https://doi.org/10.1007/s13239-023-00654-6>
- Bahae, J., Plott, J., & Ghani, K. R. (2021). *Single-use flexible ureteroscopes: How to choose and what is around the corner?* *Current Opinion in Urology*, 31(2), 87-94. doi:<https://doi.org/10.1097/MOU.0000000000000852>
- Bao, D., Zhao, Y., Li, L., Lin, M., Zhu, Z., Yuan, M.,... Luo, D. (2022). *A MRI-based radiomics model predicting radiation-induced temporal lobe injury in nasopharyngeal carcinoma*. *European Radiology*, 32(10), 6910-6921. doi:<https://doi.org/10.1007/s00330-022-08853-w>
- Borgheresi, R., Barucci, A., Colantonio, S., Aghakhanyan, G., Assante, M., Bertelli, E.,... NAVIGATOR, C. G. (2022). *NAVIGATOR: An italian regional imaging biobank to promote precision medicine for oncologic patients*. *European Radiology Experimental*, 6(1), 53. doi:<https://doi.org/10.1186/s41747-022-00306-9>
- Cacciamani, G. E., Chen, A., Gill, I. S., & Hung, A. J. (2024). *Artificial intelligence and urology: Ethical considerations for urologists and patients*. *Nature Reviews.Urology*, 21(1), 50-59. doi:<https://doi.org/10.1038/s41585-023-00796-1>
- Chen, L., Yang, S., Chuang, C., Wang, H., Chen, Y., Lin, M.,... Chen, C. (2022). *Solid attenuation components attention deep learning model to predict micropapillary and solid patterns in lung adenocarcinomas on computed tomography*. *Annals of Surgical Oncology*, 29(12), 7473-7482. doi:<https://doi.org/10.1245/s10434-022-12055-5>
- Checucci, E., De Cillis, S., Granato, S., Chang, P., Afyouni, A. S., Okhunov, Z., & Uro-technology and SoMe Working Group of the Young Academic Urologists Working Party of the European Association, of Urology. (2020). *Applications of neural networks in urology: A systematic review*. *Current Opinion in Urology*, 30(6), 788-807. doi:<https://doi.org/10.1097/MOU.0000000000000814>

- Cuocolo, R., & Imbriaco, M. (2021). *Machine learning solutions in radiology: Does the emperor have no clothes?* doi:<https://doi.org/10.1007/s00330-021-07895-w>
- Di Jiang, M., Zhang, X. L., Liu, H., Tang, C. X., Li, J. H., Wang, Y. N.,... Zhang, L. J. (2021). *The effect of coronary calcification on diagnostic performance of machine learning-based CT-FFR: A chinese multicenter study*. *European Radiology*, 31(3), 1482-1493. doi:<https://doi.org/10.1007/s00330-020-07261-2>
- Galbusera, F., & Cina, A. (2024). *Image annotation and curation in radiology: An overview for machine learning practitioners*. *European Radiology Experimental*, 8(1), 11. doi:<https://doi.org/10.1186/s41747-023-00408-y>
- Gleeson, F., Revel, M., Biederer, J., Larici, A. R., Martini, K., Frauenfelder, T.,... Parkar, A. P. (2023). Implementation of artificial intelligence in thoracic imaging-a what, how, and why guide from the european society of thoracic imaging (ESTI). *European Radiology*, 33(7), 5077-5086. doi:<https://doi.org/10.1007/s00330-023-09409-2>
- Gómez Rivas, J., Toribio-Vázquez, C., Taratkin, M., Marengo, J. L., & Grossmann, R. (2021). *Autonomous robots: A new reality in healthcare? A project by european association of urology-young academic urologist group*. *Current Opinion in Urology*, 31(2), 155-159. doi:<https://doi.org/10.1097/MOU.0000000000000842>
- Hashemi Gheinani, A., Kim, J., You, S., & Adam, R. M. (2024). *Bioinformatics in urology - molecular characterization of pathophysiology and response to treatment*. *Nature Reviews.Urology*, 21(4), 214-242. doi:<https://doi.org/10.1038/s41585-023-00805-3>
- Hernigou, P., Lustig, S., & Caton, J. (2023). Artificial intelligence and robots like us (surgeons) for people like you (patients): Toward a new human-robot-surgery shared experience. what is the moral and legal status of robots and surgeons in the operating room? doi:<https://doi.org/10.1007/s00264-023-05690-4>
- Hernigou, P., Lustig, S., & Caton, J. (2023). Artificial intelligence and robots like us (surgeons) for people like you (patients): toward a new human-robot-surgery shared experience. *International Orthopaedics*, 47(2), 289-294.
- Huffman, N., Pasqualini, I., Khan, S. T., Klika, A. K., Deren, M. E., Jin, Y.,... Piuzzi, N. S. (2024). *Enabling personalized medicine in orthopaedic surgery through artificial intelligence: A critical analysis review*. *JBJS Reviews*, 12(3) doi:[e23.00232](https://doi.org/10.2196/23.00232)
- Huynh, E., Hosny, A., Guthier, C., Bitterman, D. S., Petit, S. F., Haas-Kogan, D.,... Mak, R. H. (2020). *Artificial intelligence in radiation oncology*. *Nature Reviews.Clinical Oncology*, 17(12), 771-781. doi:<https://doi.org/10.1038/s41571-020-0417-8>

- Hwang, T. J., & Dasgupta, P. (2024). Urgently clarify how AI can be used in medicine under new EU law. *Nature*, 632(8027), 985.
- Kelly, B. S., Judge, C., Bollard, S. M., Clifford, S. M., Healy, G. M., Aziz, A.,... Killeen, R. P. (2022). *Radiology artificial intelligence: A systematic review and evaluation of methods (RAISE)*. *European Radiology*, 32(11), 7998-8007. doi:<https://doi.org/10.1007/s00330-022-08784-6>
- Kelly, B. S., Quinn, C., Belton, N., Lawlor, A., Killeen, R. P., & Burrell, J. (2023). *Cybersecurity considerations for radiology departments involved with artificial intelligence*. *European Radiology*, 33(12), 8833-8841. doi:<https://doi.org/10.1007/s00330-023-09860-1>
- Kiseleva, A. (2022). Somatic Genome Editing with the Use of AI: Big Promises but Doubled Legal Issues. *European Journal of Health Law*, 29(3-5), 381-408.
- Kringel, D., Kaunisto, M. A., Kalso, E., & Lötsch, J. (2019). Machine-learned analysis of the association of next-generation sequencing-based genotypes with persistent pain after breast cancer surgery. *Pain*, 160(10), 2263-2277. doi:<https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001616>
- Kurzrock, R., Kantarjian, H. M., Kesselheim, A. S., & Sigal, E. V. (2020). *New drug approvals in oncology*. *Nature Reviews.Clinical Oncology*, 17(3), 140-146. doi:<https://doi.org/10.1038/s41571-019-0313-2>
- Lebret, A. (2023). Allocating organs through algorithms and equitable access to transplantation - a European human rights law approach. *Journal of Law and the Biosciences*, 10(1), Isad004.
- Lechien, J. R., Georgescu, B. M., Hans, S., & Chiesa-Estomba, C. (2024). *ChatGPT performance in laryngology and head and neck surgery: A clinical case-series*. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology : Official Journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : Affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 281(1), 319-333. doi:<https://doi.org/10.1007/s00405-023-08282-5>
- Lechien, J. R., Maniaci, A., Gengler, I., Hans, S., Chiesa-Estomba, C., & Vaira, L. A. (2024). Validity and reliability of an instrument evaluating the performance of intelligent chatbot: The artificial intelligence performance instrument (APII). *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology : Official Journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : Affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 281(4), 2063-2079. doi:<https://doi.org/10.1007/s00405-023-08219-y>

- Liu, W., Liu, M., Guo, X., Zhang, P., Zhang, L., Zhang, R.,... Xie, S. (2020). Evaluation of acute pulmonary embolism and clot burden on CTPA with deep learning. *European Radiology*, 30(6), 3567-3575. doi:https://doi.org/10.1007/s00330-020-06699-8
- Maris, M. T., Koçar, A., Willems, D. L., Pols, J., Tan, H. L., Lindinger, G. L., & Bak, M. A. R. (2024). Ethical use of artificial intelligence to prevent sudden cardiac death: An interview study of patient perspectives. *BMC Medical Ethics*, 25(1), 42. doi:https://doi.org/10.1186/s12910-024-01042-y
- Marcus, E., & Teuwen, J. (2024). Artificial intelligence and explanation: How, why, and when to explain black boxes. *European Journal of Radiology*, 173, 111393. doi:https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2024.111393
- Miao, F., Wu, D., Liu, Z., Zhang, R., Tang, M., & Li, Y. (2023). Wearable sensing, big data technology for cardiovascular healthcare: Current status and future prospective. *Chinese Medical Journal*, 136(9), 1015-1025. doi:https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000002117
- Monah, S. R., Wagner, M. W., Biswas, A., Khalvati, F., Erdman, L. E., Amirabadi, A.,... Ertl-Wagner, B. (2022). Data governance functions to support responsible data stewardship in pediatric radiology research studies using artificial intelligence. *Pediatric Radiology*, 52(11), 2111-2119. doi:https://doi.org/10.1007/s00247-022-05427-2
- Morales-Martinez, A., Nichelli, L., Hernandez-Verdin, I., Houillier, C., Alentorn, A., & Hoang-Xuan, K. (2022). Prognostic factors in primary central nervous system lymphoma. *Current Opinion in Oncology*, 34(6), 676-684. doi:https://doi.org/10.1097/CCO.0000000000000896
- Palmieri, S., & Goffin, T. (2023). A Blanket That Leaves the Feet Cold: Exploring the AI Act Safety Framework for Medical AI. *European Journal of Health Law*, 30(4), 406-427.
- Palmieri, S., Walraet, P., & Goffin, T. (2021). Inevitable Influences: AI-Based Medical Devices at the Intersection of Medical Devices Regulation and the Proposal for AI Regulation. *European Journal of Health Law*, 28(4), 341-358. Springer: Cham, Switzerland, 2021. Patole Sanjay Principles and Practice of Systematic Reviews and Meta-Analysis;
- Pesapane, F., Volonté, C., Codari, M., & Sardanelli, F. (2018). Artificial intelligence as a medical device in radiology: Ethical and regulatory issues in europe and the united states. *Insights into Imaging*, 9(5), 745-753. doi:https://doi.org/10.1007/s13244-018-0645-y
- Recht, M. P., Dewey, M., Dreyer, K., Langlotz, C., Niessen, W., Prainsack, B., & Smith, J. J. (2020). Integrating artificial intelligence into the clinical practice of radiology: Challenges and recommendations. *European Radiology*, 30(6), 3576-3584. doi:https://doi.org/10.1007/s00330-020-06672-5

- Roscam Abbing, H. (2020). *Innovative Technologies in Healthcare, Beware of the Pitfalls*. *European Journal of Health Law*, 27(1), 1-8.
- Smits, M. (2021). *MRI biomarkers in neuro-oncology*. *Nature Reviews Neurology*, 17(8), 486-500. doi:<https://doi.org/10.1038/s41582-021-00510-y>
- Solaiman, B., & Malik, A. (2024). Regulating algorithmic care in the European Union: evolving doctor–patient models through the Artificial Intelligence Act (AI-Act) and the liability directives. *Medical Law Review*, fwae033. <https://doi.org/10.1093/medlaw/fwae033>
- Somani, B., & Ghani, K. R. (2021). Editorial: *Future of kidney stone management*. doi:<https://doi.org/10.1097/MOU.0000000000000848>
- Suh, Y. J., Kim, C., Lee, J., Oh, H., Kang, H., Kim, Y., & Yang, D. H. (2023). *Fully automatic coronary calcium scoring in non-ECG-gated low-dose chest CT: Comparison with ECG-gated cardiac CT*. *European Radiology*, 33(2), 1254-1265. doi:<https://doi.org/10.1007/s00330-022-09117-3>
- Tan, W. Y., Sharma, A., Das, P., & Ahuja, N. (2023). *Early detection of cancers in the era of precision oncology*. *Current Opinion in Oncology*, 35(2), 115-124. doi:<https://doi.org/10.1097/CCO.0000000000000931>
- Thompson, R. F., Valdes, G., Fuller, C. D., Carpenter, C. M., Morin, O., Aneja, S.,... Thomas, C. R. (2018). *Artificial intelligence in radiation oncology: A specialty-wide disruptive transformation?* *Radiotherapy and Oncology : Journal of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology*, 129(3), 421-426. doi:<https://doi.org/10.1016/j.radonc.2018.05.030>
- Tsai, A. (2022). *A deep learning approach to automatically quantify lower extremity alignment in children*. *Skeletal Radiology*, 51(2), 381-390. doi:<https://doi.org/10.1007/s00256-021-03844-2>
- van Kolfschooten, H. (2023). The AI cycle of health inequity and digital ageism: mitigating biases through the EU regulatory framework on medical devices. *Journal of Law and the Biosciences*, 10(2), lsad031.
- Weber, J. E., Ahmadi, M., Boldt, L., Eckardt, K., Edelmann, F., Gerhardt, H.,... Pischon, T. (2023). Protocol of the berlin long-term observation of vascular events (BeLOVE): A prospective cohort study with deep phenotyping and long-term follow up of cardiovascular high-risk patients. *BMJ Open*, 13(10), 1. doi:<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-076415>

- Weikert, T., Winkel, D. J., Bremerich, J., Stieltjes, B., Parmar, V., Sauter, A. W., & Sommer, G. (2020). *Automated detection of pulmonary embolism in CT pulmonary angiograms using an AI-powered algorithm*. *European Radiology*, 30(12), 6545-6553. doi:<https://doi.org/10.1007/s00330-020-06998-0>
- Wichmann, J. L., Willeminck, M. J., & De Cecco, C.,N. (2020). Artificial intelligence and machine learning in radiology: Current state and considerations for routine clinical implementation. *Investigative Radiology*, 55(9), 619-627. doi:<https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000673>
- Wong, L. M., King, A. D., Ai, Q. Y. H., Lam, W. K. J., Poon, D. M. C., Ma, B. B. Y.,... Mo, F. K. F. (2021). *Convolutional neural network for discriminating nasopharyngeal carcinoma and benign hyperplasia on MRI*. *European Radiology*, 31(6), 3856-3863. doi:<https://doi.org/10.1007/s00330-020-07451-y>
- World Medical Association. (2023). *WMA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects*. <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/>
- Zucker, E. J. (2023). *Compact pediatric cardiac magnetic resonance imaging protocols*. *Pediatric Radiology*, 53(7), 1336-1351. doi:<https://doi.org/10.1007/s00247-022-05447-y>
- Yang, B., Veneziano, D., & Somani, B. K. (2020). *Artificial intelligence in the diagnosis, treatment and prevention of urinary stones*. *Current Opinion in Urology*, 30(6), 782-787. doi:<https://doi.org/10.1097/MOU.0000000000000820>
- You, J. B., McCallum, C., Wang, Y., Riordon, J., Nosrati, R., & Sinton, D. (2021). *Machine learning for sperm selection*. *Nature Reviews. Urology*, 18(7), 387-403. doi:<https://doi.org/10.1038/s41585-021-00465-1>
- Zhang, P.; Kamel Boulos, M.N. (2023) *Generative AI in Medicine and Healthcare: Promises, Opportunities and Challenges*. *Future Internet*, 15, 286. <https://doi.org/10.3390/fi15090286>

TENDENCIAS DE LOS SESGOS EN LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

SOFIA APARISI-TORRIJO

Universitat Politècnica de València (UPV)

SOFIA ESTELLÉS-MIGUEL

Universitat Politècnica de València (UPV)

MARIA ALEJANDRA MILLÁN-FRANCO

Universitat Politècnica de València (UPV)

CARLOS RUEDA-ARMENGOT

Universitat Politècnica de València (UPV)

1. INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial (IA) está transformando numerosos sectores, desde la sanidad y las finanzas hasta la educación y el transporte entre otros, permitiendo avances significativos en el análisis de datos, la automatización de procesos y la toma de decisiones. Por ello, se estima que el impacto de la IA en el conjunto de la economía mundial puede llegar a alcanzar el 14% del producto interior bruto mundial para 2030 (Rao A, Verweij G, 2017). Estas estimaciones generan un alto deseo por parte de todos los actores de desarrollar la industria de la IA con mayor velocidad (Hall & Pesenti, 2017).

Sin embargo, a pesar de sus numerosas ventajas, debemos ser conscientes también de los posibles efectos adversos de la IA. Está probada la parcialidad en los sistemas de IA que atañen un amplio contexto multidisciplinar (Ntoutsi et al., 2020). La IA está sujeta a sesgos que pueden tener consecuencias perjudiciales (Binns, 2018). El sesgo, en términos algorítmicos, es como un error sistemático o una tendencia inesperada a favorecer un resultado sobre otro (Mehrabi et al., 2021). Los posibles

sesgos existentes en la IA hacen persistentes las desigualdades provocando discriminaciones evidentes (Leavy, 2018). Estos sesgos pueden proceder de diversas fuentes, como los datos utilizados para entrenar los modelos, los propios algoritmos o las personas que los diseñan y los despliegan (Barocas & Selbst, 2016).

Los sesgos en IA pueden clasificarse en varias categorías, cada una con implicaciones específicas para la imparcialidad y eficacia de los sistemas automatizados. De este modo, encontramos los sesgos de datos, que se producen cuando los datos utilizados para entrenar un modelo de IA no son representativos de la población objetivo. Esto puede incluir el sesgo histórico, el sesgo de selección y el sesgo de observación (Barocas et al., 2023).

Los sesgos algorítmicos se producen cuando los propios algoritmos introducen distorsiones en los resultados. Esto puede deberse a suposiciones implícitas o a estructuras de modelos que favorecen determinados resultados. Los sesgos en los algoritmos de IA son una preocupación creciente, ya que pueden conducir a la discriminación y la injusticia, exacerbando las desigualdades sociales existentes. Según Noble (2018), los algoritmos pueden perpetuar y amplificar los estereotipos raciales y de género, ya que a menudo se entrenan con conjuntos de datos que reflejan sesgos humanos. Por ejemplo, algunos estudios han demostrado que los sistemas de reconocimiento facial son menos precisos a la hora de identificar a las personas de color que a las blancas, lo que puede dar lugar a errores e injusticias en contextos como la actuación policial y la contratación (Buolamwini y Gebru, 2018).

Los sesgos de interacción se producen cuando los usuarios interactúan con los sistemas de IA de forma que refuerzan los sesgos existentes. Por ejemplo, si un asistente de voz se utiliza a menudo de una determinada manera, puede aprender comportamientos sesgados de estas interacciones. Zou y Schiebinger (2018) examinaron cómo las interacciones entre usuarios y sistemas pueden exacerbar los sesgos.

Los sesgos de diseño se producen cuando las elecciones de los diseñadores, ya sean explícitas o implícitas, introducen sesgos en los sistemas de IA. Los valores y perspectivas de los diseñadores pueden reflejarse

en la funcionalidad del sistema rompiendo con la imparcialidad. Binns (2018) abordó la cuestión del diseño justo utilizando principios filosóficos para mejorar la imparcialidad de los sistemas de IA (Binns, 2018).

El sesgo de despliegue surge cuando los sistemas de IA se despliegan en contextos que amplifican las desigualdades existentes o crean nuevas formas de discriminación. El contexto de uso puede modificar la forma en que los sesgos afectan a los resultados, como por ejemplo el uso de la IA en el despliegue equitativo de las tecnologías de reconocimiento facial (Raji & Buolamwini, 2019).

Cada tipo de sesgo requiere estrategias específicas para ser identificado y mitigado para garantizar la equidad y la eficacia de los sistemas de IA (Ferrara, 2024).

Además, existen diversas categorías sociales y culturales en las que están presentes los sesgos, como las de género, la racial y étnica, las de grupos socio-económico, las de edad, las de discapacidad, las de religión, entre otras, que se manifiestan en diferentes campos y sectores, tanto económicos como socioculturales (Norton et al., 2004). Los sesgos condicionan la toma de decisiones puesto que éstos van a influir en los comportamientos a través de esquemas de memoria que se construyen con interacciones entre mentes sesgadas. Las interacciones entre mentes sesgadas dan como resultado un comportamiento que sigue un esquema de memoria que va a condicionar la toma de decisiones (Soon, 2020).

Muchas de las decisiones tomadas sobre la vida de las personas en relación con las finanzas, el empleo u otros ámbitos sociales, se adoptan a través del uso de sistemas de puntuación alimentados por algoritmos potencialmente sesgados (Citron & Pasquale, 2014), y como todas las tecnologías anteriores, la IA también va a reflejar los valores de sus creadores (Crawford, 2016).

Para evitar que los algoritmos sesgados influyan en las decisiones de nuestra sociedad, es esencial que haya diversidad en el ámbito del aprendizaje automático incluyendo perspectivas críticas (Leavy, 2018). La diversidad en el desarrollo de tecnologías de aprendizaje automático podría acelerar la resolución del problema del sesgo mediante una

mejor evaluación de los datos de formación, la incorporación de conceptos de equidad en los algoritmos y la evaluación del impacto potencial del sesgo en el contexto del uso previsto de la tecnología (Kilbertus et al., 2017).

Sin embargo, apenas se han tenido en cuenta las décadas de investigación de los diferentes sesgos, olvidando incorporar las diferentes teorías de género, raciales y étnicas, en el enfoque del aprendizaje automático a partir de datos textuales pudiendo así evitar el aprendizaje sesgado y la necesidad de modificar los algoritmos (Leavy, 2018).

2. OBJETIVOS

Este análisis se ha redactado con el objetivo de conocer las tendencias en la investigación sobre los sesgos existentes en el uso de la IA para ayudar tanto a los académicos a evaluar críticamente la investigación actual sobre IA, como también a los profesionales que diseñan y despliegan la IA, así como a los usuarios que la interpretan los resultados y toman decisiones.

Por todo ello, deseamos entender cuáles son las principales tendencias visibles y orientaciones futuras en la investigación de los sesgos en la IA ya que conocer la existencia de sesgos y saber reconocerlos es el primer paso para evitar desigualdades.

Se espera con este trabajo aportar recursos valiosos para guiar tanto a los técnicos profesionales que intervienen en la programación de la IA, así como para los que interpretan los resultados y toman decisiones como los usuarios finales, como los investigadores.

3. METODOLOGÍA

Este estudio emplea el análisis bibliométrico para explorar el foco de investigación activo e influyente y las posibles vías de investigación futura en el campo de los sesgos en la IA. La metodología bibliométrica basada en el análisis estadístico de las publicaciones académicas (Pritchard, 1969), proporciona una visión objetiva e imparcial de un campo de investigación (Zupic & Čater, 2015). El enfoque es

sistemático, fácilmente reproducible, fiable y transparente, y utiliza mediciones estadísticas para evaluar la ciencia, los investigadores y su producción científica (Aria & Cuccurullo, 2017). Los estudios bibliométricos encuentran aplicaciones en diversos campos de la investigación en ciencias sociales como la gestión (Podsakoff et al., 2008) o la gestión del conocimiento (Gaviria-Marín, 2021).

Se siguen las recomendaciones de Zupic & Čater (2015), con un flujo de trabajo de cinco pasos: Diseño del estudio; Construcción y recopilación del conjunto de datos; Análisis de los datos; Visualización de los datos e Interpretación.

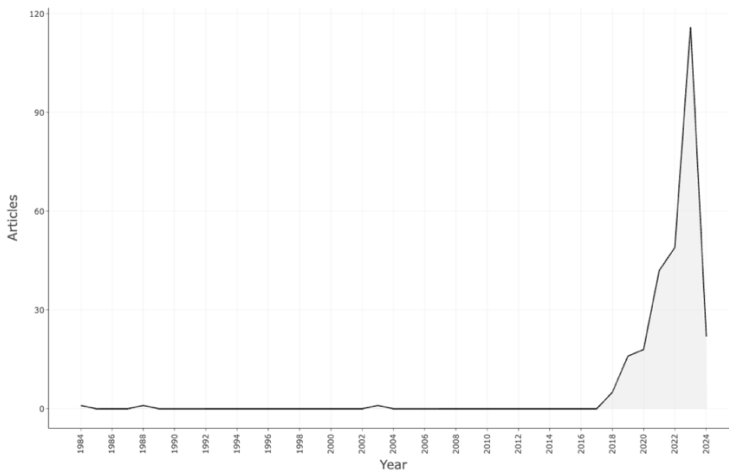
El estudio se diseña con la pregunta de investigación predefinida que constituye un examen transversal de los artículos que informan investigaciones originales sobre los sesgos en la IA.

El paso siguiente es la recogida de datos con un esquema de búsqueda desarrollado para artículos científicos en el nicho estudiado. Se utiliza la base de datos Web of Science (WoS) core collection por su contenido de alta calidad y reconocimiento científico (Baier-Fuentes et al., 2019). La búsqueda utiliza los términos "Artificial Intelligence" or "IA" y "bias*" en el Título. Obteniendo 350 trabajos. No se limita el marco temporal puesto que la mayor parte de las publicaciones se registran a partir del 2019 (ver Figura 1) y se incluyen los trabajos realizados hasta marzo de 2024. Además, se incluyen diferentes tipos de trabajos como artículos, artículos *early access*, revisiones, publicaciones de congresos, y capítulos de libro guardando únicamente los artículos en inglés. Tras la revisión de los resúmenes, el conjunto de datos final esta formado por 271 artículos. Se descargan todos los metadatos disponibles de WoS para estos artículos.

La base de datos resultante es formada por 271 artículos publicados en 219 revistas. 174 son artículos y 36 revisiones y 54 *proceedings papers*. La base de artículos comprende más de 13.160 referencias escritas por 1.043 autores, con 14.11 citas de media. El 29,15% de los artículos tienen coautores internacionales.

Las fases de análisis, visualización e interpretación de los datos se comentan en la sección Resultados.

FIGURA 1. Distribución de los documentos publicados por año en el ámbito de la investigación sobre los sesgos en la IA.



Fuente: Elaboración con Bibliometrix con la base the WoS (2024).

4. RESULTADOS

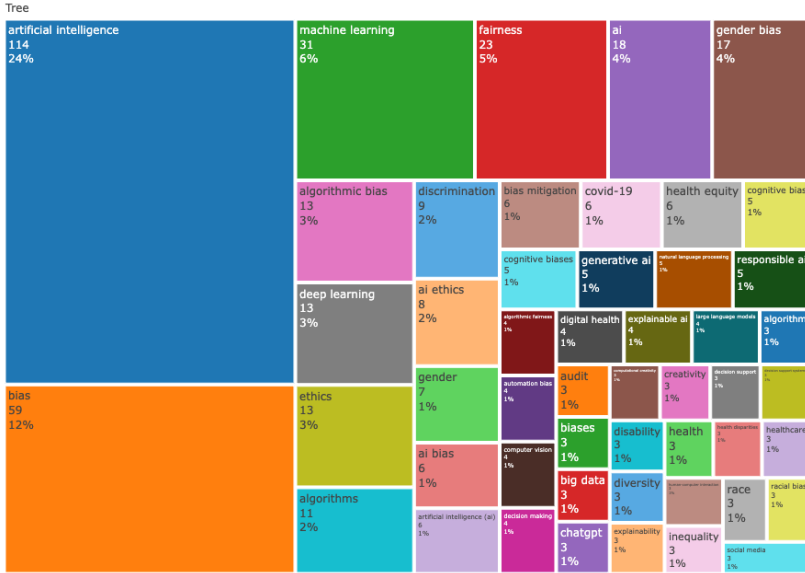
Para comprender el campo de investigación de los sesgos en la IA, llevamos a cabo un análisis de palabras clave de autor de la colección bibliográfica, ya que representan los términos elegidos por los autores que mejor reflejan su investigación. El análisis de esas palabras clave representa una forma de comprender el tema central de un artículo de investigación (Su & Lee, 2010) y explorar las relaciones existentes y futuras en el campo de estudio.

Un total de 692 palabras clave aparecen en los 271 documentos analizados. Tal y como se observa en la Figura 2, las palabras clave *artificial intelligence* (inteligencia artificial) y *bias* (sesgo) representan el 36% de las 50 palabras que más co-ocurren y constituyen el objeto de estudio. El sesgo es una tendencia sistemática en un modelo a favorecer a un grupo socio-demográfico frente a otro, que puede generar injusticia (Fletcher et al., 2021). Se observa que el 6% de las palabras más ocurrences son *machine learning* (aprendizaje automático). El *machine learning* es una disciplina del campo de la IA que, a través de algoritmos, dota a los ordenadores de la capacidad de tomar decisiones

óptimas al identificar patrones en datos masivos dado un conjunto de datos (Fletcher et al., 2021). Este aprendizaje permite realizar tareas específicas de forma autónoma, sin necesidad de ser programados. Aparece la palabra *fairness* (equidad) con un 5%). Una consideración importante de un algoritmo de toma de decisiones es la imparcialidad de sus decisiones. A diferencia del sesgo, la imparcialidad de un modelo se juzga en función de un conjunto de principios legales o éticos, que tienden a variar según el gobierno y la cultura local por lo que es fácil producir resultados injustos con respecto esos grupos (Fletcher et al., 2021). Algunos autores sugieren que es necesario ir más allá de los algoritmos tradicionales de IA e integrar principios éticos y jurídicos para garantizar el bien social (Ntoutsis et al., 2020). De cualquier modo, es necesario contar con un marco para evaluar la imparcialidad de tales decisiones.

También con el mismo porcentaje aparecen los "sesgos de género", con *gender bias* y *gender*. Este sesgo es uno de los más investigados porque la sobrerrepresentación de los hombres en el diseño de la IA es llamativo y podría deshacer silenciosamente décadas de avances en la igualdad de género (Leavy, 2018). El 4% de las palabras clave es *artificial intelligence* (inteligencia artificial). Es interesante observar que en las palabras clave, el sesgo racial aparece únicamente con el 2% con las palabras *race* (raza) y *racial bias* (sesgo racial). La IA, y sus diferentes disciplinas, deben utilizarse con cautela debido a problemas de equidad y sesgos que pueden surgir si no se aplican correctamente (Fletcher et al., 2021). En añadido, se observa que las palabras relacionadas con discriminación y desigualdad representan el 3% de la base. También destaca el sector de la salud en el estudio de los sesgos con las palabras *health equity*, *health*, *digital health*, *health disparities* y *healthcare* que entre todas las palabras relacionadas constituyen el 5% de la base, por lo que se puede afirmar que este sector está más que consolidado en la investigación de sesgos en la IA.

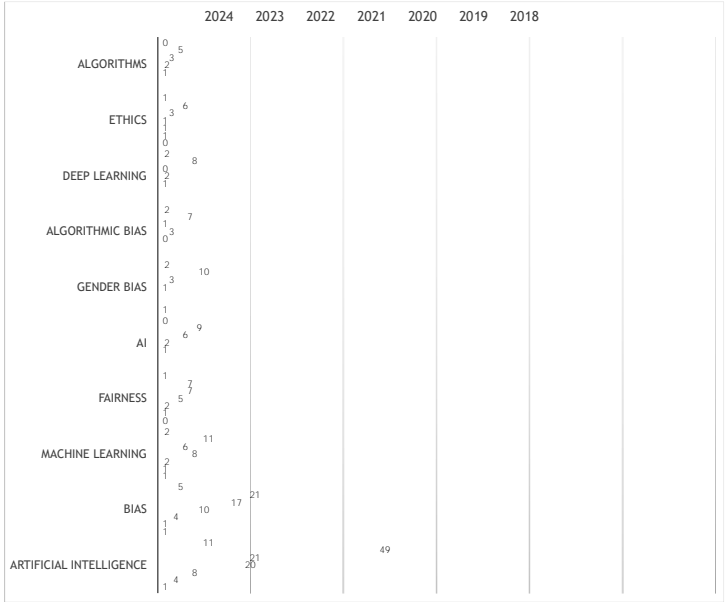
FIGURA 2. Distribución de los documentos publicados por año en el ámbito de la investigación sobre los sesgos en la IA.



Fuente: Elaboración con Bibliometrix con la base de WoS.

La Figura 3 refleja la evolución de las palabras clave de los autores para revelar el interés longitudinal de los sesgos en la IA. Este análisis nos permite explorar la existencia de los intereses futuros (Donthue-tal.,2021). *Artificial Intelligence*, la palabra clave más recurrente, tuvo una representación constante desde 2018, aunque ha sido en 2023 cuando ha aparecido hasta 49 veces (2024 no está finalizado en el momento del estudio por lo que no se pueden sacar conclusiones). Este resultado sugiere el interés por investigar los sesgos de la IA desde esa fecha. Por su parte, la palabra clave *gender bias* es la que más crece en 2023, sugiriendo una relevancia de la investigación sobre este tipo de sesgo en la IA. También tienen crecimientos significativos las palabras clave *Deep Learning* y *Algorithmic Bias* que son algunas de las disciplinas y herramientas de la IA que destacan por influir en la toma de decisiones y por ello es relevante en el estudio de los sesgos en la IA (Vaid et al., 2020).

FIGURA 3. Evolución de las 10 palabras clave de autor más co-ocurrentes (crecimientos en valor absoluto).



Fuente: Elaboración propia de las autoras a partir de datos obtenidos con Bibliometrix

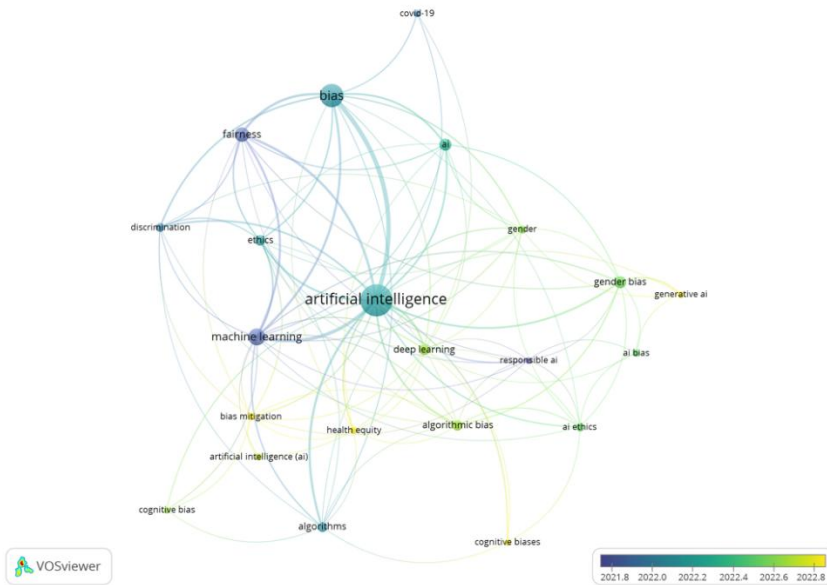
La Figura 4 muestra el mapa de evolución del análisis de correspondencias múltiples. Este análisis permite crear una estructura conceptual de los documentos publicados sobre la investigación sobre los sesgos en IA (Ramos & Rita, 2024). Este clustering reconoce los documentos con conceptos comunes (Aria & Cuccurullo, 2017), examinando la relación entre las palabras clave de los autores y creando un mapa conceptual. A través de la representación gráfica de los datos mediante un análisis de homogeneidad de la matriz de indicadores (Gifi, 1990) es posible comprender la interdependencia entre un conjunto de variables, identificando nuevas variables latentes, además cuando las palabras clave se encuentran cerca del centro del mapa, significa que es el núcleo del campo de investigación desarrollado. En la Figura 4 se observa que las publicaciones sobre sesgos en la IA se clasifican en dos clústeres.

de IA avanzada que se centra en comprender y analizar texto, o en la interacción persona-ordenador (Singh et al., 2024).

Por otra parte, el clúster azul, se encuentra representado por la investigación de los sesgos en IA en el sector de la salud como *healthcare*, *digital health*, *health* e *inequality*, que es un sector en el que los sesgos están muy investigados debido a su gran importancia en la detección de diagnósticos.

La Figura 5 muestra la visualización superpuesta con las 30 palabras clave que co-ocurren al menos 4 veces. En este gráfico, se calculará la fuerza total de los vínculos de co-ocurrencia para cada una de las 30 palabras clave con las otras palabras clave. Se observan 3 periodos en las tendencias de visualización de las palabras clave.

FIGURA 5. Visualización temporal de las palabras clave



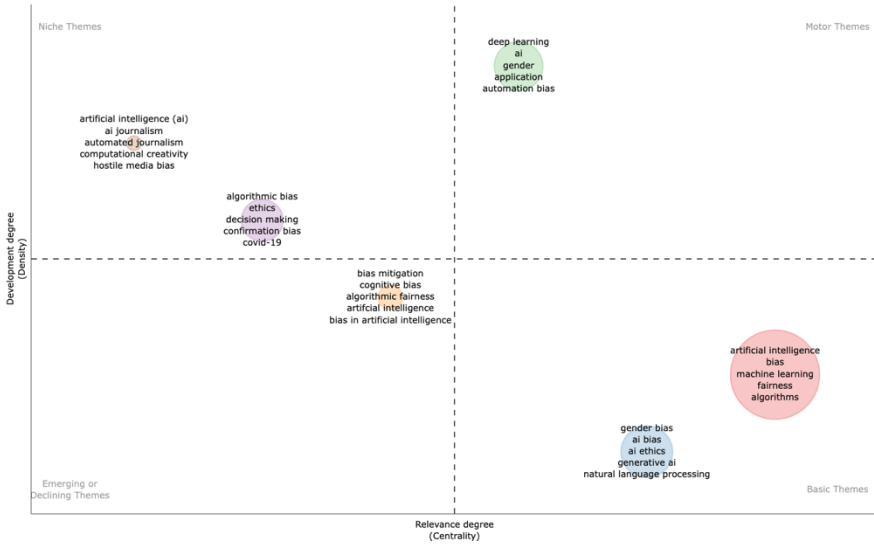
Fuente: VOSviewer, 2024

Si se analiza el periodo de 2021 a la mitad del año 2022, que son las palabras clave de color azul púrpura y marino, las palabras que más se repiten son *AI*, *machine learning*, *bias*, *fairness*, *discrimination*, *responsible AI*, *digital health*, entre otras.

En el periodo de la mitad del 2022 a finales de 2022, son todas las palabras clave de color verde claro, y aparecen las palabras *gender bias*, *gender*, *ai bias*, *ai ethics*, *algorithmic bias*, *algorithmic fairness*, *deep learning*, *cognitive bias*. Vemos como el sesgo del género aparece como palabra clave relevante a partir de ese periodo.

En el periodo de principios de 2023 a 2024, destacan las palabras clave de color amarillo claro que de media aparecen más en ese periodo que es el más reciente permitiendo conocer las últimas tendencias: *cognitive biases*, *health equity*, *decision making*, *generative ai*, *large language models*, *natural language processing*, o *bias mitigation*.

FIGURA 6. Mapa temático conceptual con el corte temporal 2022.8 a 2024



Fuente: Bibliometrix, 2024

Se complementa este estudio con la evolución temática de la estructura conceptual con las palabras clave de autor como variable de análisis, ver Figura 6. Según Aria et al. (2022), las comunidades temáticas se identifican a través de subgrafos altamente conectados, por lo que en este gráfico se vislumbra la cartografía temática del campo dividido en cuatro cuadrantes, utilizando el algoritmo aglomerativo de detección de comunidades de Louvain y con las 150 palabras clave que más co-

ocurren y con un corte temporal a partir de 2022,8 hasta 2024 puesto que queremos detectar las tendencias más recientes de los sesgos en IA. Para mejorar la legibilidad del mapa, cada tema se etiqueta con sus palabras clave más frecuentes, lo que da lugar a agrupaciones sugeridas por el software Bibliometrix.

En uno de los cuadrantes están **los temas motores** con alta centralidad y densidad, formando el marco conceptual central. El tema motor incluye el clúster verde que llamaremos *deep learning*. Lo cierto es que investigadores y desarrolladores son cada vez más conscientes de que algunos sesgos, como los de género y raza, están arraigados en los algoritmos en los que se basan algunas aplicaciones de IA, por lo que se propone una estrategia para hacer frente a este fenómeno consistente en desenmascarar los sesgos que se encuentran en los sistemas de IA mediante la comprensión de su dimensión cognitiva, en lugar de tratar simplemente de corregir los algoritmos (Marinucci et al., 2023). Para mitigar los sesgos en la IA, se sugiere involucrar a un grupo diverso de partes interesadas, utilizando los principios de la IA centrada en el ser humano. En este clúster también aparece la palabra *digital health*, ya que la falta de acceso equitativo al diagnóstico y al tratamiento puede mejorarse mediante la IA y el aprendizaje automático, pero también pueden exacerbar las disparidades, dependiendo de cómo se aborden los sesgos (Abràmoff et al., 2023). La IA centrada en el ser humano en el sector sanitario puede ayudar a garantizar que los sistemas de IA se diseñen y utilicen de forma que beneficien a los pacientes y a la sociedad, lo que puede reducir las disparidades y desigualdades sanitarias. Al reconocer y abordar los prejuicios en cada etapa del ciclo de vida de la IA, ésta puede alcanzar su potencial en la atención sanitaria (Chen et al., 2023) y por ello en este periodo pasa de ser emergente a motor.

Los temas básicos en el cuadrante abajo y a la izquierda, que son significativos y transversales, abarcan la IA y los sesgos existentes a nivel general (grupo rosa) así como los sesgos de género (grupo azul).

En el clúster rosa de *Inteligencia Artificial* se aborda la preocupación por la injusticia y parcialidad de las herramientas de toma de decisiones basadas en la IA. Para construir un entendimiento interdisciplinar compartido de la imparcialidad y los sesgos de la IA existen tres lentes

principales desde las que considerar cuestiones relevantes: (a) actitudes individuales, (b) legalidad, ética y moralidad, y (c) significados integrados en dominios técnicos (Landers & Behrend, 2022). Además, de manera específica, se habla de la tendencia de la atención sanitaria de adoptar la IA para aumentar la precisión en el diagnóstico de enfermedades (con aprendizaje automático basado en imágenes médicas por ejemplo) o como mitigar los riesgos para la salud (Albahri et al., 2023). Sin embargo, los sesgos introducidos en los pasos hacia el despliegue clínico pueden impedir su función prevista, como por ejemplo en el proceso de diagnóstico de enfermedades donde los sesgos cognitivos pueden influir negativamente, lo que podría exacerbar las desigualdades (Drukker et al., 2023). Además, la selección de personal es otro contexto de muestra donde las consideraciones éticas son importantes, por ello se investigan los procesos de confianza a la luz de una violación de confianza relacionada con un sesgo injusto y una intervención de reparación de confianza (Langer et al., 2023).

El clúster azul de *Gender bias* aborda, entre otros temas, cómo los grandes modelos lingüísticos funcionan de manera performativa perpetuando e amplificando interpretaciones antiguas de prejuicios de género y no inclusivas del género. Así, ChatGPT ilustra sesgos de género. Ese mismo sesgo e inexactitud de recomendaciones de los chatbots de IA de profesionales mujeres en oftalmología es identificado por el estudio de Oca et al. (2023). Además, este clúster aborda cómo la incorporación de la IA en el sector de la medicina podría evitar el retraso en el diagnóstico ayudando al médico reduciendo sus sesgos cognitivos. La incorporación de herramientas de IA en la toma de decisiones clínicas aporta beneficios potenciales, incluida una mayor precisión diagnóstica y el abordaje de los factores humanos que contribuyen a los errores médicos (Brown et al., 2023). Sin embargo, es vital ser consciente de los peligros potenciales asociados con el uso de la IA, como el sesgo de automatización, los problemas de calidad de los datos de entrada, la capacitación médica limitada en la interpretación de los métodos de IA y las consideraciones legales y éticas asociadas con su uso. La IA se puede convertir en "compañero imperfecto para un médico imperfecto" (Brown et al., 2023). Para finalizar, la gobernanza de la IA plantea un dilema complejo

al confiar el enfoque ético el ecosistema de desarrolladores e implementadores y las lógicas institucionales (Palladino, 2023).

El cuadrante de **temas nicho** comprende temas menos relevantes, pero bien desarrollados y que pueden llegar a marcar las próximas tendencias, como los grupos morados que analizan los sesgos en los algoritmos y el grupo marrón que habla concretamente del uso de la IA en los medios de comunicación y los sesgos que existen.

El clúster morado aborda los *Algorithmic bias* (sesgos algorítmicos). Estos se producen cuando los propios algoritmos introducen distorsiones en los resultados. Esto puede deberse a suposiciones implícitas o a estructuras de modelos que favorecen determinados resultados. Algunos de los sesgos algorítmicos son el sesgo de selección, el de confirmación y el de medición (Jain & Menon, 2023). El sesgo algorítmico en las técnicas de IA y aprendizaje automático (AM) se manifiesta en aplicaciones del mundo real como resultado de una insuficiente variación de datos o disponibilidad de aumento en los datos de entrenamiento de IA/AM, o de una política de aprendizaje defectuosa. Esto conduce a la propagación accidental del sesgo de IA como tratamiento injusto de grupos particulares de individuos, debido a su raza, género, edad u otros atributos distintivos en aplicaciones prácticas (Jain & Menon, 2023).

El clúster marrón aparece como un tema nicho al tratar principalmente sobre las noticias que aparecen en los medios de comunicación. Se aborda el sesgo hostil de los medios y se demuestra que un sesgo mediático es menos hostil cuando la noticia tiene como fuente la IA mostrando una incongruencia de la fuente (Craig & Choi, 2024). Por lo tanto, la IA tiene el potencial de reducir el sesgo hostil de los medios al activar la heurística de la máquina, que no deja de ser un atajo mental que supone que las máquinas son más imparciales, sistemáticas y precisas que los humanos (Cloudy et al., 2023).

Los **temas emergentes o en declive**, con menor centralidad y densidad, presentan el clúster naranja de *bias mitigation*, que puede pasar a ser un tema central en los próximos años. En este clúster, se busca potenciar la toma de decisiones algorítmicas en entornos reales complejos, inestables e inciertos aplicando los sesgos cognitivos humanos en los

algoritmos de aprendizaje. Se busca usar el conocimiento de la ciencia cognitiva para aplicarlo al campo de la IA mostrando escenarios prometedores de implementación de sesgos en las máquinas (Hagendorff & Fabi, 2023).

5. DISCUSIÓN

Este análisis es el primero en evaluar la investigación existente sobre los sesgos en la IA. Este estudio se lleva a cabo para entender cuáles son las principales tendencias visibles y orientaciones futuras de los sesgos en la IA para ayudar a los académicos a evaluar críticamente la investigación actual sobre IA y a los técnicos que intervienen en la IA como desarrolladores o implementadores para tomar conciencia de los impactos que pueden estar generando con notables discriminaciones.

Para responder a estos objetivos se empleó un estudio de palabras clave y su red de co-ocurrencia así como el análisis de mapas de clústeres temáticos y conceptuales y su evolución.

Implicaciones Teóricas y Prácticas

Este capítulo analiza la base del campo del análisis de las tendencias de los sesgos en la IA que nos permite consolidar temas de investigación básicos como los sesgos de género en la IA, impulsar temas motores como los sesgos en el sector de la salud ampliamente abordado, y desarrollar temas nicho como los sesgos en los medios de comunicación o la importancia de detectar los sesgos algorítmicos para comprender las distorsiones.

Además, nos permite profundizar sobre la presencia de los diferentes sesgos en las herramientas existentes como los algoritmos, el machine learning, el deep learning o el large machine language, entre otros.

En definitiva, este estudio revela que los sesgos en IA se localizan simultáneamente en múltiples contextos, tanto económicos como socio-culturales (Ntoutsis et al., 2020), así como en las diferentes herramientas y tecnologías empleadas. Hoy es innegable su existencia y su persistencia aumentarían las desigualdades exacerbando las discriminaciones

existentes (Leavy, 2018) por lo que la mitigación de los sesgos es uno de los temas emergentes por excelencia.

6. CONCLUSIONES

Los sistemas basados en la Inteligencia Artificial (IA) se emplean hoy en día de forma generalizada para tomar decisiones con repercusiones de gran alcance sobre las personas y la sociedad. Sus decisiones pueden afectar a todo el mundo, en cualquier lugar y en cualquier momento, lo que plantea problemas de derechos humanos (Ntoutsis et al., 2020).

La sobrerrepresentación de algunos colectivos en el diseño de estas tecnologías podría desarmar décadas de avances en la igualdad de género, racial u cualquier otro tipo de desigualdades (Leavy, 2018).

Es importante conocer las direcciones que están tomando las investigaciones sobre los sesgos. Esta investigación permite incorporarla a los enfoques del aprendizaje automático para evitar la generación de algoritmos sesgados (Kim & Cho, 2022) que perpetúan ideologías de género, de raza, ideologías o religión que perjudican los colectivos en cuestión.

Limitaciones y Alcance Futuro de la Investigación

Las principales limitaciones de este estudio provienen de la naturaleza descriptiva, exploratoria y dinámica del análisis bibliométrico. El enfoque en la literatura científica excluye fuentes potencialmente valiosas como protocolos, libros o revistas comerciales. El criterio de inclusión, restringiendo los estudios a aquellos con las palabras clave *IA* y *bias* en sus títulos, podría pasar por alto trabajos relevantes sobre el tema o de actualidad muy reciente. La especificidad de utilizar el WoS como base para el análisis bibliométrico también puede limitar el alcance.

A pesar de estas limitaciones, el estudio ofrece información valiosa para los investigadores en el campo y actores clave de la IA. Las sugerencias para futuros trabajos implican abordar estas limitaciones y explorar las agendas de investigación propuestas en este estudio.

7. REFERENCIAS

- Abràmoff, M. D., Tarver, M. E., Loyo-Berrios, N., Trujillo, S., Char, D., Obermeyer, Z., Eydelman, M. B. & Maisel, W. H. (2023). Considerations for addressing bias in artificial intelligence for health equity. *Npj Digital Medicine*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00913-9>
- Albahri, A. S., Duhaim, A. M., Fadhel, M. A., Alnoor, A., Baqer, N. S., Alzubaidi, L., Albahri, O. S., Alamoodi, A. H., Bai, J., Salhi, A., Santamaria, J., Ouyang, C., Gupta, A., Gu, Y. & Deveci, M. (2023). A systematic review of trustworthy and explainable artificial intelligence in healthcare: Assessment of quality, bias risk, and data fusion. *Information Fusion*, 96(March), 156–191. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.03.008>
- Aria, M. & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Baier-Fuentes, H., Hormiga, E., Miravittles, P. & Blanco-Mesa, F. (2019). International entrepreneurship: A critical review of the research field. *European Journal of International Management*, 13(3), 381–412. <https://doi.org/10.1504/EJIM.2019.099427>
- Barocas, S., Hardt, M. & Narayanan, A. (2023). *Fairness and machine learning: Limitations and Opportunities*. MIT Press.
- Barocas, S. & Selbst, A. D. (2016). Big Data’s Disparate Impact. *California Law Review*, 104(671), 671–732.
- Binns, R. (2018). Fairness in Machine Learning: Lessons from Political Philosophy. *Proceedings of Machine Learning Research*, 81(2016), 149–159.
- Brown, C., Nazeer, R., Gibbs, A., Le Page, P. & Mitchell, A. R. (2023). Breaking Bias: The Role of Artificial Intelligence in Improving Clinical Decision-Making. *Cureus*, 15(3), 1–13. <https://doi.org/10.7759/cureus.36415>
- Chen, Y., Clayton, E. W., Novak, L. L., Anders, S. & Malin, B. (2023). Human-Centered Design to Address Biases in Artificial Intelligence. *Journal of Medical Internet Research*, 25(Figure 1), 1–10. <https://doi.org/10.2196/43251>
- Citron, D. K. & Pasquale, F. (2014). The scored society: Due process for automated predictions. *Washington Law Review*, 89(1), 1–33.
- Cloudy, J., Banks, J. & Bowman, N. D. (2023). The Str(AI)ght Scoop: Artificial Intelligence Cues Reduce Perceptions of Hostile Media Bias. *Digital Journalism*, 11(9), 1577–1596. <https://doi.org/10.1080/21670811.2021.1969974>

- Craig, M. J. A. & Choi, M. (2024). The role of affective and cognitive involvement in the mitigating effects of AI source cues on hostile media bias. *Telematics and Informatics*, 88(January), 102097. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2024.102097>
- Crawford, K. (2016). Artificial intelligence's white guy problem. *The New York Times*, 25(06), 5.
- Drukker, K., Chen, W., Gichoya, J., Gruszauskas, N., Kalpathy-Cramer, J., Koyejo, S., Myers, K., Sá, R. C., Sahiner, B., Whitney, H., Zhang, Z. & Giger, M. (2023). Toward fairness in artificial intelligence for medical image analysis: identification and mitigation of potential biases in the roadmap from data collection to model deployment. *Journal of Medical Imaging*, 10(06). <https://doi.org/10.1117/1.jmi.10.6.061104>
- Ferrara, E. (2024). Fairness and Bias in Artificial Intelligence: A Brief Survey of Sources, Impacts, and Mitigation Strategies. *Sci*, 6(1). <https://doi.org/10.3390/sci6010003>
- Fletcher, R. R., Nakeshimana, A. & Olubeko, O. (2021). Addressing Fairness, Bias, and Appropriate Use of Artificial Intelligence and Machine Learning in Global Health. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 3(April), 1–17. <https://doi.org/10.3389/frai.2020.561802>
- Gaviria-Marín, M. (2021). Bibliometrics and business. A challenge for researchers. *Inquietud Empresarial*, 21(1), I–III. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/inquietud_empresarial/article/view/12931
- Gifi, A. (1990). *Nonlinear multivariate analysis* (Vol. 8). Wiley Chichester, New York.
- Hagendorff, T. & Fabi, S. (2023). Why we need biased AI: How including cognitive biases can enhance AI systems. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, 00(00), 1–14. <https://doi.org/10.1080/0952813X.2023.2178517>
- Hall, W. & Pesenti, J. (2017). *Growing the Artificial Intelligence Industry in the Uk*.
- Jain, L. R. & Menon, V. (2023). AI Algorithmic Bias: Understanding its Causes, Ethical and Social Implications. *Proceedings - International Conference on Tools with Artificial Intelligence, ICTAI*, 460–467. <https://doi.org/10.1109/ICTAI59109.2023.00073>
- Kilbertus, N., Rojas Carulla, M., Parascandolo, G., Hardt, M., Janzing, D. & Schölkopf, B. (2017). Avoiding Discrimination through Causal Reasoning. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30. <https://doi.org/10.1002/pola.28189>

- Kim, J. Y. & Cho, S. B. (2022). An information theoretic approach to reducing algorithmic bias for machine learning. *Neurocomputing*, 500, 26–38. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2021.09.081>
- Landers, R. N. & Behrend, T. S. (2022). Auditing the AI Auditors: A Framework for Evaluating Fairness and Bias in High Stakes AI Predictive Models. *American Psychologist*, 78(1), 36–49. <https://doi.org/10.1037/amp0000972>
- Langer, M., König, C. J., Back, C. & Hensing, V. (2023). Trust in Artificial Intelligence: Comparing Trust Processes Between Human and Automated Trustees in Light of Unfair Bias. *Journal of Business and Psychology*, 38(3), 493–508. <https://doi.org/10.1007/s10869-022-09829-9>
- Leavy, S. (2018). Gender bias in artificial intelligence: The need for diversity and gender theory in machine learning. *Proceedings - International Conference on Software Engineering*, 14–16. <https://doi.org/10.1145/3195570.3195580>
- Marinucci, L., Mazzuca, C. & Gangemi, A. (2023). Exposing implicit biases and stereotypes in human and artificial intelligence: state of the art and challenges with a focus on gender. *AI and Society*, 38(2), 747–761. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01474-3>
- Mehrabi, N., Morstatter, F., Saxena, N., Lerman, K. & Galstyan, A. (2021). A Survey on Bias and Fairness in Machine Learning. *ACM Computing Surveys*, 54(6). <https://doi.org/10.1145/3457607>
- Norton, M. I., Vandello, J. A. & Darley, J. M. (2004). Casuistry and social category bias. *Journal of Personality and Social Psychology*, 87(6), 817–831. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.87.6.817>
- Ntoutsis, E., Fafalios, P., Gadiraju, U., Iosifidis, V., Nejdil, W., Vidal, M. E., Ruggieri, S., Turini, F., Papadopoulos, S., Krasanakis, E., Kompatsiaris, I., Kinder-Kurlanda, K., Wagner, C., Karimi, F., Fernandez, M., Alani, H., Berendt, B., Kruegel, T., Heinze, C., ... Staab, S. (2020). Bias in data-driven artificial intelligence systems—An introductory survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), 1–14. <https://doi.org/10.1002/widm.1356>
- Oca, M. C., Meller, L., Wilson, K., Parikh, A. O., McCoy, A., Chang, J., Sudharshan, R., Gupta, S. & Zhang-Nunes, S. (2023). Bias and Inaccuracy in AI Chatbot Ophthalmologist Recommendations. *Cureus*, 15(9). <https://doi.org/10.7759/cureus.45911>
- Palladino, N. (2023). A ‘biased’ emerging governance regime for artificial intelligence? How AI ethics get skewed moving from principles to practices. *Telecommunications Policy*, 47(5), 102479. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102479>

- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Podsakoff, N. P. & Bachrach, D. G. (2008). Scholarly influence in the field of management: A bibliometric analysis of the determinants of University and author impact in the management literature in the past quarter century. In *Journal of Management* (Vol. 34, Issue 4). <https://doi.org/10.1177/0149206308319533>
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of Documentation*, 35, 348–349.
- Raji, I. D. & Buolamwini, J. (2019). Actionable auditing: Investigating the impact of publicly naming biased performance results of commercial AI products. *AIES 2019 - Proceedings of the 2019 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society*, 429–435. <https://doi.org/10.1145/3306618.3314244>
- Ramos, R. & Rita, P. (2024). Structure of REDEE and EJMBE research: a bibliometric analysis. *European Journal of Management and Business Economics*, 33(1), 1–19. <https://doi.org/10.1108/EJMBE-04-2022-0109>
- Rao A, Verweij G, C. E. (2017). Sizing the prize: what’s the real value of AI for your business and how can you capitalise? *Water and Wastes Digest*, 56(9), 14–18.
- Singh, A. K., Lamichhane, B., Devkota, S., Dhakal, U. & Dhakal, C. (2024). Do Large Language Models Show Human-like Biases? Exploring Confidence—Competence Gap in AI. *Information (Switzerland)*, 15(2), 1–20. <https://doi.org/10.3390/info15020092>
- Soon, V. (2020). Implicit bias and social schema: a transactive memory approach. *Philosophical Studies*, 177(7), 1857–1877. <https://doi.org/10.1007/s11098-019-01288-y>
- Su, H. N. & Lee, P. C. (2010). Mapping knowledge structure by keyword co-occurrence: A first look at journal papers in Technology Foresight. *Scientometrics*, 85(1), 65–79. <https://doi.org/10.1007/s11192-010-0259-8>
- Vaid, S., Kalantar, R. & Bhandari, M. (2020). Deep learning COVID-19 detection bias: accuracy through artificial intelligence. *International Orthopaedics*, 44(8), 1539–1542. <https://doi.org/10.1007/s00264-020-04609-7>
- Zou, J. & Schiebinger, L. (2018). AI can be sexist and racist — it’s time to make it fair. *Nature*, 559(7714), 324–326. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-05707-8>
- Zupic, I. & Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429–472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>

INNOVACIÓN ABIERTA EN EL CONTEXTO UNIVERSITARIO: UN ESTUDIO SOBRE LOS FLUJOS DE CONOCIMIENTO

DAYANIS GARCÍA-HURTADO
Universidad Internacional de Valencia

SOFÍA APARISI TORRIJO
Universitat Politècnica de València (UPV)

CARLOS DEVECE CARAÑANA
Universitat Politècnica de València (UPV)

1. INTRODUCCIÓN

En la actual economía del conocimiento, la innovación de productos y servicios es esencial para la supervivencia y el crecimiento empresarial, ya que permite la creación de nuevos mercados y oportunidades de expansión (Rauter, 2019). En un contexto de globalización, de integración industrial y rápido cambio tecnológico, las empresas deben buscar innovación externamente para desarrollar nuevos productos (Xie & Wang, 2020). Como resultado, varias industrias han cambiado su enfoque de productos individuales y servicios a propuestas de intercambios de conocimientos en los procesos de innovación.

En el panorama actual de la innovación, las universidades juegan un rol crucial como epicentros de creación y difusión de conocimientos (García-Hurtado et al., 2022; Davies et al., 2021). Más allá de su función tradicional de docencia, las universidades se han posicionado a la vanguardia en la investigación aplicada y la cooperación con el sector empresarial. En este contexto, el concepto de innovación abierta surge como una estrategia clave que facilita la interacción dinámica entre instituciones académicas, la industria y otros actores del ecosistema innovador (Brenner et al., 2011).

La innovación abierta se define como un paradigma que promueve la colaboración mediante la eliminación de barreras organizacionales y la integración de conocimientos y recursos tanto internos como externos a una organización (West et al., 2014). Este enfoque ha despertado un creciente interés en el ámbito universitario, identificándose como una herramienta eficaz para mejorar la transferencia de tecnología y la comercialización de los resultados de la investigación (Audretsch, 2014; Arvanitis et al., 2015).

Numerosas investigaciones han explorado diversos aspectos de la innovación abierta en el contexto universitario, centrando su atención principalmente en los factores que facilitan la transferencia de conocimientos y su comercialización. Se ha encontrado que factores organizativos como la investigación colaborativa (Wang, 2022; Baban 2022; Huang et al., 2015), la capacidad de absorción (Sun, 2019; Ge, 2021) y los recursos institucionales (Kolympiris, 2017) favorecen los procesos de innovación abierta. Estos factores pueden incrementar la capacidad de las universidades para comercializar productos, mejorar las interacciones con la industria y facilitar el acceso al conocimiento compartido, integrando así la investigación básica con la aplicada.

A pesar del creciente interés en la transferencia de conocimiento desde las universidades, se ha prestado menos atención a los factores organizativos que pueden fomentar los flujos de conocimiento de manera integrada, es decir, gestionando tanto la entrada como la salida de conocimiento de manera coordinada (Davies et al., 2021; Xie & Wang, 2020). Además, falta una evaluación exhaustiva de cómo estos factores afectan los resultados de la innovación abierta.

Este estudio tiene como objetivo investigar los antecedentes organizativos que promueven los flujos de conocimiento de manera acoplada en el contexto de la innovación abierta en universidades en las universidades brasileñas.

1.1. INNOVACIÓN ABIERTA

El concepto de innovación abierta fue introducido por Chesbrough (2003), quien argumentó que la investigación y desarrollo (I+D) interna

no era suficiente para que las empresas innovaran, y que la colaboración con otros socios era esencial. Definida como "un proceso de innovación distribuida basado en la gestión intencional de flujos de conocimiento a través de las fronteras organizacionales, utilizando mecanismos pecuniarios y no pecuniarios en consonancia con el modelo de negocios de la organización" (Chesbrough, 2003, 2007, 2012), la Innovación Abierta se refiere a los esfuerzos de las empresas para utilizar tanto entradas como salidas de conocimiento para mejorar sus actividades de innovación. Por lo tanto, la innovación surge a través de flujos de conocimiento distribuidos más allá de la colaboración entre dos organizaciones. Las empresas pueden aprovechar redes de diversos actores como fuentes externas de innovaciones.

Se ha argumentado que las actividades de innovación abierta son cruciales para el crecimiento económico debido a su impacto directo en los procesos productivos de las empresas y las externalidades positivas que generan. La mayoría de los estudios han subrayado la importancia de la innovación abierta como un factor facilitador que estimula las entradas y salidas de conocimiento y acelera la absorción de nuevos conocimientos (West et al., 2014; Sun et al., 2019; Xie & Wang, 2020). Esto se debe a que la innovación abierta, como práctica de gestión, ha ayudado a las empresas a superar sus fronteras tanto en la creación como en la comercialización de innovaciones. Este enfoque ha alcanzado una mayor relevancia y se ha extendido al trabajo en redes de colaboración, abarcando niveles nacionales y regionales (Rauter et al., 2019). Contextualmente, la innovación abierta ha sido promovida por políticas que facilitan la difusión del conocimiento y la adopción de conceptos abiertos por parte de gobiernos, universidades y empresas privadas (Johnston, 2022).

La literatura académica identifica tres tipos de procesos de cooperación en innovación abierta (Gassmann, Enkel, & Chesbrough, 2010). El primero implica la explotación de conocimiento generado externamente, que puede provenir de instituciones como universidades y centros de investigación. En este sentido, el paradigma de la innovación abierta reconoce a usuarios, universidades, laboratorios de investigación e investigadores externos como colaboradores valiosos en el proceso de

innovación. La Innovación Abierta orientada hacia adentro se centra en la integración de ideas, conocimientos y tecnologías en el proceso interno de aplicación y comercialización. Este enfoque, desde la perspectiva del conocimiento, impulsa la innovación interna y contribuye al alto rendimiento empresarial.

El segundo tipo se refiere a la comercialización del conocimiento interno, ya sea en forma de tecnología o transferencia de tecnología. La innovación abierta orientada hacia afuera se enfoca en la exportación de conocimientos y recursos valiosos a organizaciones externas para actividades de comercialización (Marcolin, Vezzetti y Montagna, 2017; Lopes y de Carvalho, 2018). Las empresas generalmente no venden patentes ni otorgan licencias de conocimientos internos a entidades externas a menos que el mercado acepte su oferta (Ter Wal, Criscuolo y Salter, 2017). Cuando una empresa licencia su conocimiento al mercado, decide colaborar con partes interesadas externas para aumentar la probabilidad de innovación en la exploración.

En tercer lugar, las innovaciones abiertas pueden ocurrir dentro de la organización mediante la entrada y salida de conocimiento en un "proceso acoplado". En este caso, los flujos de conocimiento se integran a través de alianzas estratégicas entre organizaciones vinculadas por la colaboración e iniciativas conjuntas entre diversos actores. Los procesos de innovación abierta acoplados ocurren principalmente entre empresas y universidades.

La innovación realizada por las universidades en colaboración con empresas y organizaciones públicas de investigación representa una forma de innovación abierta en el ámbito científico. Este proceso implica habilitar, iniciar y gestionar de manera intencionada flujos de conocimiento entrantes, salientes y acoplados, en colaboración a lo largo de todas las etapas del proceso de investigación científica, desde la formulación de preguntas de investigación y la obtención de financiación, hasta el desarrollo de métodos de innovación y la aplicación de los hallazgos (Chen et al., 2022).

Sin embargo, la innovación abierta es un desafío debido a las diferentes organizaciones sociales y lógicas institucionales que impregnan los dos

contextos (es decir, diferentes objetivos, normas de comportamiento y sistemas de recompensa) (Meisel et al., 2022; Modic et al., 2003).

Los académicos consideran que la naturaleza de los acuerdos de colaboración entre universidades y empresas influye en la propiedad de las patentes académicas y en la estrategia general de propiedad intelectual que siguen las universidades (Corsino & Torrisi, 2023). Algunos estudios encuentran una asociación negativa entre la experiencia de los científicos al cooperar o consultar con empresas y la cesión de patentes académicas a universidades (Goel & Göktepe-Hultén, 2018); sin embargo, otras investigaciones reportan resultados mixtos sobre la relación entre las colaboraciones entre la universidad y la industria y la propiedad de patentes (por ejemplo, Crespi et al., 2010; Corsino & Torrisi, 2023).

1.2. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. Investigación colaborativa en los procesos de entradas y salidas de conocimiento

Las redes de colaboración científica entre instituciones académicas, entidades gubernamentales, industrias y otros centros pueden tener un impacto significativamente positivo en los procesos innovación abierta. Sonnenwald (2007) define la colaboración científica como las interacciones que ocurren en un contexto social entre dos o más individuos o colectivos más amplios, facilitando el intercambio de conocimientos y la realización de tareas relacionadas con un objetivo superior mutuamente compartido. Esta actividad colaborativa está estrechamente ligada a las interacciones y la difusión del conocimiento dentro de las organizaciones. Estudios anteriores han demostrado que estas redes de colaboración científica establecen vínculos que promueven la exclusividad, facilitan el desarrollo de un lenguaje común y fomentan la confianza entre los miembros del equipo, lo que a su vez debería mejorar tanto la exploración como la explotación del conocimiento (Bachert, et al., 2021; Sagan et al., 2023). Además, se ha observado que este tipo de redes tienden a mejorar el rendimiento general del sistema y la difusión

del conocimiento científico (Chen et al., 2022), favoreciendo así los flujos de conocimiento en los procesos de innovación abierta.

En el marco de la innovación abierta, la colaboración científica va más allá de las fronteras disciplinarias y organizacionales, desempeñando un papel esencial en la circulación del conocimiento (Davies et al., 2021; Bell, 2005). La implicación de diversas partes interesadas en este proceso permite aprovechar una amplia variedad de experiencias y perspectivas, lo cual enriquece tanto la profundidad como la amplitud de la investigación. Además, la colaboración científica facilita el intercambio de conocimientos, promoviendo avances en políticas, prácticas e investigaciones (Giusti et al., 2020).

Estudios recientes han destacado que la colaboración científica, que involucra una diversidad de actores y fuentes externas, impacta positivamente en el desempeño innovador de las organizaciones. Se ha reconocido claramente que la colaboración con diferentes socios en investigación y desarrollo (I+D) influye favorablemente en la innovación dentro del ámbito universitario (Molina-Morales et al., 2022).

La mayoría de los estudios consideran que las redes que se forman como resultado de la colaboración suelen construirse basándose en la coautoría o en solicitudes de patente conjuntas, lo que proporciona una visión general de las diversas formas de colaboración en un conjunto de artículos o patentes. En 2012, Phelps y colaboradores llevaron a cabo una revisión y un análisis sistemáticos de investigaciones empíricas publicadas sobre redes de conocimiento, explorando los procesos de creación, difusión y absorción de conocimiento, y discutiendo el uso en profundidad de la colaboración científica. Guan y Liu (2016) destacan que la colaboración científica entre la academia y la industria se integra en redes de colaboración organizacional donde el conocimiento fluye de manera acoplada (entradas y salidas).

Es relevante mencionar que las universidades tienen acceso diferencial a las redes de colaboración. Investigaciones previas sugieren que las universidades líderes en investigación suelen estar más conectadas a redes internacionales, mientras que las universidades con resultados en

investigación menos relevantes en contextos internacionales tienden a tener conexiones más fuertes en redes regionales (Johnston, 2022).

H1. La investigación colaborativa, al involucrar una diversidad de actores y fuentes externas, tendrá un impacto positivo en los procesos acoplados (entradas y salidas de conocimiento) de la innovación abierta en las universidades brasileñas.

1.2.2. Capacidad de absorción en los procesos de innovación abierta en las Universidades

La capacidad de absorción se define como la habilidad de una organización para identificar, asimilar y aplicar de manera efectiva el conocimiento externo en sus procesos internos (Cohen y Levinthal, 1990). Esta capacidad es fundamental para la innovación abierta en el contexto universitario (Wang et al., 2013), permitiendo a las instituciones académicas integrar de manera eficiente el conocimiento generado tanto internamente como externamente (Mascarenhas et al., 2013).

La capacidad de absorción desempeña un papel vital en la promoción de la innovación universitaria, facilitando la incorporación de nuevos conocimientos, tecnologías y prácticas en el entorno académico (Terán-Bustamante et al, 2021). Esta habilidad permite a las universidades maximizar los beneficios de los vínculos establecidos a través de la investigación colaborativa y fomentar relaciones efectivas con los sectores público y privado.

Existen diversos mecanismos que pueden fortalecer la capacidad de absorción en el ámbito universitario. Por ejemplo, las redes de trabajo dentro de los grupos de investigación son un mecanismo importante que facilita el intercambio de conocimientos y experiencias entre investigadores. Además, la colaboración con la industria, mediante proyectos de investigación conjuntos, puede aumentar significativamente la capacidad de absorción de una universidad al identificar oportunidades para la aplicación práctica de nuevas tecnologías y enfoques innovadores (Lascaux, 2019; Ode & Ayavoo, 2020).

En resumen, la capacidad de absorción es un elemento clave que apoya la innovación universitaria al permitir que las instituciones académicas integren eficazmente el conocimiento externo en sus actividades de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología. Al fortalecer su capacidad de absorción, las universidades pueden mejorar su capacidad innovadora y contribuir significativamente al avance del conocimiento y al desarrollo socioeconómico.

H2. La capacidad de absorción tiene un efecto positivo en la promoción de la innovación en los procesos acoplados (entradas y salidas de conocimiento) de la innovación abierta en las universidades brasileñas.

1.2.2. Recursos institucionales como apoyo a los procesos de innovación abierta

Los recursos institucionales son esenciales en el entorno universitario, ya que proporcionan la infraestructura física y tecnológica necesaria para fomentar la creatividad, la colaboración interdisciplinaria y la experimentación. Estos recursos incluyen laboratorios equipados con tecnología avanzada, espacios de trabajo colaborativo, así como acceso a recursos avanzados de información y comunicación. Con una infraestructura robusta, los investigadores pueden llevar a cabo proyectos ambiciosos y de alto impacto en una variedad de campos, desde la ciencia y la tecnología hasta la medicina y las ciencias sociales (Etzkowitz y Leydesdorff, 1995).

Además, una infraestructura adecuada facilita la transferencia de tecnología y conocimiento desde la universidad hacia la industria y la sociedad en general (Padilla-Meléndez & Garrido-Moreno, 2012). Esto no solo implica la incubación de nuevas empresas, sino también la colaboración con compañías consolidadas, la prestación de servicios de consultoría y la comercialización de los resultados de investigación (Padilla-Bejarano et al, 2023).

Una infraestructura bien diseñada también ayuda a crear un entorno innovador que fomenta la interacción entre diversos actores, como estudiantes, profesores, investigadores y empresas (Tsen et al., 2020). Esto estimula la generación de ideas, la resolución de problemas complejos

y el desarrollo de soluciones innovadoras para abordar los desafíos del mundo real.

En las últimas décadas, el concepto de parque científico-tecnológico ha cobrado importancia como una herramienta para impulsar la innovación y el crecimiento económico regional basado en el conocimiento (Parmentola, 2020). Los PCT se enfocan en la relación entre investigación, desarrollo e innovación (I+D+I), convirtiéndose en motores fundamentales para el funcionamiento y la prosperidad de estos entornos.

H3. Existe una asociación positiva entre los recursos institucionales en las universidades y la promoción de la innovación en los procesos acoplados (entradas y salidas de conocimiento) de la innovación abierta en universidades brasileñas.

2. METODOLOGÍA

Para investigar los antecedentes organizativos relacionados con la innovación abierta en las universidades, se utilizó el método de regresión múltiple, centrándose en Brasil como contexto de estudio. Este país lidera en Sudamérica en términos de innovación y producción científica. Según el Índice Global de Innovación (IGI) de 2022, Brasil avanzó cinco posiciones, situándose en el puesto 49 entre 132 países. Además, la Universidad de São Paulo (USP) se ubicó en la posición 85 del ranking QS World University, siendo la primera universidad brasileña en alcanzar el top 100 mundial.

El Ministerio de Educación de Brasil clasifica las instituciones de educación superior en facultades, centros universitarios, universidades e Institutos Federales de Educación y Centros Federales de Educación Tecnológica. De las 2,608 instituciones, 198 son universidades, que fueron el foco de nuestro estudio debido a su énfasis en la investigación. Tras eliminar datos incompletos, la muestra final incluyó 126 universidades.

Para recolectar los datos, se consultó el Ranking de Universidades Emprendedoras 2021 de Brasil Junior y el Ranking Universitario Folha de S. Paulo. Estas fuentes proporcionaron una amplia gama de datos sobre

las universidades brasileñas, permitiendo un análisis exhaustivo de los indicadores asociados con la innovación abierta en las universidades de Brasil.

MEDICIÓN DE VARIABLES

En este estudio, se emplearon indicadores específicos para evaluar los procesos acoplados de entrada y salida de conocimiento en las universidades, enfocándose en la investigación como entradas de conocimiento y las patentes como salidas de conocimiento en un proceso acoplado de innovación abierta (Cowan & Zinovyeva, 2013; Cheng, 2020; Johnston, 2022).

La investigación académica se considera un indicador de entrada de conocimiento. Tanto la investigación básica como la aplicada impulsan el avance del conocimiento y la generación de nuevas ideas y tecnologías. La investigación académica se mide mediante el indicador de investigación del Ranking Universitario Folha (RUF).

Por otro lado, las patentes son fundamentales en el contexto universitario de Innovación Abierta, ya que permiten la protección legal de las innovaciones desarrolladas, facilitando su difusión y transferencia a la sociedad y la industria. Los datos sobre las patentes presentadas por las Instituciones de Educación Superior (IES) se obtuvieron de la plataforma internacional WIPO (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual).

Las variables independientes en las regresiones reflejan las características generales de los procesos de Innovación Abierta en las universidades, agrupadas en tres dimensiones Tabla 1.

TABLA 1. Definición de variables

| <i>Dimensión</i> | <i>Variable</i> | <i>Descripción</i> | <i>fuentes</i> |
|-----------------------------------|---|--|--|
| <i>Variables dependientes</i> | | | |
| <i>Innovación abierta</i> | <i>investigación académica (INV)</i> | <i>El indicador de pesquisa RUF se calcula a partir de varios subindicadores que miden la producción científica y académica de una universidad. Estos incluyen el total de publicaciones y citas, el promedio de citas por publicación y por docente, las publicaciones en revistas nacionales, los recursos recibidos por docente, el porcentaje de profesores productivos según el CNPq, y el número de tesis defendidas por docente. Cada subindicador tiene un peso específico en la evaluación total.</i> | <i>RUF²</i> |
| | <i>Patentes (PAT)</i> | <i>Patentes depositadas en un periodo de 10 años. El indicador de patentes en WIPO se calcula mediante la cantidad de solicitudes y patentes concedidas, las citas recibidas por estas patentes, la diversidad geográfica de las solicitudes, y la colaboración en patentes con otras entidades. Estos factores se combinan para evaluar la capacidad de innovación y protección de propiedad intelectual de la universidad.</i> | <i>WIPO³</i> |
| <i>Variables dependientes</i> | | | |
| <i>Investigación colaborativa</i> | <i>Intercambio (INTINV)</i> | <i>Evalúa el número de intercambios internacionales realizados por las IES, mostrando la conexión entre las universidades y el ecosistema de investigación internacional.</i> | <i>Universidades emprendedoras¹</i> |
| | <i>Network (RED)</i> | <i>Muestra la percepción de las organizaciones estudiantiles con representación nacional.</i> | <i>Universidades emprendedoras¹</i> |
| | <i>Coautoría Internacional (COIN)</i> | <i>Porcentaje de publicaciones en colaboración con investigadores extranjeros.</i> | <i>RUF²</i> |
| <i>Capacidad de absorción</i> | <i>Instrucción de Profesores (PRO-FINT)</i> | <i>Cantidad de profesores con maestría y doctorado.</i> | <i>RUF²</i> |
| <i>Recursos institucionales</i> | <i>Infraestructura (INFRA)</i> | <i>Incluye la calidad de la infraestructura física y la disponibilidad de Internet en la institución, junto con la presencia y relación con un Parque Tecnológico en la ciudad.</i> | <i>Universidades emprendedoras¹</i> |
| | <i>Presupuesto (PRESUP)</i> | <i>Refleja el presupuesto de las universidades, normalizado por el número de estudiantes.</i> | <i>Universidad emprendedora¹</i> |
| | <i>Tamaño (TAM)</i> | <i>Tamaño de la universidad, considerado en el análisis.</i> | <i>RUF²</i> |

Fuente: elaboración propia

Los modelos de regresión lineal utilizados en este estudio se definen como sigue:

$$INV = \beta_0 + \beta_1 INTINV + \beta_2 INFRA + \beta_3 RED + \beta_4 COIN + \beta_5 PROFINT + \beta_6 PRESUP + \beta_7 TAM + \varepsilon$$

$$PAT = \beta_0 + \beta_1 INTINV + \beta_2 INFRA + \beta_3 RED + \beta_4 COIN + \beta_5 PROFINT + \beta_6 PRESUP + \beta_7 TAM + \varepsilon$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La regresión múltiple debe cumplir supuestos estadísticos mínimos para que el análisis sea válido. Los supuestos clásicos son una prueba de normalidad, una prueba de multicolinealidad y una prueba de heterocedasticidad.

Se llevó a cabo una prueba de normalidad para determinar si los valores residuales son generados por una regresión de distribución normal o no. Se dice que esta prueba estadística indica una distribución normal si el nivel de significación es superior a 0,05. Los residuos de todos los modelos cumplieron con los supuestos de distribución. Por lo tanto, se puede afirmar que los datos en este estudio se distribuyeron normalmente.

4.1 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

El análisis de correlación y el estudio de regresión lineal se llevaron a cabo para investigar las relaciones entre las variables. Los modelos de regresión lineal buscan explicar la varianza de una variable dependiente a partir de varias variables independientes, asumiendo una relación lineal entre ellas (Hair et al., 2017). El objetivo principal es determinar si cada variable independiente tiene un impacto significativo en la variable dependiente y en qué medida.

El resultado del análisis de correlación se presenta en la tabla 2, donde se muestran los coeficientes de correlación entre todas las variables. El valor del coeficiente de correlación global es 0.86, lo que sugiere una dependencia fuerte entre las variables. Cuanto más cercano a 1 sea este valor, mayor será la fuerza de la relación entre las variables.

Los resultados del análisis de correlación indican que la intensidad de los intercambios internacionales, la percepción de las redes estudiantiles y la coautoría internacional son factores clave que están fuertemente asociados con la investigación académica y la generación de patentes en las universidades emprendedoras. Un mayor número de intercambios internacionales se asocia con una mayor colaboración internacional, presupuesto y resultados innovadores. Las redes de investigación también muestran una fuerte correlación con la profesionalización del

personal, el presupuesto, las patentes y la innovación, subrayando la importancia de las redes en el ecosistema universitario. Sin embargo, la infraestructura muestra correlaciones negativas con algunos factores clave, lo que sugiere que una excesiva focalización en la infraestructura podría estar desviando recursos de otras áreas importantes para la investigación y la innovación. Estos hallazgos resaltan la necesidad de equilibrar los recursos y esfuerzos en intercambios internacionales, redes y profesionalización para maximizar los resultados en investigación y desarrollo.

TABLA 2. *Análisis de correlación entre variables*

| <i>Variabes</i> | <i>INTINV</i> | <i>INFRA</i> | <i>RED</i> | <i>COIN</i> | <i>PROFINT</i> | <i>TAM</i> | <i>PRESUP</i> | <i>PAT</i> | <i>INV</i> |
|-----------------|---------------|--------------|------------|-------------|----------------|------------|---------------|------------|------------|
| <i>INTINV</i> | 1 | | | | | | | | |
| <i>INFRA</i> | -.226* | 1 | | | | | | | |
| <i>RED</i> | .123 | .154 | 1 | | | | | | |
| <i>COIN</i> | .324** | -.259** | .418** | 1 | | | | | |
| <i>PROFINT</i> | .120 | -.200* | .416** | .574** | 1 | | | | |
| <i>TAM</i> | -.121 | .140 | -.250** | .278** | .304** | 1 | | | |
| <i>PRESUP</i> | .251** | .104 | .535** | .202* | .227* | .136 | 1 | | |
| <i>PAT</i> | .369** | .347** | .524** | .367** | .338** | .389** | .613** | 1 | |
| <i>INV</i> | .298** | -.237* | .331** | .552** | .497** | -.149* | .181 | .292** | 1 |

Fuente: Software SPSS

4.2. PRUEBA DE MULTICOLINEALIDAD

Los resultados del análisis de multicolinealidad, presentados en la Tabla 3, indican que no existen problemas graves de multicolinealidad entre las variables independientes incluidas en los modelos de regresión para las variables dependientes de innovación académica (INV) y patentes (PAT). Los valores de Tolerancia (Tol) y el Factor de Inflación de la Varianza (VIF) para todas las variables están dentro de los rangos aceptables, con Tol > 0.1 y VIF < 10. Específicamente, para el modelo de investigación académica (INV), las variables COIN, PROFINT e INTINV presentan VIF de 1.552, 1.476 y 1.064 respectivamente, lo que indica niveles bajos de colinealidad. De manera similar, para el modelo de patentes (PAT), las variables PRESUP, INFRA, TAM, RED e

INTINV muestran VIF de 1.474, 1.077, 1.047, 1.456 y 1.121 respectivamente, nuevamente indicando ausencia de colinealidad significativa.

Estos hallazgos sugieren que las estimaciones de los coeficientes en los modelos de regresión son fiables y que cada variable independiente contribuye de manera única y significativa a la predicción de las variables dependientes (Watkins, 2018). La ausencia de multicolinealidad significativa refuerza la validez de los modelos utilizados, permitiendo una interpretación clara y precisa del impacto de cada variable independiente en la innovación académica y la generación de patentes en las universidades emprendedoras. Por lo tanto, se puede concluir que factores como la coautoría internacional, la instrucción de profesores, el intercambio internacional, el presupuesto institucional, la infraestructura, el tamaño de la universidad y las redes estudiantiles influyen significativamente en la capacidad de investigación y generación de patentes, sin que se vean afectados por problemas de multicolinealidad.

TABLA 3. Test de multicolinealidad

| Collinearity analysis | | |
|-----------------------|------|-------|
| Variable (INV) | | |
| Variables | Tol | VIF |
| COIN | .644 | 1,552 |
| PROFINT | .677 | 1,476 |
| INTINV | .940 | 1,064 |
| Variable (PAT) | | |
| PRESUP | .679 | 1,474 |
| INFRA | .928 | 1,077 |
| TAM | .955 | 1,047 |
| RED | .687 | 1,456 |
| INTINV | .892 | 1,121 |

Fuente: Software SPSS

4.3 REGRESIÓN LINEAL

Los resultados empíricos de los modelos de investigación (Tabla 4) e patentes (Tabla 5) revelan un R cuadrado ajustado de 0.323 y 0.545, respectivamente. Estos valores indican que el 32.3% de la variabilidad

en el caso de las investigación y el 54.5% en el de la investigación son explicados por las variables incluidas en los modelos.

El análisis de regresión muestra que la investigación académica en universidades emprendedoras está significativamente influenciada por tres factores principales. En primer lugar, la coautoría internacional muestra una asociación positiva y significativa con la producción de investigación académica ($\beta = 0.317$, $p < 0.001$), lo que sugiere que una mayor colaboración en publicaciones con investigadores extranjeros se traduce en un aumento en la generación de conocimiento. Esto respalda la idea de que la investigación colaborativa es fundamental para la innovación y el avance académico (Bachert, et al., 2021; Sagan et al., 2023). En segundo lugar, la formación de profesores, representada por el número de profesores con maestría y doctorado, emerge como otro predictor clave de la investigación académica ($\beta = 0.270$, $p < 0.001$). Este hallazgo destaca la importancia de contar con un cuerpo docente altamente calificado para fomentar un entorno de investigación robusto y productivo (Terán-Bustamante et al, 2021; Lascaux, 2019; Ode & Ayavoo, 2020). Por último, el intercambio internacional se identifica como un facilitador significativo de la investigación académica ($\beta = 0.149$, $p = 0.001$), indicando que la exposición a diversas perspectivas y prácticas académicas a nivel global promueve la excelencia en la investigación. Estos resultados, respaldados por un valor ajustado de R-cuadrado de 0.545 y una significancia estadística en el ANOVA ($p < 0.001$), ofrecen una sólida base empírica para el desarrollo de políticas y prácticas destinadas a impulsar la investigación académica en el contexto de las universidades emprendedoras.

Tabla 4. Regresión lineal para el modelo investigación

| Variables | Coefficient β | Standard error | t | Sig. |
|--------------------------------|---------------------|----------------|-------|------|
| (Constante) | | 11,094 | 8,089 | ,000 |
| COIN | ,317 | ,109 | 4,341 | ,000 |
| PROFINT | ,270 | ,053 | 3,787 | ,000 |
| INTINV | ,149 | ,728 | 2,459 | ,001 |
| Adjusted R-squared | ,545 | | | |
| Standard error of the estimate | 1,06732 | | | |
| Durbin-Watson | 1,921 | | | |
| ANOVA | ,000 | | | |
| Variable Dependiente: INV | | | | |

Fuente: Software SPSS

El análisis de regresión realizado para investigar los determinantes de la generación de patentes en entornos universitarios indica que la disponibilidad de presupuesto (PRESUP) emerge como un factor crucial, con un coeficiente β de 0.414 y una significancia estadística muy alta ($p < 0.001$). Esto sugiere que un mayor presupuesto asignado a la investigación se asocia positivamente con una mayor producción de patentes. Asimismo, la calidad de la infraestructura (INFRA) y el tamaño de la universidad (TAM) también muestran una influencia significativa en la generación de patentes, con coeficientes β de 0.213 ($p < 0.001$) y 0.172 ($p = 0.001$) respectivamente. Estos hallazgos con investigaciones previas que contar con una infraestructura adecuada y una mayor escala institucional facilita el proceso de innovación y el desarrollo de tecnologías patentables (Parmentola, 2020).

Además, la red de colaboración (RED) y el intercambio internacional (INTINV) también se destacan como predictores importantes de la generación de patentes, con coeficientes β de 0.216 ($p < 0.001$) y 0.175 ($p = 0.001$) respectivamente. Esto sugiere que una red activa y la participación en actividades de intercambio internacional contribuyen significativamente a los procesos de innovación abierta de la universidad, fomentando la creación y protección de propiedad intelectual.

Estos hallazgos están respaldados por un valor ajustado de R-cuadrado de 0.545 y una significancia estadística en el ANOVA ($p < 0.001$), lo que sugiere que el modelo proporciona una explicación sólida de la

variabilidad en la generación de patentes. Además, el valor del estadístico Durbin-Watson (1.921) indica que no hay autocorrelación significativa en los residuos del modelo, lo que confirma la validez de las estimaciones.

Tabla 3 Regresión lineal para el modelo patentes

| Variables | Coefficient β | Standard error | t | Sig. |
|--------------------------------|---------------------|----------------|--------|------|
| (Constante) | | ,365 | 1,214 | ,226 |
| PRESUP | ,414 | ,062 | 7,146 | ,000 |
| INFRA | ,213 | ,003 | -4,305 | ,000 |
| TAM | ,172 | ,097 | -3,532 | ,001 |
| RED | ,216 | ,044 | 3,755 | ,000 |
| INTINV | ,175 | ,073 | 3,456 | ,001 |
| Adjusted R-squared | ,545 | | | |
| Standard error of the estimate | 1,06732 | | | |
| Durbin-Watson | 1,921 | | | |
| ANOVA | ,000 | | | |
| Variable Dependiente: PAT | | | | |

Fuente: Software SPSS

En conjunto, estos resultados destacan la importancia de factores como el presupuesto asignado a la investigación, la infraestructura institucional, el tamaño de la universidad, la red estudiantil y la colaboración internacional en el impulso de la innovación y la generación de patentes en entornos universitarios emprendedores. Estos hallazgos ofrecen valiosas perspectivas para el diseño de políticas y estrategias que promuevan la innovación y la transferencia de conocimientos en el ámbito académico y empresarial.

5. CONCLUSIONES

Esta investigación contribuye al cuerpo teórico existente sobre la innovación abierta en entornos académicos, subrayando la importancia de múltiples factores que influyen en estos procesos (Padilla-Bejarano et al., 2023). La identificación de variables como la coautoría internacional, la formación docente y el intercambio internacional como factores clave para la investigación académica, junto con el presupuesto, la

infraestructura y el tamaño institucional como determinantes de la generación de patentes, ofrece una visión integral y multidimensional que puede guiar futuras investigaciones en este campo. Además, estos hallazgos reafirman y amplían teorías previas sobre la investigación colaborativa y la capacidad de absorción de conocimiento como motores esenciales de la innovación y el desarrollo académico.

La primera hipótesis del estudio planteó que la investigación colaborativa, al involucrar una diversidad de actores y fuentes externas, tendrá un impacto positivo en los procesos acoplados (entradas y salidas de conocimiento) de innovación abierta. En este sentido los hallazgos de este estudio corroboraron que la investigación colaborativa tiene un impacto fuerte tanto para las entradas de conocimiento (Modelo 1 investigación) como para las salidas (modelo 2 Patentes) en procesos acoplados de innovación abierta. Los resultados obtenidos se corresponden con estudios anteriores, donde se puso evidencia que las redes de colaboración establecen vínculos que promueven y fomentan la confianza entre los miembros del equipo. Además, nuestros resultados respaldan la observación de Bachert et al. (2021) y Sagan et al. (2023) la investigación colaborativa mejora el rendimiento general del sistema y la difusión del conocimiento científico.

La segunda hipótesis del estudio plantea que la capacidad de absorción tiene un efecto positivo en la promoción de la innovación en los procesos acoplados (entradas y salidas de conocimiento) de innovación abierta en las universidades de Brasil. Esta investigación corrobora la influencia significativa de la capacidad de absorción, medida a través del indicador Instrucción de Profesores, tanto para la variable patentes como para la variable investigación en el ámbito universitario. Este hallazgo respalda la importancia de fortalecer la capacidad de absorción como un medio para promover la entrada y salida de conocimiento en el marco de la innovación abierta.

La tercera hipótesis de nuestro estudio plantea que existe una asociación positiva entre infraestructura adecuada en las universidades y la promoción de la innovación en los procesos acoplados (entradas y salidas de conocimiento) de innovación abierta en las universidades de Brasil. Los resultados revelaron que los recursos institucionales,

medidos a través de indicadores como la infraestructura, el presupuesto y el tamaño de la universidad, tiene una asociación positiva con la generación de patentes (Tsen et al., 2020). Sin embargo, no mostraron un impacto significativo de los recursos institucionales en el desarrollo de la investigación académica. Además, la infraestructura mostró correlaciones negativas con algunos factores clave, lo que sugiere que una excesiva focalización en la infraestructura podría estar desviando recursos de otras áreas importantes para la investigación y la innovación. En conclusión, aunque la infraestructura adecuada en las universidades puede desempeñar un papel importante en la generación de patentes y la transferencia de tecnología.

Los resultados de este estudio tienen importantes implicaciones prácticas mejorar sus estrategias de investigación y desarrollo en las universidades brasileñas. Por ejemplo, fomentar la coautoría internacional y el intercambio académico puede aumentar significativamente la producción de investigaciones de alta calidad y la generación de patentes. Además, invertir en la formación de docentes y en la infraestructura adecuada puede potenciar la capacidad de innovación y el impacto de la investigación. Las universidades deben equilibrar sus recursos entre la infraestructura física y las redes colaborativas para maximizar sus resultados en investigación y desarrollo.

7. REFERENCIAS

- Arvanitis, S., Lokshin, B., Mohnen, P., & Wörter, M. (2015). Impact of External Knowledge Acquisition Strategies on Innovation: A Comparative Study Based on Dutch and Swiss Panel Data. *Review of Industrial Organization*, 46, 359–382. <https://doi.org/10.1007/s11151-015-9450-7>
- Audretsch, D. B. (2014). From the entrepreneurial university to the university for the entrepreneurial Society. *The Journal of Technology Transfer*, 39, 313–321. <https://doi.org/10.1007/s10961-012-9288-1>
- Băban, C. F., Băban, M., & Rangone, A. (2022). Outcomes of industry–university collaboration in open innovation: an exploratory investigation of their antecedents’ impact based on a PLS-SEM and soft computing approach. *Mathematics*, 10(6), 931. <https://doi.org/10.3390/math10060931>

- Bachert, P., Wäsche, H., Albrecht, F., Hildebrand, C., Kunz, A. M., & Woll, A. (2021). Promoting students' health at university: Key stakeholders, cooperation, and network development. *Frontiers in Public Health*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.680714>
- Bell, G. G. (2005). Clusters, networks, and firm innovativeness. *Strategic Management Journal*, 26(3), 287-295. <https://doi.org/10.1002/smj.448>
- Brenner, T., Cantner, U., Fornahl, D., Fromhold, M., & Werker, C. (2011). Regional innovation systems, clusters, and knowledge networking. *Regional Science*, 90(2), 243–249. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2011.00368>
- Chen, H., Song, X., & Jin, Q. (2022). Network dynamics in university-industry collaboration: A collaboration-knowledge dual-layer network perspective. *Scientometrics*, 127, 6637–6660. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04330-9>
- Cheng, H., Zhang, Z., Huang, Q., & Liao, Z. (2020). The effect of university–industry collaboration policy on universities' knowledge innovation and achievements transformation: Based on innovation chain. *Journal of Technology Transfer*, 45, 522–543. <https://doi.org/10.1007/s10961-018-9653-9>
- Chesbrough, H. W. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Press.
- Chesbrough, H. W. (2007). Business model innovation: It's not just about technology anymore. *Strategy & Leadership*, 35(6), 12-17.
- Chesbrough, H. W. (2012). Open innovation. *Research Technology Management*, 55(4), 20-27.
- Cohen, W.M. and Levinthal, D.A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128–152.
- Corsino, M., & Torrisi, S. (2023). University engagement in open innovation and intellectual property: Evidence from university–industry collaborations. *Journal of Industrial and Business Economics*, 50, 781–813. <https://doi.org/10.1007/s40812-023-00280-2>
- Cowan, R., & Zinovyeva, N. (2013). University effects on regional innovation. *Research Policy*, 42(3), 788–800. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.10.001>

- Crespi, G. A., Geuna, A., Nomaler, Ö., & Verspagen, B. (2010). University IPRs and knowledge transfer: Is university ownership more efficient? *Economics of Innovation and New Technology*, 19(7), 627–648.
- Davies, G. H., Flanagan, J., Bolton, D., Roderick, S., & Joyce, N. (2021). University knowledge spillover from an open innovation technology transfer context. *Knowledge Management Research & Practice*, 19(1), 84–93. <https://doi.org/10.1080/14778238.2020.1746204>
- Etzkowitz, H. and Leydesdorff, L. (1995) 'The triple helix --university-industry-government relations: a laboratory for knowledge based economic development', EASST.
- Falco, S. E. De, Renzi, A., Orlando, B., Cucari, N., Esposito, S., Renzi, A., Orlando, B. (2017). Open collaborative innovation and digital platforms. *Production Planning & Control*, 28(16), 1344–1353. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1375143>
- Figuroa, N. Y., Olaya, E. S., & Castro, H. F. (2020). Modelo de Identificación de Estrategias para Potencializar la Generación de Patentes a la Medida de la Institución de Educación Superior. *J. Technol. Manag. Innov*, 15(2), 81–94. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242020000200081>
- García-Hurtado, D., Devece, C., & Hoffmann, V.E., (2022). University-industry collaboration and absorption capacity in knowledge creation in Latin America. *International Journal of Services Operations and Informatics*, 12(1), 58-69. <https://doi.org/10.1504/IJSOI.2022.123565>
- Gassmann, O., Enkel, E., & Chesbrough, H. (2010). The future of open innovation. *R&D Management*, 40(3), 213-221. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2010.00605.x>
- Ge, S. & Liu, X. (2021) The role of knowledge creation, absorption and acquisition in determining national competitive advantage', *Technovation (In Press)*, 102396. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102396>
- Giusti, J. D., Alberti, F. G., & Belfanti, F. (2020). Makers and clusters. Knowledge leaks in open innovation networks. *Journal of Innovation & Knowledge*, 5(1), 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2018.04.00>
- Goel, R. K., Göktepe-Hultén, D., & Grimpe, C. (2017). Who instigates university–industry collaborations? University scientists versus firm employees. *Small Business Economics*, 48(3), 503–524.

- Guan, J., & Liu, N. (2016). Exploitative and exploratory innovations in knowledge network and collaboration network: A patent analysis in the technological field of nano-energy. *Research Policy*, *45*, 97–112. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.08.002>
- Hair Jr., J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2017). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). SAGE Publications. <https://doi.org/10.1007/s10995-012-1023-x>
- Huang, M. H., Yang, H. W., & Chen, D. Z. (2015). Industry-academia collaboration in fuel cells: A perspective from paper and patent analysis. *Scientometrics*, *105*, 1301–1318.
- Johnston, A. (2022). Open innovation in science: assessing the formation and function of SME-university collaborations through the proximity matrix. *Industry and Innovation*, *29*(2), 310–332. <https://doi.org/10.1080/13662716.2021.1997725>
- Kolympiris, C., & Klein, P.G. (2017). The effects of academic incubators on university innovation. *Strategic Entrepreneurship Journal*, *11*(2), 145–170.
- Lascaux, A. (2019). ‘Absorptive capacity, research output sharing, and research output capture in university-industry partnerships’. *Scandinavian Journal of Managem. https://doi.org/10.1016/j.scaman.2019.03.001*
- Marcolin, F., Vezzetti, E., & Montagna, F. (2017). How to practise Open Innovation today: what, where, how and why. *Creative Industries Journal*, *10*, 258–291. <https://doi.org/10.1080/17510694.2017.1393178>
- Mascarenhas, C., Ferreira, J. J., & Marques, C. (2018). University–industry cooperation: A systematic literature review and research agenda. *Science and Public Policy*, *45*(5), 708–718. <https://doi.org/10.1093/scipol/scy003>
- Meisel, J. D., Montes, F., Ramirez, A. M., Lemoine, P. D., Valdivia, J. A., & Zarama, R. (2022). Network analysis of collaboration in networked universities. *Kybernetes*, *51*(4), 1341–1364. <https://doi-org.universidad-viu.idm.oclc.org/10.1108/K-10-2020-0648>
- Modic, D., Lužar, B., & Yoshioka-Kobayashi, T. (2023). Structure of university licensing networks. *Scientometrics*, *128*, 901–932. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04564-7>
- Molina-Morales, F.X., Martínez-Cháfer, L. Capó-Vicedo, J. & Capó-Vicedo, J. (2022). The dynamizing role of universities in industrial clusters. The case of a Spanish textile cluster. *The Journal of The Textile Institute*, *113*(11), 2318–2327. <https://doi.org/10.1080/00405000.2021.1980268>

- Ode, E., & Ayavoo, R. (2020). The mediating role of knowledge application in the relationship between knowledge management practices and firm innovation. *Journal of Innovation & Knowledge*, 5(3), 210–218. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2019.08.002>
- Padilla-Bejarano, J. B., Zartha-Sossa, J. W., Ocampo-López, C., & Ramírez-Carmona, M. (2023). Open innovation: A technology transfer alternative from universities. A systematic literature review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(3), 100090. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100090>
- Padilla-Meléndez, A., & Garrido-Moreno, A. (2012). Open innovation in universities: What motivates researchers to engage in knowledge transfer exchanges? *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 18(4), 417–439. <https://doi.org/10.1108/13552551211239474>
- Parmentola, A., Ferretti, M. and Panetti, E. (2020) ‘Exploring the university-industry cooperation in a low innovative region. what differences between low tech and high tech industries?’, *International Entrepreneurship and Management Journal*, 17,1469–1496. <https://doi.org/10.1007/s11365-020-00671-0>
- Phelps, C., Heidl, R., & Wadhwa, A. (2012). Knowledge, networks, and knowledge networks. *Journal of Management*, 38, 1115–1166.
- Rauter, R., Globocnik, D., Perl-Vorbach, E., & Baumgartner, R. J. (2019). Open innovation and its effects on economic and sustainability innovation performance. *Journal of Innovation & Knowledge*, 4(4), 226–233. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2018.03.004>
- Sagan, A., Brzezińska, J., Rybicka, A., Sztemberg-Lewandowska, M., & Pełka, M. (2023). Item response theory network analysis of European universities. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 52(8), 3593–3611. <https://doi.org/10.1080/03610918.2021.1941109>
- Sonnenwald, D. H. (2007). Scientific collaboration. *Annual Review of Information Science and Technology*, 41, 643–681.
- Sun, Y., Liu, J., & Ding, Y. (2019) Analysis of the relationship between open innovation, knowledge management capability and dual innovation. *Technology Analysis & Strategic Management*, <https://doi.org/10.1080/09537325.2019.1632431>

- Ter Wal, A. L. J., Criscuolo, P., & Salter, A. (2017). Making a marriage of materials: The role of gatekeepers and shepherds in the absorption of external knowledge and innovation performance. *Research Policy*, 46(5), 1039-1054. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.03.003>
- Terán-Bustamante, A., Martínez-Velasco, A., & López-Fernández, A. M. (2021). University–industry collaboration: A sustainable technology transfer model. *Administrative Sciences*, 11(4), 142. <https://doi.org/10.3390/admsci11040142>
- Tsen, F-C., Huang, M., & Chen, D-Z. (2020). Factors of university–industry collaboration affecting university innovation performance. *The Journal of Technology Transfer*, 45 (2), 560–577. <https://doi.org/10.1007/s10961-018-9656-6>
- Viveiros Lopes, A. P. V. B., Monteiro de Carvalho, M. (2018). Evolution of the open innovation paradigm: Towards a contingent conceptual model. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 284-298. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.02.014>
- Wang, J., Ma, X., Zhao, Y., Zhao, J., & Heydari, M. (2022). Impact of scientific and technological innovation policies on innovation efficiency of high-technology industrial parks – A dual analysis with linear regression and QCA. *International Journal of Innovation Studies*, 6,(3), 169-182. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.ijis.2022.06.001>
- Wang, Y., Duan, Z., & Xiong, J. (2013). Research on enterprises' innovation performance in university–industry–government networks based on absorptive capacity. In E. Qi, J. Shen, & R. Dou (Eds.), *The 19th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 1017–1026). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-38427-1_22
- Watkins, M. W. (2018). Exploratory factor analysis: A guide to best practice. *Journal of Black Psychology*, 44(3), 219–246. <https://doi.org/10.1177/0095798418771807>
- West, J., Salter, A., Vanhaverbeke, W., & Chesbrough, H. (2014). Open innovation: The next decade. *Research Policy*, 43(5), 805–811. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.03.001>
- Xie, X., & Wang, H. (2020). How can open innovation ecosystem modes push product innovation forward? An fsQCA analysis. *Journal of Business Research*, 108(October 2019), 29–41. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.10.011>

FORMACIÓN CON CHATGPT EN LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

GREGORIO RIUS-SOROLLA

Universitat Politècnica de València (UPV)

JOSE-LUIS POZA-LUJAN

Universitat Politècnica de València (UPV)

GERUSA GIMÉNEZ-LEAL

Universitat de Girona

1. INTRODUCCIÓN

El 30 de noviembre de 2022, OpenAI lanzó ChatGPT, un producto tecnológico basado en inteligencia artificial (AI) y Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP, por sus siglas en inglés), un chatbot que ha tenido un gran impacto global en muy poco tiempo (OpenAI, 2022). Aunque no es ni el único ni el primer sistema de AI, su impacto en el ámbito universitario ha sido notable. Cuando en agosto de 1998 se fundó la empresa Google con el desarrollo de “PageRank”, no se anticipaba el impacto que tendría sobre su competidor AltaVista (1995-2013). Actualmente, Google posee una cuota de mercado del 89,2% en los servicios de búsqueda general y del 94,9% en dispositivos móviles, y recientemente ha sido declarado como monopolista por el juez federal Amit P. Mehta (McCabe, 2024). Entre los años 2000 y 2005, los estudiantes, de entonces, aprendimos la nueva forma de buscar en internet y la importancia del SEO (Search Engine Optimization)(Griffiths et al., 2005). Ahora, los estudiantes están aprendiendo a saber comunicarse con la AI. ChatGPT es capaz de interpretar preguntas complejas, generar respuestas relevantes similares a las de una persona, ofrecer sugerencias personalizadas, resumir textos, adaptar o generar alternativas de texto, generar textos en diferentes idiomas y diferentes estilos lingüísticos, proponer código, proporcionar retroalimentación en tiempo real y en

cualquier momento, explicar conceptos y facilitar consultas para aquellos estudiantes que son reacios a hacer preguntas en clase (Rawas, 2024). Sin embargo, presenta desventajas como errores, falta de calidad, sesgo, problemas de plagio, dependencia, falta de seguridad y privacidad en los datos personales debido a su falta de transparencia. Además, limita el desarrollo de las capacidades de pensamiento crítico, pensamiento creativo o resolución de problemas (Ali et al., 2024). También plantea la necesidad de desarrollar políticas que garanticen el acceso equitativo a las tecnologías de AI, de modo que todos los estudiantes tengan las mismas oportunidades de beneficiarse de estos avances (Sabzalieva et al., 2023).

A pesar de estas desventajas, ChatGPT y otras herramientas de AI ya forman parte de las herramientas de los estudiantes actuales, y es necesario reconocer su potencial futuro. Es imperativo su introducción en todo el ámbito universitario (O. Ajlouni et al., 2023), valorando sus ventajas, pero considerando las implicaciones éticas de sus potenciales desventajas. En la literatura, se encuentran numerosos estudios y revisiones, que examinan las ventajas e inconvenientes de estas herramientas (Ali et al., 2024; Crompton et al., 2024; Farrokhnia et al., 2024; Lo et al., 2024; Sánchez-Ruiz et al., 2023; Tlili et al., 2023), pero aún se necesitan más estudios de casos sobre su incorporación en la formación universitaria, acerca del uso de estas herramientas y de la reacción de los estudiantes (French et al., 2023; Yu, 2023).

Este trabajo presenta los resultados de la introducción de la herramienta ChatGPT entre los estudiantes universitarios, como un caso de estudio para futuras investigaciones, y anima activamente a los profesores y estudiantes a explorar el uso de herramientas de AI para apoyar su trabajo de manera ética. El resto del trabajo se estructura de la siguiente manera: primero se describe la metodología, posteriormente se identifica la herramienta, una revisión de la literatura, se presentan los resultados y finaliza con las conclusiones y futuras líneas de investigación.

2. ¿QUÉ ES CHATGPT?

Si le preguntamos directamente a ChatGPT qué es, proporciona una definición coherente: “es un modelo de lenguaje avanzado desarrollado por OpenAI que utiliza inteligencia artificial para generar texto de manera coherente y contextualmente relevante. La versión "GPT" en ChatGPT se refiere a "Generative Pre-trained Transformer", una arquitectura de red neuronal especializada en procesar secuencias de texto y generar respuestas a partir de ellas” (consulta realizada a ChatGPT 4.0, el 1/8/2024).

Por lo tanto, ChatGPT es un modelo de lenguaje natural no supervisado, con capacidad de autoaprendizaje multitarea, entrenado con millones de páginas webs (Radford et al., 2019). Los sistemas de autoaprendizaje o “Machine Learning” (ML) son entrenados con grandes conjuntos de datos, utilizando modelos de aprendizaje supervisados o parametrizados, como las redes neuronales, con el objetivo de que se sean cada vez más generalistas y puedan responder a diferentes de tareas.

En el desarrollo de ChatGPT-3, se definió el modelo de red neuronal con 175 mil millones de parámetros (Brown et al., 2020) y aproximadamente 570GB de datos provenientes de diferentes sitios web, o el equivalente a 300 mil millones de palabras (Hughes, 2023). Los modelos de redes neuronales optimizan las relaciones entre neuronas a partir de datos de aprendizaje; estas relaciones, en función de las entradas, generan las respuestas esperadas de los datos de aprendizaje, y ante nuevas entradas de datos, podrán dar respuestas sin que el investigador conozca detalladamente las relaciones internas entre neuronas.

Los modelos lingüísticos NLP calculan las probabilidades estadísticas de generar cadenas de tokens a partir de los tokens de contexto de las preguntas realizadas. Para realizar este proceso, se requiere de análisis gramatical, sintáctico y semántico (Russell et al., 2016). Un “token” es la división mínima del texto, que puede ser palabras, frases, caracteres individuales o partes de palabra con un concepto determinado (Manning et al., 1999; Nilsson, 2011), y que el modelo o algoritmo procesa para realizar tareas como análisis o generación de texto. En ChatGPT-3, se estableció que la entrada permitida era de hasta 1024

tokens de contexto (Radford et al., 2019) para generar un nuevo texto. Actualmente, ChatGPT maneja un máximo de 128,000 tokens de entrada para generar un máximo 4096 tokens de respuesta (OpenAI, 2024).

ChatGPT-3 no es un modelo para resolver problemas matemáticos, pero como modelo de lenguaje natural, permite resolver ciertos problemas dado que opera en función de patrones estadísticos. Por ejemplo, ante un problema como "resolver $x: x + 4 = 10$ ", produce la respuesta correcta "6", pero si se le añaden unos cuantos ceros, por ejemplo, "resolver $x: x + 40000 = 100000$ ", el resultado es un incorrecto "50000" (Floridi et al., 2020). Este último aspecto es relevante para poder determinar en qué contexto y qué tareas se pueden realizar con el soporte de ChatGPT.

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Ante la pregunta de cómo se ha integrado el uso de las herramientas de AI como ChatGPT en la formación universitaria, se encuentran pocas experiencias documentadas. Diferente es la situación con los estudios sobre la aceptación o rechazo a su uso (Stephens, 2023), o sobre la utilización de chatbots de información para ayudar a los estudiantes de forma general (Siragusa et al., 2024). Sin embargo, lo que se busca identificar son casos de integración en tareas específicamente diseñadas con dichas herramientas en el ámbito universitario. De la revisión de la literatura sobre "ChatGPT case study university", se encontraron 38 trabajos en WoS, de los cuales solo destacamos las siguientes como acciones de integración en la formación universitaria:

- En la Universidad Metropolitana de Londres, a los estudiantes de tercer año del curso de Programación de Juegos se les asignó la tarea de investigar el estado de desarrollo de herramientas como ChatGPT y Dall-E, para enfrentar sus miedos de ser reemplazados por la AI en el futuro laboral. El trabajo destaca la positiva aceptación de los alumnos y cómo contribuyó a mejorar sus habilidades de resolución de problemas y reflexión crítica, concluyendo con el plan de incorporar en

mayor medida módulos de programación de AI en la formación de sus estudiantes (French et al., 2023).

- La Universidad Van Lang en Vietnam integró ChatGPT en clases de escritura para estudiantes de inglés como lengua extranjera (ESL). Los profesores observaron mejoras en las habilidades de escritura al proporcionar ejemplos de lecturas útiles, sugerencias para la construcción de ideas y corrección de errores lingüísticos (Nguyen, 2023). La universidad pública de Malasia incorporó esta herramienta para el desarrollo de las habilidades de expresión oral en estudiantes ESL en un entorno clase inversa (Muniandy et al., 2024). La escuela de Lenguas Extranjeras de una fundación universitaria de Ankara (Turquía), integró ChatGPT en clases de lectura, escritura, gramática y vocabulario, con sesiones de 45 minutos de duración cada una. Se diseñaron actividades didácticas para ayudar a los estudiantes a mejorar sus competencias gramaticales y de redacción mediante el uso eficaz de ChatGPT, con prompts (instrucciones o indicaciones dadas por el usuario al programa para obtener de este una respuesta) ofrecidos inicialmente por los profesores, para luego animar a los estudiantes a generar sus propios prompt. Los estudiantes mostraron mejoras en las competencias lingüísticas en escritura y gramática, y en el aprendizaje de vocabulario en su contexto adecuado, aunque algunos expresaron temores de que la facilidad de uso de la AI podría ser contraproducente en su aprendizaje del inglés “Tengo miedo de acostumbrarme demasiado y que mi inglés se deteriore”(Karataş et al., 2024).
- En la Universidad Sunway de Malasia y en la Universidad Nacional Chung Hsing se están diseñando la implantación futura de ChatGPT como herramienta auxiliar para crear entornos de aprendizaje interactivos en ingeniería química, específicamente en relación con el proceso de las columnas de destilación (Kong et al., 2023). Aún no han realizado su aplicación práctica, pero esperan que sea útil como tutor virtual que refuerce los conocimientos básicos y los cálculos manuales.

- La Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Friburgo (Suiza) utilizó un chatbot con 13 alumnos con el objetivo de enseñar las mejores prácticas de ingeniería de software. Aunque los estudiantes apreciaron la tarea, no se observaron diferencias significativas con el grupo de control que no utilizó el chatbot (Farah et al., 2023).

Como podemos ver, es un área que requiere de más estudios de caso con el fin de mejorar la comunicación con las AI en la formación universitaria.

4. METODOLOGÍA

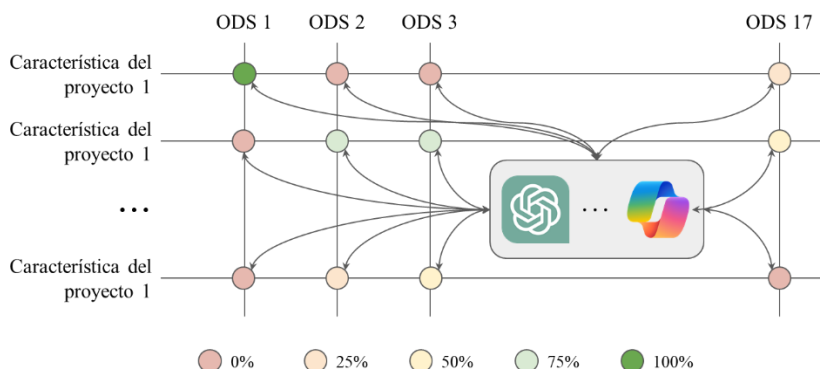
Aunque la metodología de casos de estudio sigue siendo un enfoque controvertido para la recopilación de datos, gozan de un amplio reconocimiento en los estudios de ciencias sociales, especialmente cuando se buscan analizar el comportamiento social (Zainal, 2007). Este enfoque permite comprender las condiciones de comportamiento a través de la perspectiva de los actores involucrados. Se define como método de investigación de casos de estudio "como una indagación empírica que investiga un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto real; cuando los límites entre fenómeno y contexto no son claramente evidentes; y en la que se utilizan múltiples fuentes de pruebas" (Yin, 2018).

El caso de estudio presentado evalúa la reacción de los alumnos universitarios ante la incorporación del uso de la herramienta ChatGPT en una de sus tareas de aprendizaje.

La tarea se desarrolla dentro de la asignatura de “Gestión de proyectos”, que prepara a los estudiantes de 3º y 4º curso del grado de Ingeniería Informática en la dirección y manejo de proyectos según los estándares de la ISO 21500, PMBOK® y la Norma técnica CCII-N2016-02 del Consejo del Colegio de Ingenieros Informáticos de España. En esta tarea participan un total de 105 alumnos agrupados en 16 grupos de trabajo. La tarea se enmarca dentro del desarrollo de sus competencias transversal de compromiso social y medioambiental, para actuar con ética y responsabilidad profesional ante los desafíos sociales, ambientales y económicos.

El objetivo específico de la tarea es profundizar en la relación intrínseca entre los proyectos tecnológicos en los que están embarcados los alumnos y los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenibles). La tarea consiste en interrelacionar las distintas características de sus proyectos con respecto a los 17 ODS, tal como se muestra en la Figura 1.

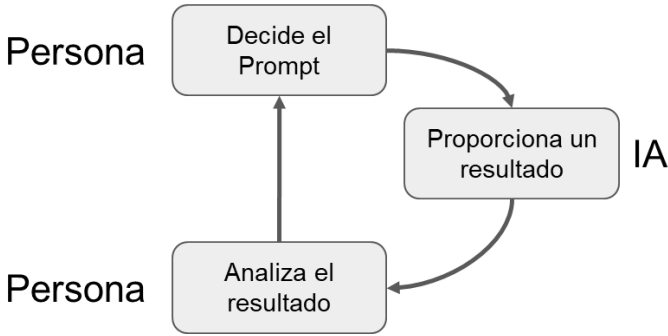
FIGURA 1. Sinóptico de la tarea del caso de estudio



Fuente: Elaboración propia

La tarea en grupo concluye con la elaboración de un texto que justifique las implicaciones de su proyecto en el marco de los ODS (Naciones Unidas, 2017). Para ello, deben usar una herramienta de AI para establecer las relaciones y redactar un texto justificativo. Además, deben adjuntar el aprendizaje realizado, incluyendo los prompts utilizados, para lograr el objetivo de la tarea. Para ello, deben seguir un proceso de aprendizaje que consiste en elaborar prompt, analizar el resultado y ajustar el prompt para cumplir con la tarea, tal como se refleja en la Figura 2.

FIGURA 2. Sinóptico de la tarea del caso de estudio



Fuente: Elaboración propia

Para la realización de la tarea en grupo, se les proporciona una descripción de los ODS, con enlace a más información (Naciones Unidas, 2017), e información sobre la correcta preparación de los prompts, basada en un artículo que revisa la comunicación efectiva entre humanos y la AI (Segura, 2024). Antes de comenzar la tarea, se les presentó la Figura 3 y una reflexión sobre las ventajas e inconvenientes de la herramienta de ChatGPT como AI y la ética en su uso (Sabzalieva et al., 2023).

FIGURA 3 ¿Cuándo es seguro utilizar ChatGPT?



Fuente: Figura diseñada por Aleksandr Tiulkanov. Rediseñada por Fraidy Alonso Alzate Pamplona. Bajo licencia: Atribución CC BY. Fuente: AI and Data Policy Lawyer. Publicado en enero de 2023 (Sabzalieva et al., 2023)

5. RESULTADOS DEL CASO DE ESTUDIO

Los alumnos de ingeniería de informática están familiarizados con los nuevos chatbots (ChatGPT de OpenAI, Copilot de Microsoft, Bard de Google o Claude de Anthropic). Muchos de ellos son usuarios habituales de estas herramientas e incluso algunos disponen de licencia de pago para ciertas herramientas de AI, por lo que la tarea fue rápidamente comprendida.

De los dieciséis trabajos realizados por los correspondientes equipos de estudiantes, después del análisis de estos, se pueden destacar ciertas observaciones sobre la interacción y el aprendizaje de los estudiantes con la herramienta de AI, tales como:

- Una secuencia adecuada de prompts permite centrar a la AI en los ODS y, posteriormente, relacionar las características de sus proyectos, lo que facilita un análisis más detallado de los ODS en relación con sus proyectos.
- Otros trabajos que utilizaron la secuencia invertida, es decir, primero explicaron su proyecto y luego pidieron relacionarlo con los ODS, obtuvieron menos propuestas de interrelación con los ODS, dado que la AI intentó evaluar la viabilidad de sus proyectos sin centrarse en los ODS.
- Algunos trabajos plantearon preguntas abiertas respecto a una primera definición de sus proyectos y los ODS para permitir que la AI aportara otras visiones antes de centrarse en las que ellos consideraban adecuadas. Estos grupos observaron que la AI continuaba insistiendo en relaciones con ODS que ellos habían descartado en nuevos prompts, pero la AI seguía insistiendo en esos ODS.
- Algunos grupos tuvieron que corregir a la AI e incorporar ODS en la justificación que aportaba, gracias a su conocimiento previo de los ODS que ellos habían previamente asimilado como resultados de sus proyectos.
- Algunos grupos preseleccionaron las ODS y utilizaron la AI para preguntar sobre las necesidades de su proyecto para explicar la selección realizada y al mismo tiempo les permitiera justificar su selección.

Como se puede observar, los resultados obtenidos proporcionaban un número de relaciones entre sus proyectos y los ODS de una forma muy correcta y justificada. Algunos grupos detectaron propuestas equivocadas de la AI, mientras que otros grupos recibieron otros puntos de vista

que no habían considerado y que les permitieron ampliar su visión de los ODS en relación con su proyecto tecnológico.

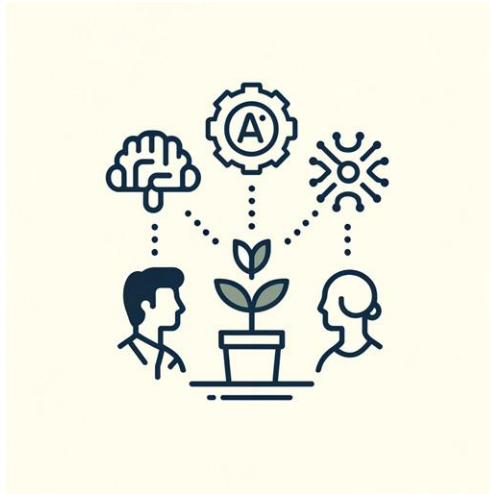
Al preguntarles a los alumnos, una vez finalizada la tarea, sobre sus impresiones, destacaron:

- Era la primera tarea encomendada en la que el profesorado les pedía utilizar una herramienta de AI para realizar su trabajo.
- Algunos de los grupos comentaron que deberían recibir más información y formación acerca de cómo hacer los prompts en ChatGPT, más allá de las reflexiones del texto suministrado.
- Varios estudiantes agradecieron que fuera la primera asignatura que les pedía un trabajo para justificar la competencia transversal, en este caso de compromiso social con los ODS. Esta universidad está dentro de un plan de desarrollo de competencias transversales, en el que todos alumnos de los distintos grados deben trabajar. La universidad ha integrado en las distintas asignaturas y niveles, antes de la obtención de su titulación, asignaturas de control para evaluar los niveles de desarrollo de los egresados en las competencias transversales (UPV, 2024).

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los alumnos demuestran que ya están utilizando las posibilidades de las herramientas de AI en las distintas tareas que realizan, tal como ocurrió en su momento con Google. Se observa que tienen ciertos conocimientos, pero carecen de las habilidades necesarias en la elaboración de prompt para aprovechar al máximo todas las posibilidades de estos programas.

FIGURA 4. Semilla entre la AI y el pensamiento crítico



Fuente: Elaboración propia con Dall-E

El uso de la AI puede servir como una “semilla” (Figura 4) para mejorar tanto el resultado proporcionado por la AI como por las personas, convirtiéndose en una fuente de imaginación. Al mismo tiempo, permite a los estudiantes desarrollar su pensamiento crítico, ya que deben evaluar las alternativas que ofrece la herramienta de AI. En esta tarea, los alumnos dominan sus proyectos y conocen los 17 ODS, lo que les permite un correcto desarrollo del pensamiento crítico que refuerza sus competencias, les ayuda a valorar las capacidades y limitaciones de la AI, y mejora los textos propuestos.

Esta interacción entre los estudiantes y la herramienta de AI refleja más un trabajo sinérgico que una competencia entre la AI y las funciones del estudiante. Al mismo tiempo, destaca la importancia de la comunicación efectiva con las tecnologías de AI. La AI ayuda a justificar las implicaciones sociales de los proyectos tecnológicos, pero son los estudiantes quienes finalmente validan dichas relaciones. Las AI se presentan como herramientas de consulta y reflexión sobre alternativas que interrelacionan los dos ámbitos: sus proyectos y los ODS. Además, facilita la tarea de desarrollar textos estructurados que justifiquen dichas relaciones.

Una evidencia aportada por los alumnos, destacada en otros estudios de investigación, es la necesidad de integrar en su formación el desarrollo de las habilidades de comunicación con las herramientas de AI. Los siguientes pasos de investigación deben centrarse en valorar los resultados de integrar en la formación de los alumnos el desarrollo de la competencia de comunicarse con la AI. Dentro de dicha formación, se debe incluir tanto el conocimiento de las ventajas que aporta la AI como de sus inconvenientes, limitaciones y aspectos éticos, junto con ejemplos y pasos para la elaboración de prompts adecuados, que les permitan conocer las posibilidades, los conceptos básicos y las técnicas de interacción con la AI.

7. REFERENCIAS

- Ali, D., Fatemi, Y., Boskabadi, E., Nikfar, M., Ugwuoke, J., & Ali, H. (2024). ChatGPT in Teaching and Learning: A Systematic Review. *Education Sciences, 14*(6), 643. <https://doi.org/10.3390/educsci14060643>
- Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., ... Amodei, D. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. *Advances in Neural Information Processing Systems, 33*, 1877–1901. <https://commoncrawl.org/the-data/>
- Crompton, H., & Burke, D. (2024). The Educational Affordances and Challenges of ChatGPT: State of the Field. *TechTrends, 68*(2), 380–392. <https://doi.org/10.1007/s11528-024-00939-0>
- Farah, J. C., Ingram, S., Spaenlehauer, B., Lasne, F. K. L., & Gillet, D. (2023). Prompting Large Language Models to Power Educational Chatbots. In *Advances in Web-Based Learning-ICWL2023* (pp. 169–188). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-8385-8_14
- Farrokhnia, M., Banihashem, S. K., Noroozi, O., & Wals, A. (2024). A SWOT analysis of ChatGPT: Implications for educational practice and research. *Innovations in Education and Teaching International, 61*(3), 460–474. <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2195846>
- Floridi, L., & Chiriatti, M. (2020). GPT-3: Its Nature, Scope, Limits, and Consequences. *Minds and Machines, 30*(4), 681–694. <https://doi.org/10.1007/s11023-020-09548-1>

- French, F., Levi, D., Maczo, C., Simonaityte, A., Triantafyllidis, S., & Varda, G. (2023). Creative Use of OpenAI in Education: Case Studies from Game Development. *Multimodal Technologies and Interaction*, 7(8).
<https://doi.org/10.3390/mti7080081>
- Griffiths, J. R., & Brophy, P. (2005). Student searching behavior and the web: Use of academic resources and Google. *Library Trends*, 53(4), 539–554.
- Hughes, A. (2023). ChatGPT: Everything you need to know about OpenAI’s GPT-4 tool. <https://www.sciencefocus.com/future-technology/gpt-3>
- Karataş, F., Abedi, F. Y., Ozek Gunyel, F., Karadeniz, D., & Kuzgun, Y. (2024). Incorporating AI in foreign language education: An investigation into ChatGPT’s effect on foreign language learners. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12574-6>
- Kong, Z. Y., Adi, V. S. K., Segovia-Hernández, J. G., & Sunarso, J. (2023). Complementary role of large language models in educating undergraduate design of distillation column: Methodology development. *Digital Chemical Engineering*, 9, 100126.
<https://doi.org/10.1016/j.dche.2023.100126>
- Lo, C. K., Hew, K. F., & Jong, M. S. yung. (2024). The influence of ChatGPT on student engagement: A systematic review and future research agenda. *Computers and Education*, 219(January),
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105100>
- Manning, C., & Schütze, H. (1999). *Foundations of statistical natural language processing*. MIT press (2nd Editio).
- McCabe, D. (2024). ‘Google Is a Monopolist,’ Judge Rules in Landmark Antitrust Case. *The New York Times*.
<https://www.nytimes.com/2024/08/05/technology/google-antitrust-ruling.html>
- Muniandy, J., & Selvanathan, M. (2024). ChatGPT, a partnering tool to improve ESL learners’ speaking skills: Case study in a Public University, Malaysia. *Teaching Public Administration*.
<https://doi.org/10.1177/01447394241230152>
- Naciones Unidas. (2017). Objetivos de desarrollo Sostenible.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/#>
- Nguyen, T. T. H. (2023). EFL Teachers’ Perspectives toward the Use of ChatGPT in Writing Classes: A Case Study at Van Lang University. *International Journal of Language Instruction*, 2(3), 1–47.
<https://doi.org/10.54855/ijli.23231>

- Nilsson, N. J. (2011). *The quest for artificial intelligence: A history of ideas and achievements*. book, Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511819346>
- O. Ajlouni, A., Abd-Alkareem Wahba, F., & Salem Almahaireh, A. (2023). Students' Attitudes Towards Using ChatGPT as a Learning Tool: The Case of the University of Jordan. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 17(18), 99–117.
<https://doi.org/10.3991/ijim.v17i18.41753>
- OpenAI. (2022). Introducing ChatGPT. Retrieved August 5, 2024, from <https://openai.com/index/chatgpt/>
- OpenAI. (2024). GPT-4 Turbo in the OpenAI API. Retrieved August 8, 2024, from <https://help.openai.com/en/articles/8555510-gpt-4-turbo-in-the-openai-api>
- Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., & Sutskever, I. (2019). Language Models are Unsupervised Multitask Learners. *OpenAI Blog*, 1(8), 9. Retrieved from <https://insightcivic.s3.us-east-1.amazonaws.com/language-models.pdf>
- Rawas, S. (2024). ChatGPT: Empowering lifelong learning in the digital age of higher education. *Education and Information Technologies*, 29(6), 6895–6908. <https://doi.org/10.1007/S10639-023-12114-8/FIGURES/4>
- Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial Intelligence A Modern Approach* (Third Edit). Pearson.
- Sabzalieva, E., & Valentini, A. (2023). ChatGPT e Inteligencia Artificial en la educación superior. *Educación 2030*, 1–16. Retrieved from <https://bit.ly/4dAjlkc>
- Sánchez-Ruiz, L. M., Moll-López, S., Nuñez-Pérez, A., Moraño-Fernández, J. A., & Vega-Fleitas, E. (2023). ChatGPT Challenges Blended Learning Methodologies in Engineering Education: A Case Study in Mathematics. *Applied Sciences*, 13(10), 6039. <https://doi.org/10.3390/app13106039>
- Segura, R. (2024). Consejos de los ingenieros para comunicarse con la inteligencia artificial. Retrieved February 25, 2024, from <https://bit.ly/4eSD12q>
- Siragusa, I., & Pirrone, R. (2024). Unipa-GPT: Large Language Models for university-oriented QA in Italian. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2407.14246v2>
- Stephens, M. (2023). University of Cambridge will allow students to use ChatGPT. Retrieved August 1, 2024, from <https://bit.ly/401clcT>

- Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M. A., Bozkurt, A., Hickey, D. T., Huang, R., & Agyemang, B. (2023). What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. *Smart Learning Environments*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00237-x>
- UPV. (2024). Acuerdo relativo a la modificación de la ordenación e integración de las competencias transversales en los títulos oficiales de la Universitat Politècnica de València. <https://bit.ly/47XjJrP>
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods*. London: SAGE Publications.
- Yu, H. (2023). Reflection on whether Chat GPT should be banned by academia from the perspective of education and teaching. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1181712>
- Zainal, Z. (2007). Case study as a research method. *Jurnal Kemanusiaan*.

PROCESOS Y ESPACIOS DE INNOVACIÓN: UNA APROXIMACIÓN A LA MIXOLOGÍA Y LOS DISTRITOS CREATIVOS

CRETA COTA-COTA

Instituto INNISGNIA, CETYS Universidad

MAYER CABRERA-FLORES

Instituto INNISGNIA, CETYS Universidad

MARTA PERIS-ORTIZ

Universitat Politècnica de València (UPV)

CETYS Universidad

1. INTRODUCCIÓN

Desde los trabajos de Jacobs (1969) hasta los de Sassen (2001) o Glaeser (2011; 2021), el estudio de las ciudades como polos de innovación y desarrollo económico se ha intensificado. Incluso autores como Hall (2000) y Florida (2008) han centrado su interés en aquellos espacios urbanos cuyas condiciones estimulan el surgimiento de toda una economía basada en actividades creativas. Esta economía que inicialmente fue promovida por el Departamento de Cultura, Medios y Deporte del Reino Unido, hoy se caracteriza por ser un motor del desarrollo económico contemporáneo y un vehículo promotor de la identidad cultural regional (Richards, 2020).

Es así como los conceptos de innovación y creatividad se han posicionado en el centro del desarrollo territorial y de la economía del siglo XXI. De esta forma, los ecosistemas y distritos creativos surgen como espacios geográficos, que de manera orgánica y con alto dinamismo, generan condiciones para anclar emprendimientos culturales y artísticos de valor añadido. Estos entornos, a través de la concentración de industrias de tipo cultural y creativo, suelen influir en el desarrollo local

mediante la generación de empleo, la regeneración urbana y el impulso a la diversidad cultural, la inclusión social y la sostenibilidad ambiental (Marques & Richards, 2014).

Dado lo anterior, los barrios creativos, los ecosistemas de innovación y los distritos creativos han ganado popularidad en las últimas décadas. Estos se relacionan con el capital urbano y regional, a través de cinco dimensiones: física (edificios, infraestructura), natural (entorno y paisaje), humana (talento), cultural (bienes y patrimonio cultural –tangibles e intangibles) y social (comunidad, identidad, compromiso y cohesión) (Lazzaro, 2022).

Dentro de este tipo de espacios, las experiencias culinarias de autor, urbanas o de alta gama, han empezado a cobrar relevancia, impulsando el resurgimiento de la mixología, apoyado en su creatividad, su calidad y en el auge de lo artesanal (Ocejo, 2010; Quijano-Gómez, 2019).

La complejidad, originalidad y sofisticación alcanzada por la mixología en la actualidad, han hecho de ella un elemento indispensable en la oferta base de bares y restaurantes de alta gama, particularmente en distritos creativos emergentes y desarrollados. Esta proximidad entre mixología y distritos creativos, sugiere una simbiosis en donde la innovación actúa como un estímulo entre ambos. Por un parte, la mixología evoluciona impulsada por procesos de innovación, pero esta a su vez tiene el potencial de estimular la formación de espacios creativos.

La mixología moderna ha evolucionado, no solo como una ciencia, sino como un arte que logra combinar la creatividad, el conocimiento y las capacidades sensoriales para elaborar cócteles con base en alcohol y sin alcohol. En dicha evolución, la experimentación con nuevos ingredientes y técnicas han transformado los procesos de elaboración, la estética de su presentación y los hábitos de consumo alrededor de la coctelería, impulsando con ello un resurgimiento de la mixología a nivel mundial.

En el caso de Baja California, esta región mexicana ha experimentado una especialización productiva de su territorio, en donde la industria vitivinícola, la producción de cerveza artesanal y la gastronomía, se empiezan a convertir en símbolos de su identidad económica y cultural. Por ejemplo, sus tres principales ciudades, Mexicali, Tijuana y

Ensenada son reconocidas como cuna de la cerveza artesanal en México, mientras que de Tijuana, además se reconoce su alto nivel en la gastronomía. Por su parte Ensenada ostenta el nombramiento de ciudad creativa por la UNESCO en el ámbito gastronómico, y es reconocida como la capital del vino mexicano por su alta producción vitivinícola (Cabrera-Flores et al., 2024).

De la mano de estos movimientos, ligados a la gastronomía, también se empieza a observar el surgimiento de una coctelería de autor de primer nivel. Sin embargo, se desconoce su potencial como un estímulo generador de distritos creativos y como un detonador de innovaciones. Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo analizar los factores de innovación presentes en la mixología a partir de su asociación con la ciencia, el arte, la creatividad y la adaptabilidad.

La relevancia y pertinencia de este trabajo se evidencia desde diferentes aristas. Por una parte, se identifican importantes vacíos teóricos. Es decir, la literatura enfocada en analizar los factores de innovación presentes en la mixología es escasa, sobre todo las que buscan explicar su aportación a la generación de distritos creativos, por lo que acercarse a este objeto de estudio, abre la posibilidad de generar toda una línea de investigación que complementa las investigaciones sobre innovación en otros contextos culturales y creativos, como son la gastronomía y las artes. Además, este tipo de estudios permite reconceptualizar a la mixología como un viejo oficio de carácter artesanal, dentro de la nueva economía creativa.

Asimismo, es importante entender la dinámica de la innovación desde una perspectiva alternativa al cambio tecnológico como son los contextos de las industrias culturales y creativas, sobre todo para países en vías de desarrollo como el caso de México y cuya riqueza artística y cultural es elevada. Entender estos procesos de innovación permite generar condiciones para lograr que estos países emergentes identifiquen nuevos nichos de emprendimiento e innovación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Este apartado se divide en dos secciones que abordan temas esenciales relacionados con la innovación y la mixología vinculadas con el arte, la ciencia y la creatividad. Esta sección explora cómo los distritos creativos fomentan el aprendizaje, la sensibilización y la creatividad impulsando innovaciones en las prácticas locales, así como su impacto en el crecimiento económico y la cohesión social de estas áreas urbanas. Asimismo, se menciona como la mixología ha sido influenciada por la mercadotecnia y la coctelería molecular, integrando ciencia y arte para innovar en la industria de bebidas.

2.1 DISTRITOS CREATIVOS

Los distritos creativos, artísticos y de innovación, son áreas urbanas donde se concentran actividades creativas e innovadoras, lo que a menudo conduce al desarrollo económico y atractivo urbano (Boichot, 2014; Katz & Wagner, 2014; Piqué & Richards, 2022). Estos distritos surgieron del agrupamiento orgánico de individuos creativos en áreas deterioradas, atraídos por bajos alquileres y un sentido de comunidad (Holt, 2005), y se han convertido en mecanismos vitales para la generación de experiencias únicas para los turistas y contribuyendo a la sostenibilidad de la cultura local (Holt, 2005; Piqué & Richards, 2022).

Además los distritos creativos generan intercambios formales e informales, los cuales fomentan el aprendizaje y la sensibilización, impulsando pequeñas innovaciones en las prácticas locales (Scott, 2010). Asimismo, el fomentar la creatividad y estas pequeñas innovaciones en un espacio urbano, además de hacer crecer a la economía, también consolida a la localidad como un símbolo de identidad y genera nuevas oportunidades que permiten tener mayor capital cultural, y así poderse integrar en el desarrollo urbano (Sepe, 2018).

Estos distritos han destacado el papel de la creatividad en la revitalización urbana (Hedström, 2016), siendo la calidad visual un factor clave para atraer a emprendedores creativos (Smit, 2011). Sin embargo, aunque los distritos creativos traen muchos beneficios, también experimentan ciertos desafíos, como es la marginación y la falta de participación

comunitaria en torno a la transformación del distrito, es por ello que, la alianza entre los sectores públicos y privados puede ser la estrategia a largo plazo (Goldberg-Miller & Heimlich, 2017).

Para que estos distritos se desarrollen de manera exitosa es necesario la participación de la comunidad creativa. En este sentido la economía postindustrial ha abierto las puertas para el trabajo creativo, como ejemplo los artistas aceptan trabajos en bares para financiar su arte y exhibir su capital cultural nocturno y aunque la evaluación de estos servicios aún no está muy estudiada es un sector de suma importancia (Ocejo, 2010).

En particular el surgimiento de los distritos creativos, refleja un cambio en la geografía espacial de la innovación, con un enfoque hacia la rehabilitación de áreas urbanas compactas, accesibles por transporte público y ricas en amenidades, entre ellas museos, galerías, restaurantes y todo tipo de experiencias culinarias, incluyendo bares de mixología (Katz & Wagner, 2014).

2.2. MIXOLOGÍA

Antropólogos e historiadores afirman que el alcohol ha formado parte de casi todas las sociedades desde los albores de la civilización humana. Sin embargo, solo en esta época ha sido motivo de una serie de investigaciones académicas, como el *Oxford Companion to Spirits and Cocktails*, la cual es la primera obra de referencia importante que cubre el tema, y explora los aspectos históricos, técnicos y culturales de esta rama de la familia de bebidas alcohólicas (Carlin, 2013).

La mixología, concebida como el arte de combinar diferentes bebidas para elaborar un cóctel, hoy en día experimenta un auge creciente (Dixon, 2021). Sin embargo, los primeros cócteles alcohólicos datan de mediados del siglo XIX, uno de ellos es el denominado Isabelina, creado en Inglaterra. Esta se dio a conocer rápidamente y fue una base para crear nuevas bebidas y con los años se empezó a experimentar en la variedad de bebidas alcohólicas (Huls & Tyckoson, 1987).

Actualmente, regiones como Estados Unidos, Reino Unido, España y México, experimentan con enfoques como la mixología molecular, que

aplica técnicas de esferificación, gelificación, carbonatación y nitrogenado, a la creación de cócteles, y cuyo impacto se refleja en el desarrollo de nuevas tendencias e innovaciones (Mohan, 2016). Estas y otras técnicas de elaboración de cócteles, que producen reacciones físicas y químicas, ejemplifican claramente el componente científico de la mixología, el cual representa un vehículo para potenciar los procesos de innovación.

Por otra parte, la mixología no solamente es percibida como una actividad ligada a la ciencia, que incluso puede desarrollarse con herramientas de laboratorio (Sanderson, 2021), también se percibe como un arte, el arte de crear cócteles, el cual a pesar de su larga historia, sigue siendo un factor influyente en la actual industria de bebidas (Mohan, 2016).

Lee et al. (2011) sugiere que los cócteles representan nuevos medios para el arte escénico, por varias razones. Principalmente, los cócteles en sí son medios sinestésicos –tienen recetas, elementos visuales, sonidos y sabores. Asimismo, el mixólogo es performativo, ya que ofrece un espectáculo con gestos coreografiados. También, se reconoce que el procedimiento de preparar cócteles es análogo al de producir sonidos. Finalmente, el cóctel tiene los elementos adecuados que permite formularlo como una performance digital. Por ejemplo, un cóctel tiene una receta sencilla con una cantidad limitada de ingredientes en comparación con otros alimentos.

La evolución de la coctelería ha sido influida por varios factores, incluyendo cambios en los conceptos de mercadotecnia (Qing-hua, 2009), y la introducción de nuevas técnicas de elaboración, las cuales aplican análisis científico (Chawla & Sigamany, 2015). Estos cambios han llevado a un enfoque más sofisticado y experimental de la coctelería, con un énfasis tanto en el arte como en la ciencia.

El impacto de la mixología ha sido tal, que lo no solamente se observa en el ámbito culinario, sino también ha influido en otros campos. Por ejemplo en la industria musical, el término *mezclar* y hacer *Disc-jockey*, hace referencia a la mixología (Filippi & Jabot, 2012). Asimismo, con frecuencia se hace analogía a la mixología, con la intención de explicar los métodos mixtos de investigación en las ciencias sociales, ya que

ambos implican la integración de diferentes métodos para crear una comprensión integral (Brannen, 2009).

3. MÉTODO

La presente investigación es de corte cualitativo, cuyo objetivo fue analizar los factores de innovación presentes en la mixología a partir de su asociación con la ciencia, el arte, la creatividad y la adaptabilidad. Para ello se llevó a cabo una serie de entrevistas semi estructuradas con ocho profesionales de la mixología. La entrevista estudió tres categorías principales: factores de innovación, construcción de sinergias e intercambio cultural. Sin embargo, para el propósito de este capítulo, sólo se analiza la categoría factores de innovación. Dentro de esta categoría se analizó la creatividad y originalidad, los cambios y transformaciones, así como la adaptabilidad de este sector. Con la finalidad de garantizar el anonimato y confidencialidad de los datos, se asignaron pseudónimos a cada participante. Los pseudónimos hacen alusión a los cócteles más populares, buscando la familiaridad con el tema de estudio, quedando de la siguiente forma: Manhattan, Martini, Paloma, Margarita, Cosmo, Sunrise, Bloody y Tom.

En total se aplicaron de manera presencial ocho entrevistas semiestructuradas, con una duración promedio de 45 minutos. Los criterios de selección de los participantes se hicieron a partir de su perfil como mixólogos y jefes de barras en diferentes bares de Baja California. Para el análisis de la información se utilizó la técnica de narrativa.

4. RESULTADOS

Este apartado se divide en tres secciones las cuales abordan los resultados de las categorías de Creatividad, originalidad, estímulos e inspiración; Mixología, arte y ciencia; y Evolución, transformaciones y adaptabilidad. Esta sección se centra en describir las diferentes perspectivas de los mixólogos acerca de los factores de innovación.

4.1 CREATIVIDAD, ORIGINALIDAD, ESTÍMULOS E INSPIRACIÓN

A partir de las entrevistas, resulta evidente que la creatividad es un factor de suma importancia en la industria de la mixología. Esta se puede ver reflejada en diferentes aspectos del cóctel, desde su combinación de ingredientes y técnicas de elaboración, hasta su presentación. Pero además la propia mixología funciona como un estímulo creativo aplicable en otras áreas de la propia labor del mixólogo o incluso en su vida personal, tal como señala *Martini*:

Hay diferentes y distintas áreas de creatividad, considero que soy una persona creativa no solo porque puedo hacer cócteles, sino porque va más allá de realizar un cóctel en un restaurante, en un bar, en la vida en general tienes que hacer distintos diseños construir cosas y situaciones. Para mí es más interesante diseñar y organizar los métodos de operación de un bar o un restaurante que tal vez un cóctel entonces sí creo que es importante es una herramienta que un gastrónomo tendría que desarrollar.

Asimismo, la creatividad se observa en la interpretación única que cada bartender imprime al momento de crear un cóctel, por ejemplo *Manhattan* señala: “cada bartender tiene una forma distinta de generar un embudo para proyectar ideas, todo parte de acumular varias ideas, procesarlas y proyectarlas en algo clásico en la estructura de un cóctel que existe”.

En este proceso creativo la conexión de ideas, tendencias y experiencias, al igual que la experimentación con recetas, técnicas de elaboración y formas de presentación, es fundamental, sobre todo para la generación de nuevas propuestas. De esta forma, la creatividad se presenta en una amplia gama de formas, desde la decoración del cóctel, la paleta de colores, el diseño general de la experiencia en la coctelería, y hasta en la interacción con los clientes.

Por otra parte, también existen factores externos que actúan como incentivo de los procesos creativos, y que van más allá de la inspiración personal, como son las tendencias y exigencias del mercado y la competencia profesional, lo cual da como resultado un incremento en la presión por destacar y ser el mejor como señala *Martini*:

Hace poco es que los bartenders empiezan a tener visibilidad en la industria gastronómica, a raíz de esto pues obviamente empieza a surgir pues más presión social pues por quién quieres ser el mejor no, eso

también exige mucha más preparación, mucho más conocimiento, experiencia, riesgos. Entonces hay distintas competencias a nivel nacional e internacional que te orillan y te motivan a poder desarrollar este lado creativo (...), como la presión social, la competencia contigo misma y con los demás.

En este contexto, resulta claro que el participar en competencias a nivel local, nacional e internacional es tan importante para desarrollar habilidades creativas, como lo son el conocimiento y la experiencia. La inspiración puede surgir de cualquier cosa, desde experiencias personales hasta objetos cotidianos, y cada mixólogo tiene su propia forma de encontrarla y expresarla. Tal y como señala *Pisco*:

Por aquí hay un trago en el bar que se llama Mirai, cuando le preguntas al bartender “como por qué se llama así”, porque el concentrado tiene maracuyá pero también tiene que ver con el nombre de un ataque de un videojuego que él está jugando ahorita, entonces la creatividad de este trago se ve reflejada en cómo percibe el ataque en el videojuego, en la animación, o lo que esté pasando en ese momento, sí creo que la creatividad en la coctelería tiene mucho que ver pues con las experiencias que uno vive en el momento o cosas que marcan la vida de esa persona y con base en eso lo hacen.

Es así como la inspiración puede provenir de paisajes, canciones, novelas literarias, obras arquitectónicas, o como en este caso, de videojuegos, así como de una infinidad de otros elementos con los que el mixólogo busca dar sentido a sus cócteles y lograr su distinción dentro de la oferta del mercado de coctelería de autor.

Asimismo, en los resultados sobresale que el proceso creativo frecuentemente se ve influido por las preferencias personales del mixólogo. Es decir, suelen privilegiar la satisfacción de sus antojos, por encima de las tendencias.

También se hace mención de cómo el conocimiento y la experiencia de probar nuevos productos, restaurantes, bares y viajar amplían su perspectiva, pero también es de suma importancia el conocer las raíces locales y la influencia cultural en la coctelería, mencionando cómo la diversidad de mixólogos de diferentes regiones fomenta un intercambio cultural en la creación de bebidas.

De igual forma, los entrevistados destacan la importancia de encontrar un equilibrio entre la creatividad conceptual y la practicidad, considerando el propósito del cóctel y la experiencia que se busca ofrecer al cliente, en donde se crea una experiencia divertida y social en una cantina psicodélica, priorizando la sustentabilidad y la accesibilidad del cóctel, sin dejar de lado la apreciación artística y la percepción del cliente.

4.2 MIXOLOGÍA, ARTE Y CIENCIA

Sobre la relación entre mixología, arte y ciencia, todos los entrevistados afirman de manera contundente, que tanto el arte como la ciencia son elementos esenciales de la mixología, sin los cuales la coctelería no sería posible. Ellos reconocen un acercamiento con la ciencia, a través de los procesos físico-químicos que ocurren con la combinación de ciertos ingredientes, o con las diferentes técnicas de elaboración del cóctel. Por ejemplo, Martini señala:

Sí claro, de hecho, creo que de las ciencias que más se pueden aplicar podría ser la química y la física, nosotros tenemos mucho que ver con eso por el manejo del hielo, de las sustancias como el ácido cítrico, el glutamato monosódico, los efectos de la leche con el limón o sea el alcohol, los cambios químicos que puede tener por el flip con el jugo de limón, (...) o sea sí tenemos mucho que ver con la ciencia.

Por su parte, Manhattan comenta:

Sí totalmente, por ejemplo yo ahorita llegué a un punto en donde digo, cómo puedo hacer cócteles que sean sorprendentes, pero a la vez fáciles pero que te generen ese asombro que digas, cómo lo hiciste, no me lo explico (...) ahí yo creo que entra esa parte de entender la ciencia (...) empiezo a estructurar los ingredientes y empiezo como que entender por qué hicieron una receta de esa forma (...) yo creo que entra la parte de la ciencia y la química detrás de los alimentos para saber cómo manipularlos, ejemplo un tomate crudo o un tomate cocido, no me no me va a dar el mismo sabor, entonces ahí es donde yo tengo que investigar.

Asimismo, el proceso de creación de un cóctel, no sólo se relaciona con la ciencia, también el arte es un elemento de suma importancia, por ejemplo, el enfoque en la decoración y presentación de las bebidas, así como en la creación de experiencias únicas para los clientes, es resultado de procesos creativos semejantes al arte, con los cuales se intenta

satisfacer la demanda del mercado que constantemente busca nuevas y originales propuestas. En este escenario, el mixólogo actúa como un artista, ya que ambos combinan ingredientes y presentaciones para crear experiencias sensoriales. En esta línea de pensamiento, algunos de los participantes comentan lo siguiente:

Martini: Para mí crear un cóctel viene de la mano de algo artístico, cuando dejé la danza, empecé a entrar en las barras. Una de las cosas que más me gustaba era que la gente se sentara enfrente de mí y me viera trabajar, y eso me hacía recordar cuando tenía presentaciones de danza y la gente se sentaba frente a ti a verte hacerlo, es como entrar en escena.

Tom: Sí claro (...) la mixología es un tipo de arte al decorar, al presentar los tragos, incluso cómo una persona que está atendiendo a un cliente, le haces llevarse una experiencia distinta (...) ahí creo que la creatividad tiene que ver o afecta, y también el momento (...) presentar la coctelería en general, las presentaciones de los tragos. Cada vez pues el mercado te exige que sean más, pues vaya creativos con ese tipo de cosas.

Así, los resultados ayudan a evidenciar cómo el arte y ciencias como la química, desempeñan un papel importante en la elaboración de cócteles, haciendo uso de equipos de laboratorio como evaporadores y centrifugadoras para separar ingredientes, o buscando nuevos sabores a través de fermentaciones y la experimentación con diferentes ácidos. Sin embargo, a pesar de la influencia de la formación científica en la preparación de cócteles, se reconoce que esta no es imprescindible para crear bebidas de calidad.

De esta forma se identificó una variedad de enfoques filosóficos, estilos y perfiles entre los mixólogos, destacando dos principales. Aquellos que son metódicos, rigurosos en el uso de la técnica y racionales en la elaboración del producto imaginado, y aquellos que se basan en sus experiencias, gustos y emociones personales. Sin embargo, todos comparten tres elementos en común: la búsqueda de la creatividad y la innovación, su compromiso con la calidad del cóctel y la experiencia asociada, y su pasión por esta industria.

A partir de estas perspectivas es que la mixología puede considerarse como una combinación entre arte y ciencia. En donde el arte se manifiesta como estímulos creativos de tipo visual, olfativo y gustativo, que

en su conjunto evocan emociones en el consumidor. Mientras que la ciencia se manifiesta a través de la experimentación con elementos que producen reacciones físicas y químicas, como son los procesos de destilación, combustión, clarificación, entre otros, alcanzando con ello la calidad deseada, Todo con el propósito de generar experiencias culinarias únicas y memorables, aportando a la interacción social y cultural de un entorno.

4.3 EVOLUCIÓN, TRANSFORMACIONES Y ADAPTABILIDAD

Las opiniones de los participantes indican que la mixología es una práctica en constante evolución, influida por marcas que constantemente desafían a los *bartenders* a innovar y generar tendencias. Algunos entrevistados comentan que, aunque el término mixología ha surgido recientemente, su labor es similar a la de un *bartender*, pero con un enfoque más sustentado en el conocimiento explícito. De igual forma, y aunque la esencia de la mixología ha perdurado desde la era de la prohibición, las técnicas y tendencias han evolucionado con el tiempo.

Incluso algunos de los participantes afirman que en la industria coctelera, los cambios son constantes y comparables a la evolución en la medicina y otras disciplinas. Ejemplos recientes incluyen la transformación de cócteles clásicos como el Miami Vice en creaciones más sofisticadas, como el café martini oscuro. Asimismo, utilizan ejemplos como el del mixólogo Alex Simónico, propietario del Bar Sips en España, quien se mantiene a la vanguardia, desarrollando nuevas técnicas y sorprendentes combinaciones, como sombrillas comestibles para adornar cócteles como la piña colada. Esta constante búsqueda de innovación y nuevas sensaciones demuestra cómo la creatividad impulsa la evolución en esta industria.

Aunque en el pasado hubo estancamiento, actualmente se observa un constante cambio y búsqueda de innovación. La evolución en la mixología es un proceso continuo y dinámico, donde cada año trae consigo nuevas ideas y enfoques. Como señala *Tom*:

Creo que es algo complicado, la coctelería está constantemente evolucionando y cambiando por eso hay tanto crecimiento y tanto auge ahorita, creo yo, porque las personas se enfocan cada vez en hacer cosas

más llamativas, más nuevas, más atractivas para el cliente. Sin embargo, existe otra parte de la coctelería que es la clásica que también es un área muy fuerte y que representa en la mayoría de los bares, la mitad del menú (...) tenemos la tendencia ahora del mezcal y antes estaba el vodka y antes estaba el tequila que duraron años en tendencia (...) pero también tienes tendencias como las decoraciones dentro de la coctelería o la manera de presentar tus cócteles que van cambiando cada 2, 3 días, cada semana te encuentras una presentación distinta, una sal diferente, algo nuevo que aparece.

En este contexto, es importante reconocer que las marcas lideran esta evolución, generando así tendencias globales. Es decir, lo que es tendencia en una ciudad puede influir en otras en poco tiempo y *tropicalizarse* a las condiciones del nuevo entorno, ya sea con la mezcla de ingredientes locales o respondiendo a los hábitos de consumo del mercado local.

Este fenómeno no solo permite observar la rápida difusión de las innovaciones en la mixología mundial, sino también demuestra la adaptabilidad de la industria a las exigencias de su mercado. Sobre esto *Manhattan* opina:

Es muy cambiante lo que veía hace un año al día de hoy totalmente distinto, se siguen algunas bases, pero todo va evolucionando yo creo que la evolución la va aplicando, las marcas van aplicando y van restando a los bartenders a tener innovaciones que luego se hace tendencias entonces lo que es tendencia en Ciudad de México (CDMX) va a ser tendencia acá y así viceversa es algo bien curioso porque lo que está pasando ahorita en CDMX en 2-3 meses probablemente acá va a ser tendencia o a los alrededores de México.

Dichas exigencias por parte del mercado son un factor determinante para la evolución del sector. Con frecuencia las nuevas técnicas y tendencias emergentes son influidas por las demandas cambiantes de los consumidores. Esta evolución es evidente en la forma en que los bartenders adaptan sus servicios para satisfacer las expectativas del cliente, lo que a su vez impulsa la aceptación de nuevas tendencias en la cultura de los cócteles.

Los bartenders, cómo los *influencers* naturales de la industria, están constantemente buscando innovar y diferenciarse, explorando nuevas técnicas e ingredientes. Por ejemplo, en los últimos años, tendencias

como el milk punch han dominado la escena, pero actualmente, el enfoque está en aspectos como el tipo de hielo utilizado, con un énfasis en el hielo claro para mejorar la estética y la experiencia del cóctel.

Estas tendencias, aunque a veces sutiles, tienen un impacto significativo en la evolución de la industria, no solo en la estética y en los elementos sensoriales, sino también en la consistencia y eficiencia del servicio, buscando siempre mejorar la experiencia del consumidor.

En relación a la eficiencia de los procesos de elaboración de cócteles, también se pudo observar que los mixólogos, a partir de sus experiencias de trabajo en diversos bares, han identificado áreas de oportunidad en el diseño y funcionalidad de las barras, lo cual incide en la operación del lugar, es por ello que existe la necesidad de mejorar la industria de los bares en México, con un enfoque en el diseño y la operación eficiente. Sobre ello, *Negroni* comenta:

Yo estuve en arquitectura no la terminé, pero de ahí nace como el origen de dónde sacar las ideas entonces yo puedo ver fotos, vídeos en su mayoría fotos y ahí tomé estructuras, colores y de los colores ok es color café, cómo puedo hacer que un líquido se vea café, o fatwash que es una técnica en la cual infusioamos grasa en frío en un alcohol pero qué tipo de alcohol voy a usar para que tenga esa tonalidad entonces partiendo de a lo mejor de un solo color o de una estructura parten tus ideas.

Estos cambios que constantemente experimenta la mixología, pueden ser tanto graduales como radicales, y derivan de la necesidad de mantenerse relevantes y atractivos para los clientes. Aunque los cambios pueden ser sutiles, estos son esenciales para evitar el estancamiento y la pérdida de interés por parte de los consumidores. Aunque ocasionalmente se pueden generar innovaciones que podrían revolucionar la industria, la mayoría de los cambios, suelen ser incrementales y progresivos.

Por ejemplo, una tendencia en la mixología es reducir el uso de azúcares y aditivos, favoreciendo ingredientes más naturales. También se ha observado un cambio hacia un enfoque minimalista en la presentación de cócteles, con menos adornos y más énfasis en la limpieza visual, así como en opciones sin alcohol (*mocktails*), y un énfasis en la

importancia del enfoque zero waste. Estos cambios, aunque son pequeños, son más frecuentes y notables, en comparación con las grandes tendencias de consumo como en su momento fue el mezcal.

Sin embargo, no todas las tendencias se han diseminado de igual forma, por ejemplo, en el caso de la sustentabilidad y el zero waste, *Sunrise* comenta:

En el bar donde trabajo, que es bastante reconocido, manejan un trago que se llama sunset y lleva una decoración de un cascara de limón y el trago es bastante caro, pero como nada más ocupan las cáscaras, literalmente los limones completos los tiran, entonces sí he preguntado, así como, oye por qué no lo reciclan no hacen cubo de limón etcétera, me dicen pues es que ya va incluido en el precio del trago.

Por otra parte, esta industria no solo experimenta cambios en sus procesos de creación, también se registran cambios en los actores, como es el caso del cantinero o bartender, cuya función percibida se limitaba a servir tragos, mientras que hoy es percibido como un diseñador de cócteles y experiencias culinarias, e incluso como un intermediario cultural por su interacción social y su contribución a la construcción de símbolos identitarios. No obstante, los mayores y más frecuentes cambios los sigue marcando el mercado. Por ejemplo, en los últimos años ha habido tendencias como los clarificados con leche o el uso de ingredientes locales.

Sobre esto *Manhattan* comenta:

Por ejemplo, hay un cóctel llamado Bloody Mary fue Europa (...) nos surgió la idea de hacer un cóctel que sea eso pero que represente Baja California. Entonces lo que hicimos fue trasladarnos al Valle de San Quintín que tiene ostión (...) de ahí nos surgió la idea de hacer un Bloody Mary pero infusionado en conchas de ostión, entonces aplicamos una técnica en la cual todo ese sabor y textura como cremosa se siente en el cóctel, se siente esa textura y en vez de utilizar la marca convencional del zumo tomate nosotros hacemos uno utilizamos tomates recolectados del Valle de Maneadero le hacemos un proceso que lleva más o menos como 6-8 h para tener un resultado final y ya por resultado final ya tengo un líquido de tomate probablemente un proceso demasiado largo de cocina no para poder obtener resultado final.

Otro factor determinante de la evolución del sector es la búsqueda por ingresar a los rankings, en particular por poder formar parte en la lista *The World's 50 Best Bars*. Esto ha sido un estímulo para que los bares

y mixólogos, se esfuercen por innovar y elevar la calidad de sus creaciones, ya que esto les permite construir reconocimiento y prestigio.

La tecnología también influye en la evolución de la mixología. Por ejemplo, el rotavapor se ha convertido en una tendencia, lo que llevó a muchos bares a buscar activamente la adquisición de este equipo para mejorar sus servicios. Dentro del país, la Ciudad de México se destaca como un centro de innovación en la mixología, especialmente en el uso tecnológico. Muchos bares están adoptando equipos profesionales para crear experiencias únicas de cócteles, incluso sin alcohol. Esta adaptación a nuevas herramientas y técnicas permite a los bartenders trabajar con lo que tienen a la mano, aprovechando los ingredientes disponibles en cada temporada, pero también las tecnologías a las que tienen acceso.

Finalmente, el marco normativo y regulatorio, es otro factor que supone adaptación por parte de los bares de mixología. Sin embargo, en el caso de México, aunque pueden haber cambios en las leyes relacionadas con el licor, la percepción general es que el gobierno no prioriza a este sector.

En general, en la industria recientemente se observa una orientación hacia el cambio y la adaptación, ya que tanto mixólogos, como propietarios y reguladores, entienden que la evolución e innovación del sector depende de la constante transformación, no sólo impulsada por las tendencias de los consumidores, sino por la propia experimentación del sector.

5. CONCLUSIONES

A partir de la presente investigación, se infiere que la mixología está intrínsecamente ligada al arte y la ciencia. Estos dos elementos no solo son fundamentales en la industria, sino también son esenciales para la creación de cócteles. La creatividad en el arte de la mixología se manifiesta en la interpretación individual de cada bartender al crear un cóctel, fusionando ideas, tendencias y experiencias. Este proceso implica la experimentación con recetas, técnicas y presentaciones, generando nuevas propuestas que destacan en un mercado competitivo. Además, factores externos como las tendencias del mercado y la competencia

profesional ejercen presión sobre los bartenders para innovar constantemente y ofrecer experiencias únicas a los clientes.

Por otro lado, en el lado artístico de la mixología se observa como la creatividad es necesaria para la decoración y presentación de los cócteles, así como para la creación de experiencias sensoriales para los clientes. Es por ello que, la presentación y la creatividad son esenciales, en el proceso de elaboración de un cóctel. Asimismo, se pudo observar que la mixología además de combinar la ciencia y el arte también contribuye a la interacción social y cultural en donde hacen partícipe al cliente generando nuevas experiencias y enriqueciendo el entorno cultural.

De igual manera la mixología clásica se ha transformado en versiones más sofisticadas y también ha propiciado el desarrollo de nuevas técnicas en donde se demuestra nuevamente cómo la creatividad impulsa esta evolución.

La evolución de esta industria es un proceso constante y dinámico, en donde cada año se tienen nuevas ideas y enfoques para los cócteles. Estos cambios son impulsados principalmente por el mercado y las marcas que lideran las tendencias que genera una rápida difusión de las innovaciones.

De igual forma, se observan diferentes corrientes o perfiles dentro de la mixología. Por ejemplo, están los mixólogos que se apegan estrictamente a las recetas, que valoran cada detalle de los métodos de elaboración y que justifican científicamente cada etapa del proceso. Mientras que otro perfil, son aquellos cuyas creaciones surgen con base en sus experiencias y emociones, que privilegian ante todo la creatividad y conciben sus creaciones como una interpretación artística de sus sentidos. Finalmente, están los perfiles que hacen una mezcla de ambos elementos, arte y ciencia. Todos ellos con un mismo objetivo, generar experiencias y placeres únicos para sus consumidores.

Asimismo, se ha podido observar que las tendencias se están enfocando en la reducción del uso de azúcares, alcohol, el enfoque minimalista en cuanto a la presentación de las bebidas y un énfasis en las sostenibilidad y aunque estos cambios son pequeños han sido significativos en la industria y ya se están viendo reflejados. Además de los ingredientes y la

parte visual del cóctel, otro cambio que se ha experimentado son las técnicas y las tendencias del bartender, en donde antes se le veía como la persona encargada de servir las bebidas, pero ahora se le reconoce como un diseñador de cócteles y experiencias, así como un intermediario cultural, dentro de esta evolución la tecnología juega un papel de suma importancia, ya que permite al mixólogo innovar en sus cócteles.

Es por ello que se puede concluir que la mixología es una industria que se encuentra en constante evolución e innovación y que esta depende principalmente en la transformación de los consumidores y también en su propia experimentación.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las alumnas Nora Alejandra Flores Ruiz y Alondra Shalom Cerpa Tinajero becarias del Instituto INNSIGNIA de CETYS Universidad, por su valiosa ayuda en la documentación y síntesis de las entrevistas que hicieron posible el desarrollo de esta investigación. Esperamos que su participación las inspire a seguir avanzando en el campo de la ciencia.

7. REFERENCIAS

- Boichot, C. (2014). *Artistic Districts: Territories under Construction. A comparison between Montreuil (Île-de-France) and Neukölln (Berlin)*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Artistic-Districts%3A-Territories-under-Construction.-Boichot/530ae288aef18d2c140c2fb994764d58c594d48c>
- Brannen, J. (2009). Prologue: Mixed methods for novice researchers: Reflections and themes. *International Journal of Multiple Research Approaches*, 3(1), 8–12. <https://doi.org/10.5172/mra.455.3.1.8>
- Cabrera-Flores, M., Cota-Cota, C., Mellink-Mendez, S., & León-Pozo, A. (2024). Wine and craft beer in Baja California: An approach to innovation through label design. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*. <https://doi.org/10.1504/ijesb.2024.10060584>
- Carlin, J. M. (2013). *Cocktails: A Global History*. Reaktion Books.

- Chawla, M., & Sigamany, V. (2015). *A Comprehensive Study on the Prospects of adapting Molecular Mixology at the high end Bars located in Mumbai*. <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Comprehensive-Study-on-the-Prospects-of-adapting-Chawla-Sigamany/7e6a2e8aal5916ca223d7009ecfb82015fe6d023>
- Dixon, S. (2021). *Cocktail Lab: Milenko Prvački's International Art of Mixology*. <https://issueartsjournal.com/articles/tropical-lab-cocktail-lab-milenko-prvackis-international-art-of-mixology/>
- Filippi, F., & Jabot, P. (2012). *Mix, DJing et Night-clubbing: Résurgences d'une culture « néo-baroque » ?* <https://www.semanticscholar.org/paper/Mix%2C-DJing-et-Night-clubbing-%3A-r%C3%A9surgences-d%E2%80%99une-%C2%AB-Filippi-Jabot/82b6548f0b62294540e7c6aab902967e5760e047>
- Florida, R. (2008). *Who's Your City?: How the Creative Economy Is Making Where to Live the Most Important Decision of Your Life (Large Print 16pt)*. ReadHowYouWant.com.
- Glaeser, E. (2011). *Triumph of the City: How Our Greatest Invention Makes Us Richer, Smarter, Greener, Healthier and Happier*. Macmillan. <https://arquitecturaviva.com/libros/triumph-of-the-city>
- Glaeser, E., & Cutler, D. (2021). *Survival of the City: The Future of Urban Life in an Age of Isolation*. Penguin.
- Goldberg-Miller, S. B. D., & Heimlich, J. E. (2017). Creatives' expectations: The role of supercreatives in cultural district development. *Cities*, 62, 120–130. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.12.011>
- Hall, P. (2000). Creative Cities and Economic Development. *Urban Studies*, 37(4), 639–649. <https://doi.org/10.1080/00420980050003946>
- Hedström, S. (2016). *Creative environments in revitalizing urban districts*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Creative-environments-in-revitalizing-urban-Hedstr%C3%B6m/f97267738fcaa5aa5db4b3414a8f85f13e9c9a8f>
- Holt, R. (2005). Local culture and sustainability policy: Creativity and planning. *Australian Planner*, 42(1), 25–26. <https://doi.org/10.1080/07293682.2005.9982400>
- Jacobs, J. (1969). *The Economy of Cities*. Random House.
- Katz, B., & Wagner, J. (2014). *The Rise of Innovation Districts: A New Geography of Innovation in America*. <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/07/innovationdistricts1.pdf>

- Lazzaro, E. (2022). Cultural and Creative Districts: A Literature Review and a Taxonomy. En P. Powell & B. Shankar Nayak (Eds.), *Creative Business Education: Exploring the Contours of Pedagogical Praxis* (pp. 237–250). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10928-7_14
- Lee, Z., Chang, S., & Lim, C. Y. (2011). MixPlore: A digital performance using tangible user interfaces based on cocktail mixology. *International Journal of Arts and Technology*, 4(2), 133. <https://doi.org/10.1504/IJART.2011.039841>
- Marques, L., & Richards, G. (Eds.). (2014). *Creative Districts Around The World*.
- Mohan, V. (2016). An impact of molecular mixology-A Survey. *ZENITH International Journal of Multidisciplinary Research*. <https://www.semanticscholar.org/paper/An-impact-of-molecular-mixology-A-Survey-Mohan/f048c64a067dlb32e1259d42749f74102a415b73>
- Ocejo, R. E. (2010). What'll it be? Cocktail bartenders and the redefinition of service in the creative economy. *City, Culture and Society*, 1(4), 179–184. <https://doi.org/10.1016/j.ccs.2011.01.004>
- Piqué, J., & Richards, G. (2022). Creative districts and creative tourism. *Diálogo com a Economia Criativa*, 7(19), 137–145. <https://doi.org/10.22398/2525-2828.719137-145>
- Qing-hua, L. (2009). Historical Evolution of Marketing Mix Theory and Its Developmental Tendency. *Journal of Jiangnan University*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Historical-Evolution-of-Marketing-Mix-Theory-and-Qing-hua/bbf84fc4ebb0cdf2d2e5bed2132a166e154ec67>
- Quijano-Gómez, E. (2019). Ocio y gastronomía, las nuevas estrategias de gentrificación. El caso de Lisboa. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 29(1), 109–119.
- Richards, G. (2020). Designing creative places: The role of creative tourism. *Annals of Tourism Research*, 85, 102922. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2020.102922>
- Sanderson, T. (2021). Mixology: A tool for calculating required masses and volumes for laboratory solutions. *Wellcome Open Research*, 6, 128. <https://doi.org/10.12688/wellcomeopenres.16617.1>
- Sassen, S. (2001). The global City. New York, London, Tokyo. *The Global City: New York, London, Tokyo*, 107. <https://doi.org/10.2307/2152688>

- Scott, A. J. (2010). Creative cities: The role of culture. *Revue d'économie politique*, 120(1), 181–204. <https://doi.org/10.3917/redp.201.0181>
- Sepe, M. (2018). Place Identity And Creative District Regeneration: The Case Of 798 In Beijing And M50 In Shanghai Art Zones. *METU JOURNAL OF THE FACULTY OF ARCHITECTURE*.
<https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2017.2.15>
- Smit, A. J. (2011). The Influence of District Visual Quality on Location Decisions of Creative Entrepreneurs. *Journal of the American Planning Association*, 77(2), 167–184.
<https://doi.org/10.1080/01944363.2011.567924>

FACTORES CLAVE PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN MARCO ÉTICO Y TRANSPARENTE EN LOS USOS DE LA IA: UN ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE A NIVEL GLOBAL

MAYER CABRERA-FLORES
INSTITUTO INNSIGNIA, CETYS Universidad

ALICIA LEÓN-POZO
INSTITUTO INNSIGNIA, CETYS Universidad

EDUARDO DURAZO-WATANABE
INSTITUTO INNSIGNIA, CETYS Universidad

ARTURO SERRANO-SANTOYO
FEyRI, UABC

1. INTRODUCCIÓN

La rápida evolución de la Inteligencia Artificial (IA) ha llevado a su uso generalizado en varios sectores, incluyendo la medicina, la mercadotecnia y la educación. Sin embargo, este progreso también ha planteado importantes desafíos éticos, legales y regulatorios que necesitan ser abordados (Cath, 2018; Dignum, 2018; Coeckelbergh, 2019). Estos desafíos incluyen la necesidad de rendición de cuentas, equidad y transparencia en la gobernanza de la IA (Cath, 2018), así como el impacto ético de los sistemas de IA y las dificultades para pasar de principios a medidas concretas (Dignum, 2018; Coeckelbergh, 2019). Además, el uso de la IA en mercados electrónicos ha introducido desafíos conductuales, culturales y económicos que requieren enfoques socialmente responsables y regulaciones adecuadas (Thamik, 2022).

Desde esa perspectiva, existe una clara necesidad de identificar y apreciar correctamente los retos y complejidades de la gobernanza de la IA, y explorar sus futuras avenidas. A partir de ello resulta imperativo establecer un marco que garantice la transparencia, equidad y

responsabilidad en el desarrollo e implementación de la IA. Dado lo anterior, el propósito de este capítulo es analizar las aportaciones teóricas sobre IA más actuales y relevantes alrededor del mundo, para identificar los factores clave a considerar como parte de un marco normativo ético y transparente. Para ello se recurre a un análisis de contenido de los artículos científicos más influyentes sobre IA y ética, publicados en 2021, 2022 y 2023 a nivel mundial.

Así, la contribución de esta investigación radica en la caracterización del discurso académico mundial alrededor de la IA. En donde los hallazgos pueden convertirse en un insumo para la construcción de un marco regulatorio y normativo que estimule el sano desarrollo y uso de la IA, y al mismo tiempo, limite las implicaciones nocivas de la misma.

De esta forma, el capítulo presenta un primer apartado en donde se exploran contribuciones teóricas acerca de este tema. En un segundo apartado se describe el diseño metodológico empleado en la investigación. En el tercer apartado se presentan los resultados derivados del análisis de los 40 artículos seleccionados. Finalmente, en el cuarto apartado, se presentan de manera concreta una serie de conclusiones sobre la investigación.

2. MARCO TEÓRICO

La inteligencia artificial (IA) ha demostrado un potencial significativo para transformar múltiples aspectos de la sociedad, desde la economía hasta la salud y la educación. Sin embargo, su creciente integración en estos ámbitos también ha suscitado un intenso debate sobre los aspectos éticos y sociales asociados con su desarrollo y aplicación, los cuales deben abordarse con urgencia, debido a una posible masificación en su adopción.

Por ejemplo, Russell et al. (2015) y O'Neil (2016) señalan que la transparencia, la equidad y la responsabilidad son principios fundamentales que deben guiar el desarrollo y la implementación de la IA, ya que, de no implementarse salvaguardas adecuadas, esta tecnología tiene el potencial de incrementar las desigualdades existentes.

Por su parte, Brynjolfsson y McAfee (2017), así como Silver et al. (2016) y Topol (2019) afirman que la capacidad de los sistemas de IA para analizar grandes cantidades de datos y extraer patrones complejos ha llevado a avances notables en áreas como la medicina de precisión, la optimización de procesos industriales y la personalización de la experiencia del usuario en plataformas digitales. Además, se espera que la IA desempeñe un papel cada vez más importante en la toma de decisiones estratégicas en el ámbito empresarial y gubernamental, al proporcionar análisis predictivos y recomendaciones basadas en datos en tiempo real.

Sin embargo, a medida que la IA se integra más profundamente en la vida cotidiana, surge la necesidad de abordar los desafíos que acompañan su adopción masiva. Entre ellos, los de tipo ético y regulatorio. En este sentido, existe la preocupación por diversos aspectos, empezando por el sesgo algorítmico, que puede surgir cuando los modelos de IA aprenden de conjuntos de datos que reflejan sesgos inherentes a la sociedad (Barocas & Selbst, 2016). Esto puede resultar en decisiones discriminatorias o injustas en áreas como la contratación, la evaluación crediticia y la administración de la justicia.

Además, la falta de transparencia en los algoritmos de IA, es otro elemento que señala Diakopoulos (2016), puede dificultar la comprensión de cómo se toman estas decisiones y dificultar la rendición de cuentas. Entendiéndose por transparencia como el principio fundamental que exige que los algoritmos de IA sean comprensibles y explicables.

Es decir, es la capacidad de entender y explicar cómo y por qué una IA toma una decisión particular. Esto es especialmente importante en contextos donde las decisiones de la IA pueden tener un impacto significativo en la vida de las personas, como en la atención médica o en el sistema judicial. La falta de transparencia puede llevar a decisiones sesgadas o injustas, lo que subraya la necesidad de mecanismos de rendición de cuentas en la IA (Burrell, 2016; Doshi-Velez et al., 2017).

Por lo tanto, la transparencia implica la apertura y explicabilidad de los procesos de toma de decisiones de los sistemas de IA, permitiendo a los

usuarios y a las partes interesadas comprender cómo se llega a ciertas conclusiones (Veale & Binns, 2017).

La equidad, por su parte, es otro principio crítico que se refiere a la necesidad de garantizar que los sistemas de IA no perpetúen, ni amplifiquen las desigualdades existentes. Esto implica prestar atención a cómo se recopilan y utilizan los datos para entrenar a los sistemas de IA, y cómo se utilizan en la práctica. La falta de equidad en la IA puede llevar a la discriminación y la exclusión, lo que enfatiza la necesidad de un enfoque inclusivo en el desarrollo de la IA (Barocas & Selbst, 2016, Barocas & Nissenbaum, 2014). La equidad exige que los algoritmos de IA sean justos y no discriminatorios, protegiendo los derechos individuales y sociales de todas las personas (Mehrabi et al., 2021).

Por último, la responsabilidad en la IA es un principio esencial que exige que los desarrolladores y usuarios de esta, sean responsables de las decisiones y acciones de dicha tecnología. Esto implica establecer mecanismos para rastrear y auditar el uso de la IA, así como para proporcionar reparación cuando las decisiones de la IA causen daño. La falta de responsabilidad puede llevar a abusos de poder y violaciones de los derechos humanos, lo que subraya la necesidad de regulaciones sólidas en la IA (Martin, 2019). Es una forma de rendición de cuentas por las decisiones y acciones tomadas por los sistemas de IA, así como la mitigación de posibles impactos negativos en la sociedad (Jobin et al., 2019).

El cumplimiento de estos tres principios exige la instrumentación de un marco normativo sólido que permita la adopción masiva de la IA en beneficio del progreso social, y para ello la literatura destaca tres ejes:

2.1 REGULACIÓN Y GOBERNANZA RESPONSABLE DE LA IA

Como sostiene Luciano Floridi (2020), la ausencia de regulación adecuada podría dar lugar a consecuencias negativas, como el sesgo algorítmico y la opacidad en la toma de decisiones automatizadas. En este sentido, resulta esencial desarrollar marcos normativos que garanticen la equidad, la transparencia y la rendición de cuentas en el uso de la IA (Jobin et al., 2019). Esta visión se fundamenta en la necesidad de

proteger los derechos individuales y sociales frente a posibles abusos derivados del uso indiscriminado de sistemas de IA en áreas críticas como la salud, la justicia y la seguridad.

Un estudio comparativo realizado por Sáez (2017) destaca la necesidad de un marco transparente y equitativo para el acceso a la información pública, un aspecto clave en el desarrollo e implementación de la IA. Es decir, se observa la carencia de un marco legal integral para el acceso abierto, lo que podría obstaculizar potencialmente la transparencia y equidad en el desarrollo de la IA.

2.2 PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL EN EL CONTEXTO DE LA IA

El segundo eje importante es la protección de la propiedad intelectual. Como argumenta Bessen et al. (2022), el desarrollo y la implementación de sistemas de IA pueden implicar la utilización de grandes cantidades de datos y algoritmos patentados, lo que plantea desafíos en términos de propiedad intelectual y derechos de autor. En este sentido, se requiere un marco legal claro y actualizado que proteja los derechos de los creadores y promueva la innovación en el campo de la IA. La protección efectiva de la propiedad intelectual, no solo estimula la inversión en investigación y desarrollo, sino que también garantiza la equidad y la justa remuneración de los creadores de tecnología, lo que a su vez contribuye al avance y la democratización del conocimiento.

2.3 CONFIANZA PÚBLICA EN LA IA

El tercer eje es la generación de confianza pública, en el cual la transparencia se convierte en su principal vehículo. Según Nicholas Diakopoulos (2016), la transparencia en el diseño y funcionamiento de los sistemas de IA es fundamental para la generación de confianza. En este sentido, se deben promover prácticas de transparencia y explicabilidad que permitan a los usuarios comprender y cuestionar el funcionamiento de los sistemas de IA (Veale & Binns, 2017). Esto permitirá incrementar el índice de aceptación y adopción generalizada de la IA en la sociedad, al tiempo que mitiga el temor y la desconfianza asociados con su opacidad y complejidad.

Estos desafíos y principios éticos asociados con la IA son solo algunos que exigen el desarrollo de marcos normativos sólidos que garanticen que la IA se utilice de manera responsable, equitativa y justa.

3. MÉTODO

Esta investigación tiene como propósito examinar las contribuciones teóricas más recientes y significativas en el campo de la IA a nivel global. El objetivo principal es discernir los elementos fundamentales que deben ser considerados dentro de un marco normativo ético y transparente. Para lograrlo, se llevó a cabo un análisis bibliométrico de corte cualitativo. Aunque este tipo de estudios suele ser de corte cuantitativo, en este caso se obtiene una mayor contribución al describir elementos cualitativos de la producción y uso de la literatura revisada, ya sea desde su contenido temático y en la influencia de los trabajos, entre otros. Para ello se recurrió a la técnica de análisis de contenido, y se definieron tres etapas metodológicas. Una primera etapa teórica de pre-análisis, de la cual se identificaron las primeras categorías de análisis (propósito de la fuente, aportación, método utilizado, tipo de IA estudiada y su sector de aplicación). Posteriormente, en una segunda etapa descriptiva analítica, se identificaron categorías de mayor profundidad (gobernanza y regulación de la IA, sus implicaciones éticas, cuestiones de propiedad intelectual y privacidad, así como la transparencia). Por último, en una tercera etapa más interpretativa, se identificaron aspectos relacionados con la aportación de la IA a la equidad, la prosperidad y la sostenibilidad. El análisis de contenido de estas categorías permitió la generación de inferencias sobre el estado del arte de la IA y la ética a nivel mundial.

Como muestra se seleccionaron los 40 artículos más influyentes en el área de la IA y la ética, publicados en los últimos tres años (2021, 2022 y 2023) en la base de datos Web of Science de Clarivate, y su influencia se estimó con base en el número de citas de cada artículo

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El siguiente apartado presenta una síntesis de los descubrimientos derivados de la revisión de los artículos seleccionados para la investigación.

Todas las citas que se presentan en este apartado III, corresponden a los artículos objeto de estudio, y se incluyen como evidencia de su análisis. Por ello es que no aparecen en la lista de referencias, pero sí en el **Anexo 1**. Entre los aspectos clave analizados se incluyen: la aportación de los artículos, el tipo de *IA abordada*, los *sectores* donde se observan avances en inteligencia artificial, así como las consideraciones sobre *gobernanza, ética, transparencia, propiedad y prosperidad* asociadas a estos desarrollos.

4.1 APORTACIÓN DEL ARTÍCULO

La principal aportación de los artículos revisados se centra en la identificación de los principios éticos relacionados con la IA, en varios campos, pero en especial en la medicina y la agricultura.

Las diferentes aportaciones destacan aspectos cruciales de la integración de la IA en la medicina. Uno de los principales enfoques especialmente en las áreas médicas es la falta de transparencia y opacidad de los modelos de IA, especialmente en los algoritmos tipo *black box*, señalando tanto sus limitaciones epistémicas como los beneficios que aportan al campo médico. Además, se subraya la importancia de fomentar el control humano en la toma de decisiones clínicas al utilizar aplicaciones de IA, asegurándose de esta manera que la intervención médica no se deshumanice.

A nivel ético y legal, se destaca que la IA médica debe promover la salud humana como valor superior, mientras que los humanos continúan siendo los responsables morales. Regulatoriamente, se propone mejorar la gestión de datos, la transparencia y la trazabilidad de los algoritmos para mitigar el sesgo y controlar los riesgos. La cooperación y comunicación internacional son esenciales para evaluar los riesgos e impactos sociales de la IA (Braun et al., 2021; Durán & Jongsma, 2021; Quinn et al., 2022; Ryan, 2023).

Asimismo, y a pesar del potencial para mejorar el acceso y los resultados en la atención médica y reducir costos y disparidades, persisten preocupaciones éticas significativas. Por lo que se aboga por la colaboración entre bioéticos, expertos en IA, reguladores, industria, grupos de

defensa de pacientes y otros actores para abordar los principios de no maleficencia, autonomía y equidad en el diseño, validación e implementación de la IA en medicina (Abràmoff et al., 2022; Carsten, 2022; Radu, 2021).

Otro de los aspectos frecuentemente abordados se refiere a la gobernanza de la IA, centrada en las políticas públicas y desafíos regulatorios. Se enfatiza en la adopción de mejores prácticas de gobernanza, considerando los roles de individuos y agencias desarrolladoras, y se exploran vías para una innovación responsable. Se presenta el concepto de ecosistemas de innovación responsable, integrando preocupaciones éticas y sociales en los procesos de IA y sugiriendo mecanismos para su diseño y gobernanza. Además, se proporciona una perspectiva teórica y empírica sobre cómo los estados diseñan arreglos de gobernanza de la IA, destacando la interacción híbrida entre actores públicos y privados. Se propone como estrategia de gobernanza de IA, el marco de regulación de la inteligencia artificial (AIR), estableciendo una ruta para el despliegue gradual y consciente de la necesidad de conectar los aspectos tecnológicos y la legislación. El avance sobre la gobernanza ofrece aspectos clave para el desarrollo de políticas y contribuyendo al entendimiento del papel de los valores, marcos y discusión en la administración pública y la política tecnológica (Buhmann & Fieseler, 2021; Carsten, 2022; de Almeida et al., 2021; Radu, 2021; Wilson, 2022).

Otra de las aportaciones relevantes, se desarrolla alrededor de las dimensiones de la ética y los valores. Sobre todo, al reconocer que la IA puede causar daños individuales, colectivos y sociales, lo que subraya la necesidad de manejar estos riesgos de manera responsable. Además, se revela que la confianza y las percepciones de equidad en la IA dependen del contexto de su aplicación, y que explicaciones claras y declaraciones de equidad son fundamentales pero complejas de implementar. Entre los principios éticos más discutidos están la sostenibilidad, no maleficencia, confianza y beneficencia, así temas como la transparencia y el impacto ambiental son menos abordados (Carsten, 2022; Bogina et al., 2022; Smuha, 2021; Stahl et al., 2022; Yigitcanlar et al., 2021).

Asimismo, se proponen alternativas para abordar problemas éticos en el uso de datos personales, como la gobernanza suave y el

consentimiento informado mediante contratos empíricos. Se redefine la equidad en la IA como un valor ético esencial, más allá de la no discriminación y eliminación de sesgos (Andreotta et al., 2022; Martinho et al., 2021).

En cuanto a la IA y la regulación, resalta la importancia de que las autoridades y planificadores adopten aplicaciones de IA que promuevan eficiencia, sustentabilidad y equidad en las ciudades. Se proponen prototipos para desarrollar principios accionables para la IA, que incluyen evaluaciones preliminares, participación de múltiples partes interesadas y mecanismos de implementación. En el ámbito educativo, se destaca la necesidad de estructurar programas que incorporen equidad, responsabilidad, transparencia y ética, y se propone incluir aspectos éticos, mejorando así la capacidad de los docentes para interactuar y evaluar las herramientas de IA. Respecto a las organizaciones privadas, se subraya que la Responsabilidad Corporativa Digital (CDR) puede diferenciar a las organizaciones al ganar y mantener la confianza de las partes interesadas (Buhmann & Fieseler, 2021; Buhrmester et al., 2021; Dwivedi et al., 2023; Stahl et al., 2022; Katznelson & Gerke, 2021).

4.2. TIPO DE IA ESTUDIADA

De acuerdo con el análisis realizado se encontraron diversos tipos de sistemas de IA, abarcando desde aplicaciones generales hasta específicas. Los modelos conocidos como *black-box* se mencionan en el contexto de IA médica, donde la transparencia y la interpretabilidad son cruciales. Se aborda la IA aplicada a la política, proponiendo un marco para desarrollar principios accionables basado en las directrices éticas para una IA confiable de la Comisión Europea. En el ámbito médico, se destacan aplicaciones como el diagnóstico por imagen y la detección de enfermedades. Además, se mencionan herramientas de IA para el apoyo educativo a profesores, sistemas de gobernanza de IA, y aplicaciones de IA generativa como ChatGPT. En general, se considera la IA en el análisis de datos, almacenamiento y la implementación de algoritmos específicos, subrayando la importancia de la regulación y la ética en estos ámbitos (Abràmoff et al., 2022; Buhmann & Fieseler, 2021; Dwivedi et al., 2023; Helberger & Diakopoulos, 2023; Saheb et al.,

2021; Katznelson & Gerke, 2021; Kim & Routledge, 2022; Zhang & Zhang, 2023).

4.3 SECTOR DE APLICACIÓN

La IA encuentra aplicación principalmente en cuatro sectores: medicina, tecnología, política y esfera pública. En medicina, se emplea en tratamientos, educación y toma de decisiones clínicas éticas. En tecnología, su uso se extiende a diversos campos. En política y esfera pública, se aplica para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones basadas en datos. Estas aplicaciones reflejan el potencial transformador de la IA en la sociedad (Abràmoff et al., 2022; Angerschmid et al., 2022; Braun et al., 2020; Durán & Jongsma, 2021; Dwivedi et al., 2023; Giovanola & Tiribelli, 2022; Holmes et al., 2021; Martinho et al., 2021; Radu, 2021; Saheb et al., 2021; Sand et al., 2021; Stix, 2021; Wilson, 2022; Yang & Huang, 2022; Zhang & Zhang, 2023).

4.4. GOBERNANZA Y REGULACIÓN DE LA IA

La gobernanza y regulación se abordan desde una perspectiva de seguridad, buscando incrementar la fiabilidad de la información y la credibilidad de la interpretación de la IA. Al ser regulada, se espera que la IA genere resultados de mayor calidad, lo que permitirá su aplicación más efectiva. Un punto relevante resaltado en la mayoría de los artículos es el papel de la ética como forma de regulación. Se argumenta que las regulaciones éticas son preferibles a reglas estrictas, ya que enfatizan la importancia de los principios éticos en el uso de la IA. En consecuencia, se aboga por otorgar credibilidad y prioridad a los actos éticos en relación con la IA (Andreotta et al., 2021; Kim y Routledge, 2021; Martinho et al., 2021).

Asimismo, se observa como preocupación central, la calidad de los sistemas de IA, ya que menciona la necesidad de un mayor aseguramiento de la calidad, confianza en los modelos y una interacción más directa con los usuarios. En cuanto a la regulación de la IA, se subraya la necesidad de trabajar en la interpretabilidad y estandarización de los algoritmos. Es crucial adoptar medidas de seguridad para el uso de la IA, ya que ningún sistema es completamente confiable, resaltándose la posible

incertidumbre en la información proporcionada por la IA debido a la falta de claridad en los algoritmos, como se ha mencionado anteriormente. Esto demuestra la urgencia de mejorar tanto la regulación como la transparencia en la operatividad de estos sistemas para garantizar la seguridad y la confianza del público (Dwivedi et al., 2023).

La regulación de la IA es un tema central, especialmente en el contexto de los algoritmos tipo "black box", donde la gobernanza juega un papel crucial. Cumplir con la regulación existente, es esencial para garantizar interacciones exitosas entre la IA y los usuarios, con un control humano adecuado, lo cual es vital para el desarrollo de aplicaciones de IA generativas. También se subraya la importancia de los esquemas de gobernanza pública y la participación de múltiples partes interesadas, proponiendo un marco práctico para formular políticas de IA, incluyendo evaluaciones preliminares y mecanismos de apoyo. Se menciona que la regulación debe ser híbrida, equilibrando enfoques ligeros y pesados, y debe actualizarse rápidamente para mantenerse al día con el desarrollo tecnológico. Además, se enfatiza que la gobernanza de la IA debe facilitar la participación pública y abordar tanto aspectos éticos como prácticos para asegurar una implementación responsable y transparente (Angerschmid et al., 2022; Braun et al., 2020; Buhmann y Fieseler, 2021; De Almeida et al., 2021; Durán y Jongsma, 2021; Kim y Routledge, 2021; Saheb et al., 2021; Stahl et al., 2021; Wilson, 2022; Yang & Huang, 2022).

Se destaca también que, en lugar de cumplir simplemente con las regulaciones, la gobernanza de la IA debe integrar una norma cultural de buenas prácticas que beneficie a la sociedad. Por ejemplo, en los hospitales se subraya la necesidad de regulaciones estrictas para alinear las prácticas tecnológicas con los valores fundamentales de la atención médica, garantizando la seguridad del paciente mediante reglas claras sobre responsabilidad, gestión de datos y certificación de productos (Andreotta et al., 2021; Elliott et al., 2021; Martinho et al., 2021; Stahl, 2022).

4.5 IMPLICACIONES ÉTICAS

La ética emerge como un tema crucial para la implementación de la IA en los diversos sectores abordados en los artículos, donde se destacan

varios puntos clave que ponen a la ética en el centro de atención. Uno de ellos es la sugerencia de establecer consejos o comités éticos para regular la IA, en lugar de imponer reglas estrictas que podrían no ser efectivas. Además de estos comités, se enfatiza la importancia de incorporar principios éticos en la educación, particularmente en el ámbito escolar, para preparar a los estudiantes en el uso ético de la IA en diversas áreas (Abràmoff et al., 2022; Katznelson y Gerke, 2021; Radu, 2021).

Se resalta cómo la ética es un factor fundamental para orientar un desarrollo responsable de la IA y alcanzar su máximo potencial. Se destaca cómo la ética puede mitigar los problemas de sesgos y discriminación de información que pueden surgir con el uso de la IA. Por lo tanto, la implementación de principios éticos en la práctica se vuelve crucial para contrarrestar estos factores negativos y garantizar un uso ético y equitativo de la IA (Buhmann y Fieseler, 2021; Dwivedi et al., 2023; Kim y Routledge, 2021).

Por otro lado, se promueven diversas estrategias para sistemas de IA más éticos. Por ejemplo, estrategias nacionales que priorizan la creación de principios éticos para guiar el desarrollo de la IA, en lugar de establecer regulaciones estrictas, lo que permite flexibilidad y adaptabilidad. La indeterminación funcional se emplea intencionalmente en la gobernanza de la IA, facilitando la reasignación flexible de roles y responsabilidades. Frecuentemente se propone la creación de instituciones, como consejos o comités de IA, para supervisar la adopción e implementación de la IA, aunque con mandatos frecuentemente vagos. En el ámbito médico, especialmente en la IA aplicada a imágenes oftálmicas, se enfatiza la necesidad de una base bioética, considerando principios como la no maleficencia, la autonomía y la equidad (Radu, 2021; Abràmoff et al., 2022; Stahl et al., 2021).

Como valores principales se encuentra la diversidad y la retroalimentación intersectorial para desarrollar principios de IA efectivos. Los elementos éticos centrales incluyen la protección de la privacidad, la prevención de sesgos, la garantía de equidad, la explicabilidad y la precisión de los resultados. Se determina que la creación de marcos éticos debe basarse en principios filosóficos y dimensiones relacionadas con los derechos humanos y el bienestar, categorizados en seis áreas:

derechos, daños y bienes, virtud, comunidad, diálogo y florecimiento. Otro valor, frecuentemente abordado es la confianza, al integrar datos éticos prácticos y herramientas de gobernanza, para priorizar el bienestar humano y las consideraciones éticas. Asimismo, se redefine la equidad para incluir la ausencia de sesgos y una dimensión socio-relacional. El consentimiento informado es un requisito ético fundamental, y la microética y macroética son importantes en la enseñanza de la ética en tecnología. La dignidad y la solidaridad, aunque mencionadas, necesitan mayor atención en discusiones éticas, especialmente en contextos laborales (Bogina et al., 2021; Elliott et al., 2021; Giovanola & Tiribelli, 2022; Kim & Routledge, 2021; Ryan, 2022; Sand et al., 2021; Stix, 2021; Ulnicane et al., 2021).

La mayoría de los artículos revisados coinciden en que la IA puede ofrecer beneficios significativos, pero también presenta riesgos éticos importantes, como la reproducción de prejuicios existentes, la amenaza a los derechos humanos y la exacerbación de las desigualdades. Estos riesgos subrayan la necesidad de que los principios éticos deben guiar el desarrollo y la aplicación de la IA. Se destacan preocupaciones sobre la privacidad de los usuarios, la dependencia de los médicos en la tecnología y la discriminación (Angerschmid et al., 2022; Saheb et al., 2021).

Igualmente, la innovación en IA amplifica los desafíos éticos y sus impactos sociales, evidenciando una brecha entre las leyes y las guías éticas. La IA puede cometer errores sistemáticos, discriminar y fallar en el reconocimiento, debido a sesgos inherentes en los datos de entrenamiento. Además, se sugiere que fortalecer e integrar los derechos humanos en las organizaciones puede mitigar estos riesgos. Finalmente, se reconoce la necesidad de reestructurar desde los planes de estudio para incluir la educación ética sobre el uso de IA y la regulación de la IA (Angerschmid et al., 2022; Saheb et al., 2021; De Almeida et al., 2021; Celik, 2023; Stahl et al., 2021; Katznelson y Gerke, 2021; Mantelero & Esposito, 2021).

4.6 PROPIEDAD INTELECTUAL Y PRIVACIDAD

Se abordan una serie de preocupaciones éticas y de privacidad relacionadas con el uso de la inteligencia artificial (IA), con especial énfasis

en sectores como el médico y el agrícola. Se destaca la importancia de alinear la innovación en IA con las necesidades y expectativas de la sociedad para asegurar la responsabilidad y el respeto de los derechos de los usuarios. Se señala la falta de claridad en las regulaciones de la IA y la interacción entre el sector público y privado en la gobernanza, lo que plantea desafíos para la transparencia y la rendición de cuentas (Sand et al., 2021; Saheb et al., 2021; Durán y Jongsma, 2021; Braun et al., 2020; Abràmoff et al., 2022; Angerschmid et al., 2022; Ryan, 2022; Martinho et al., 2021; Katznelson & Gerke, 2021; Giovanola y Tiribelli, 2022; Zhang y Zhang, 2023).

Uno de los aspectos que surgen en las cuestiones de propiedad está relacionado con las cantidades de datos necesarias para el entrenamiento y validación de los modelos de IA. Esto, a su vez, se suma a la preocupación por la protección y privacidad de los datos personales. Las innovaciones en IA también implican alinear los procesos con las necesidades y preferencias de la sociedad, lo que conlleva el respeto por los derechos y las expectativas de los usuarios y aquellos afectados por la IA. Este escenario deja al descubierto un dilema importante: por un lado, la importancia de la transparencia de los algoritmos, y por otro, el derecho a la privacidad de las empresas para reservarse de mostrar sus datos por completo debido a la protección de la propiedad intelectual (Stahl, 2022; Kim y Routledge, 2021).

Asimismo, es crucial proteger la privacidad de los datos, especialmente en el sector médico, donde la recopilación y almacenamiento de información pueden afectar la autonomía y los derechos de privacidad de los pacientes. Existe una creciente preocupación por comprender qué tipos de datos recopila la IA y cómo se diseminan y utilizan, incluso si estos serán monetizados. A menudo, los usuarios deben sacrificar su privacidad a cambio de los beneficios y promesas que ofrece la IA. Por lo tanto, la privacidad es un elemento fundamental en el diseño de la IA, y abordar desafíos como la pérdida de autonomía en la información de los usuarios, la falta de verificabilidad y la facilidad para ampliar la desinformación, así como los problemas de ciberseguridad o el colapso de las autoridades reguladoras debido a la gran escala de las operaciones (Abràmoff et al., 2022; Saheb et al., 2021; Elliott et al., 2021; Stahl

et al., 2021; Ryan, 2022; Martinho et al., 2021; Andreotta et al., 2021; Katznelson y Gerke, 2021; Bogina et al., 2021).

4.7 TRANSPARENCIA

La transparencia en la inteligencia artificial (IA) emerge como un tema crucial en diversos contextos. Su importancia es evidente en la gobernanza de la IA, especialmente en términos de confianza y ética. Aunque se reconoce su relevancia en el desarrollo de algoritmos avanzados y en la generación de confianza en áreas como la medicina, también se observa la reticencia de algunas empresas a divulgar información completa sobre sus algoritmos. La transparencia no solo abarca la comprensión de los algoritmos y los datos, sino que también implica claridad sobre la propiedad de estos y su uso. Es esencial para que los usuarios comprendan y cuestionen las decisiones de los sistemas de IA, fomentando así la confianza y promoviendo valores éticos como la autonomía y la justicia (Elliott et al., 2021; Giovanola y Tiribelli, 2022; Kim y Routledge, 2021; Stahl et al., 2021; Stix, 2021).

Una de las estrategias más destacadas para fortalecer la confianza en la IA es la transparencia, especialmente en la toma de decisiones y en los procesos de entrenamiento de los algoritmos. Aunque también se reconoce, que no es posible garantizar una transparencia total, dado que existe una gran diferencia entre acceder a todo el código y comprender sus efectos potenciales, la transparencia sigue siendo una petición central hacia estos sistemas (De Almeida et al., 2021).

Asimismo, la transparencia se determina especialmente relevante debido a la opacidad de los modelos actuales de IA. Es crucial que los usuarios comprendan y puedan cuestionar cómo se manejan sus datos, si estos pueden ser monetizados, los procesos detrás de la toma de decisiones y cómo pueden verse afectados por ellos. Se menciona cómo es posible que los usuarios no se den cuenta de que sus derechos están siendo infringidos, ya que muchos sistemas de IA operan de manera opaca. Esta opacidad puede deberse a la resistencia de las empresas a revelar información central sobre sus procesos, lo que a su vez, podría poner en peligro su propiedad intelectual. Sin embargo, se cree que la falta de transparencia afecta gravemente la confiabilidad de los

resultados. Las decisiones automatizadas, por ejemplo, pueden ocultar sesgos que un algoritmo recoge de los datos de entrenamiento, lo que puede conducir a la aparición o exacerbación de discriminaciones existentes (Dwivedi et al., 2023; Abràmoff et al., 2022; Stix, 2021; Celik, 2023; Smuha, 2021; Andreotta et al., 2021; Zhang & Zhang, 2023).

Así, se observa la transparencia como principio clave para asegurar que los sistemas de IA sean confiables, aceptables, deseables y sostenibles, y que se alineen con los valores y necesidades de la sociedad actual. Esto debe extenderse no solo a los algoritmos sino también a la claridad sobre quién tiene los derechos de la información y cómo se utiliza. Esto permitirá una mayor rendición de cuentas y responsabilidad por las consecuencias derivadas del uso de sistemas de IA (Angerschmid et al., 2022; Elliott et al., 2021; Giovanola y Tiribelli, 2022; Kim y Routledge, 2021; Stahl, 2022; Stahl et al., 2021).

4.8. EQUIDAD, PROSPERIDAD Y SUSTENTABILIDAD

Se subraya la importancia de incorporar la equidad y la prosperidad en todas las etapas del desarrollo y la implementación de sistemas de inteligencia artificial (IA). Es fundamental establecer marcos de referencia que aborden estos aspectos, haciendo hincapié en su estrecha relación con la gobernanza de la IA. Sin embargo, en algunos casos, estos temas son tratados de manera tangencial o limitada. Es crucial promover ecosistemas de innovación inclusivos, transparentes y participativos para fomentar la equidad, la prosperidad y la sostenibilidad. Además, se destaca la necesidad de evaluar el impacto en los derechos humanos y encontrar un equilibrio adecuado entre la transparencia y la protección de la propiedad intelectual. La equidad es esencial para prevenir sesgos y discriminación en los resultados de la IA, contribuyendo así a la construcción de una sociedad más justa y equitativa (Bogina et al., 2021; Braun et al., 2020; Durán & Jongsma, 2021; Dwivedi et al., 2023; Holmes et al., 2021; Mantelero & Esposito, 2021; Stix, 2021; Stahl et al., 2021; Taeihagh, 2021; Yigitcanlar et al., 2021; Zhang & Zhang, 2023).

En relación con la equidad, se enfatiza que los sistemas de IA deben alinearse con las preferencias y necesidades de la sociedad, incluidos los grupos marginados o vulnerables. Esto indica que los sistemas

deben ser inclusivos, pero también transparentes y participativos para evitar la discriminación o los sesgos en los procesos y resultados de la IA. Para asegurar la protección de los derechos fundamentales, es vital incluir la diversidad de voces, fomentar el diálogo con la sociedad civil y los afectados, y considerar el impacto ambiental de estos sistemas (Bogina et al., 2021; Stahl, 2022; Stix, 2021; Zhang & Zhang, 2023).

Asimismo, se propone la colaboración entre las diferentes partes interesadas para lograr una implementación exitosa de los sistemas de IA. Se espera que esto impacte en la prosperidad y en la generación de riqueza y beneficios económicos, equilibrando el crecimiento y la justicia social, y contribuyendo al bienestar de las personas y las comunidades. Si la implementación de la IA se lleva a cabo de manera imprudente, podría crear inestabilidad tanto social como política, poniendo en peligro los derechos humanos y los valores fundamentales (Abramoff et al., 2022; De Almeida et al., 2021; Mantelero & Esposito, 2021).

En cuanto a la sostenibilidad, la IA plantea desafíos significativos, como impactos ecológicos negativos, incluyendo la filtración de productos químicos tóxicos y la emisión de gases, así como el impacto ambiental de producir estas tecnologías. También existe la preocupación de que el uso de IA pueda conducir a prácticas menos sostenibles (Ryan, 2022).

En resumen, la equidad, prosperidad y sostenibilidad emergen como pilares fundamentales en el desarrollo de sistemas de IA. Para esto es necesario, que la transparencia, la inclusión de voces diversidad y el aseguramiento de los derechos humanos son elementos que a su vez permitirán que estos sistemas ayuden también a construir una sociedad más justa y equitativa.

5. CONCLUSIONES

La revisión bibliométrica revela la importancia de considerar una serie de aspectos éticos, de gobernanza, transparencia y equidad en el desarrollo y aplicación de la inteligencia artificial (IA). En primer lugar, se destaca la relevancia de la ética en el uso de la IA, especialmente en ámbitos como la medicina, donde se aboga por una regulación ética

para garantizar su aplicación adecuada y evitar sesgos y conductas poco éticas. Además, se resalta la falta de transparencia en los modelos de IA, lo que subraya la necesidad de establecer marcos éticos para abordar esta problemática y promover una gobernanza responsable, donde se prioricen los principios éticos. Asimismo, se reconoce la importancia de proteger la privacidad de los datos y garantizar un uso responsable de la IA mediante la implementación de regulaciones adecuadas. La transparencia emerge como un elemento fundamental para generar confianza en la IA y promover valores éticos como la autonomía y la justicia. Por último, se subraya la necesidad de promover ecosistemas de innovación inclusivos y transparentes para fomentar la equidad, la prosperidad y la sostenibilidad en el desarrollo y aplicación de la IA. En conjunto, estos hallazgos resaltan la importancia de abordar de manera integral aspectos éticos y de gobernanza para garantizar que la IA beneficie de manera equitativa a la sociedad.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las alumnas Nora Alejandra Flores Ruiz y Alondra Shalom Cerpa Tinajero becarias del Instituto INNSIGNIA de CETYS Universidad, por su valioso apoyo en la síntesis de los artículos analizados y en la edición del texto final, lo que hizo posible el desarrollo de esta investigación. Esperamos que su participación las inspire a seguir avanzando en el campo de la ciencia.

7. REFERENCIAS

- Barocas, S., & Nissenbaum, H. (2014). Big data's end run around anonymity and consent. *Privacy, big data, and the public good: Frameworks for engagement, 1*, 44-75.
- Barocas, S., & Selbst, A. D. (2016). Big data's disparate impact. *Calif. L. Rev.*, 104, 671.
- Bessen, J. E., Impink, S. M., & Seamans, R. (2022). Ethical AI development: Evidence from AI startups. Available at SSRN 3895939.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. N. D. R. E. W. (2017). Artificial intelligence, for real. *Harvard business review, 1*, 1-31.

- Burrell, J. (2016). How the machine ‘thinks’: Understanding opacity in machine learning algorithms. *Big data & society*, 3(1), 2053951715622512.
- Cath, C. (2018). Governing artificial intelligence: Ethical, legal and technical opportunities and challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2133), 20180080. <https://doi.org/10.1098/rsta.2018.0080>
- Coeckelbergh, C. (2019). Artificial Intelligence: Some ethical issues and regulatory challenges. *Technology and Regulation*, 2019, 31-34. <https://doi.org/10.26116/techreg.2019.003>
- Diakopoulos, N. (2016). Accountability in algorithmic decision making. *Communications of the ACM*, 59(2), 56-62.
- Dignum, V. Ethics in artificial intelligence: introduction to the special issue. *Ethics Inf Technol* **20**, 1–3 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10676-018-9450-z>
- Doshi-Velez, F., Kortz, M., Budish, R., Bavitz, C., Gershman, S., O'Brien, D., ... & Wood, A. (2017). Accountability of AI under the law: The role of explanation. *arXiv preprint arXiv:1711.01134*.
- Floridi, L. (2020). The fight for digital sovereignty: What it is, and why it matters, especially for the EU. *Philosophy & technology*, 33, 369-378.
- Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature machine intelligence*, 1(9), 389-399.
- Martin, S. M. (2019). *Artificial intelligence, mixed reality, and the redefinition of the classroom*. Rowman & Littlefield.
- Mehrabi, N., Morstatter, F., Saxena, N., Lerman, K., & Galstyan, A. (2021). A survey on bias and fairness in machine learning. *ACM computing surveys (CSUR)*, 54(6), 1-35.
- O'Neil, C. (2016). Weapons of math destruction: how big data increases inequality and threatens democracy. *Sci. Am*, 315, 74-74.
- Russell, S., Hauert, S., Altman, R., & Veloso, M. (2015). Ethics of artificial intelligence. *Nature*, 521(7553), 415-416.
- Sáez-Martín, A., López-Hernandez, A. M., & Caba-Perez, C. (2017). Access to public information: a scientometric study of legal versus voluntary transparency in the public sector. *Scientometrics*, 113, 1697-1720.
- Silver, D., Huang, A., Maddison, C. J., Guez, A., Sifre, L., Van Den Driessche, G., ... & Hassabis, D. (2016). Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *nature*, 529(7587), 484-489.

- Thamik, H. (2022). The Impact of Artificial Intelligence on Sustainable Development in Electronic Markets, *Sustainability* 2022, 14(6), 3568. <https://doi.org/10.3390/su14063568>
- Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nature medicine*, 25(1), 44-56. Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nature medicine*, 25(1), 44-56.
- Veale, M., & Binns, R. (2017). Fairer machine learning in the real world: Mitigating discrimination without collecting sensitive data. *Big Data & Society*, 4(2), 2053951717743530.

8. ANEXOS

Anexo 1. Artículos analizados

Anexo 1.

| Artículos | Citas |
|--|-------|
| <p>Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Koohang, A., Raghavan, V., Ahuja, M., Albanna, H., Albashrawi, M. A., Al-Busaidi, A. S., Balakrishnan, J., Barlette, Y., Basu, S., Bose, I., Brooks, L., Buhalis, D., . . . Wright, R. (2023). Opinion Paper: “So what if ChatGPT wrote it?” Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. <i>International Journal Of Information Management</i>, 71, 102642. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642</p> | 195 |
| <p>Durán, J. M., & Jongsma, K. R. (2021). Who is afraid of black box algorithms? On the epistemological and ethical basis of trust in medical AI. <i>Journal Of Medical Ethics</i>, medethics-106820. https://doi.org/10.1136/medethics-2020-106820</p> | 109 |
| <p>Buhrmester, V., Münch, D., & Arens, M. (2021). Analysis of Explainers of Black Box Deep Neural Networks for Computer Vision: A Survey. <i>Machine Learning And Knowledge Extraction</i>, 3(4), 966-989. https://doi.org/10.3390/make3040048</p> | 65 |
| <p>Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2021). Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework. <i>International Journal Of Artificial Intelligence In Education</i>, 32(3), 504-526. https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1</p> | 63 |
| <p>Bareis, J., & Katzenbach, C. (2021). Talking AI into Being: The Narratives and Imaginaries of National AI Strategies and Their Performative Politics. <i>Science, Technology & Human Values/Science, Technology, & Human Values</i>, 47(5), 855-881. https://doi.org/10.1177/01622439211030007</p> | 55 |

| | |
|--|----|
| Taeihagh, A. (2021). Governance of artificial intelligence. <i>Policy & Society</i> , 40(2), 137-157. https://doi.org/10.1080/14494035.2021.1928377 | 52 |
| Braun, M., Hummel, P., Beck, S., & Dabrock, P. (2020). Primer on an ethics of AI-based decision support systems in the clinic. <i>Journal Of Medical Ethics</i> , 47(12), e3. https://doi.org/10.1136/medethics-2019-105860 | 45 |
| Buhmann, A., & Fieseler, C. (2021). Towards a deliberative framework for responsible innovation in artificial intelligence. <i>Technology In Society</i> , 64, 101475. https://doi.org/10.1016/j.tech-soc.2020.101475 | 45 |
| Yigitcanlar, T., Mehmood, R., & Corchado, J. M. (2021). Green Artificial Intelligence: Towards an Efficient, Sustainable and Equitable Technology for Smart Cities and Futures. <i>Sustainability</i> , 13(16), 8952. https://doi.org/10.3390/su13168952 | 44 |
| Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Koohang, A., Raghavan, V., Ahuja, M., Albanna, H., Albashrawi, M. A., Al-Busaidi, A. S., Balakrishnan, J., Barlette, Y., Basu, S., Bose, I., Brooks, L., Buhalis, D., . . . Wright, R. (2023). Opinion Paper: “So what if ChatGPT wrote it?” Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. <i>International Journal Of Information Management</i> , 71, 102642. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642 | 40 |
| Stahl, B. C. (2022). Responsible innovation ecosystems: Ethical implications of the application of the ecosystem concept to artificial intelligence. <i>International Journal Of Information Management</i> , 62, 102441. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102441 | 37 |
| Radu, R. (2021). Steering the governance of artificial intelligence: national strategies in perspective. <i>Policy & Society</i> , 40(2), 178-193. https://doi.org/10.1080/14494035.2021.1929728 | 37 |

| | |
|---|----|
| <p>Abràmoff, M. D., Cunningham, B., Patel, B., Eydelman, M. B., Leng, T., Sakamoto, T., Blodi, B., Grenon, S. M., Wolf, R. M., Manrai, A. K., Ko, J. M., Chiang, M. F., Char, D., Abramoff, M., Blumenkranz, M., Chew, E., Chiang, M., Eydelman, M., Myung, D., . . . Blumenkranz, M. (2022). Foundational Considerations for Artificial Intelligence Using Ophthalmic Images. <i>Ophthalmology</i>, 129(2), e14-e32. https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2021.08.023</p> | 31 |
| <p>Stix, C. (2021). Actionable Principles for Artificial Intelligence Policy: Three Pathways. <i>Science And Engineering Ethics</i>, 27(1). https://doi.org/10.1007/s11948-020-00277-3</p> | 31 |
| <p>Angerschmid, A., Zhou, J., Theuermann, K., Chen, F., & Holzinger, A. (2022). Fairness and Explanation in AI-Informed Decision Making. <i>Machine Learning And Knowledge Extraction</i>, 4(2), 556-579. https://doi.org/10.3390/make4020026</p> | 28 |
| <p>Winfield, A. F. T., Booth, S., Dennis, L. A., Egawa, T., Hastie, H., Jacobs, N., Muttram, R. I., Olszewska, J. I., Rajabiyazdi, F., Theodorou, A., Underwood, M. A., Wortham, R. H., & Watson, E. (2021). IEEE P7001: A Proposed Standard on Transparency. <i>Frontiers in Robotics and AI</i>, 8. https://doi.org/10.3389/frobt.2021.665729</p> | 25 |
| <p>Mökander, J., Axente, M., Casolari, F., & Floridi, L. (2022). Conformity Assessments and Post-market Monitoring: A Guide to the Role of Auditing in the Proposed European AI Regulation. <i>Minds and Machines</i>, 32(2), 241–268. https://doi.org/10.1007/s11023-021-09577-4</p> | 23 |
| <p>Schiff, D. (2022). Education for AI, not AI for Education: The Role of Education and Ethics in National AI Policy Strategies. <i>International Journal of Artificial Intelligence in Education</i>, 32(3), 527–563. https://doi.org/10.1007/s40593-021-00270-2</p> | 23 |
| <p>Green, B. (2022). The flaws of policies requiring human oversight of government algorithms. <i>Computer Law & Security Review</i>, 45, 105681. https://doi.org/10.1016/j.clsr.2022.105681</p> | 22 |
| <p>Mökander, J., Morley, J., Taddeo, M., & Floridi, L. (2021). Ethics-Based Auditing of Automated Decision-Making Systems: Nature,</p> | 21 |

| | |
|---|----|
| Scope, and Limitations. <i>Science and Engineering Ethics</i> , 27(4), 44. https://doi.org/10.1007/s11948-021-00319-4 | |
| Sand, M., Durán, J. M., & Jongsma, K. R. (2021). Responsibility beyond design: Physicians' requirements for ethical medical AI. <i>Bioethics</i> , 36(2), 162-169. https://doi.org/10.1111/bioe.12887 | 20 |
| Saheb, T., Saheb, T., & Carpenter, D. O. (2021). Mapping research strands of ethics of artificial intelligence in healthcare: A bibliometric and content analysis. <i>Computers In Biology And Medicine</i> , 135, 104660. https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2021.104660 | 19 |
| De Almeida, P. G. R., Santos, C. D. D., & Farias, J. S. (2021). Artificial Intelligence Regulation: a framework for governance. <i>Ethics And Information Technology</i> , 23(3), 505-525. https://doi.org/10.1007/s10676-021-09593-z | 19 |
| Celik, I. (2023). Towards Intelligent-TPACK: An empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education. <i>Computers In Human Behavior</i> , 138, 107468. https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107468 | 18 |
| Wilson, C. (2022). Public engagement and AI: A values analysis of national strategies. <i>Government Information Quarterly</i> , 39(1), 101652. https://doi.org/10.1016/j.giq.2021.101652 | 18 |
| Smuha, N. A. (2021). Beyond the individual: governing AI's societal harm. <i>Internet Policy Review</i> , 10(3). https://doi.org/10.14763/2021.3.1574 | 18 |
| Helberger, N., & Diakopoulos, N. (2023). ChatGPT and the AI Act. <i>Internet Policy Review</i> , 12(1). https://doi.org/10.14763/2023.1.1682 | 17 |
| Yang, C., & Huang, C. (2022). Quantitative mapping of the evolution of AI policy distribution, targets and focuses over three decades in China. <i>Technological Forecasting & Social Change/Technological Forecasting And Social Change</i> , 174, 121188. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121188 | 17 |

| | |
|---|----|
| Elliott, K., Price, R., Shaw, P., Spiliotopoulos, T., Ng, M., Coopamootoo, K., & Van Moorsel, A. (2021). Towards an Equitable Digital Society: Artificial Intelligence (AI) and Corporate Digital Responsibility (CDR). <i>Society</i> , 58(3), 179-188. https://doi.org/10.1007/s12115-021-00594-8 | 17 |
| Stahl, B. C., Antoniou, J., Ryan, M., Macnish, K., & Jiya, T. (2021). Organisational responses to the ethical issues of artificial intelligence. <i>AI & Society</i> , 37(1), 23-37. https://doi.org/10.1007/s00146-021-01148-6 | 17 |
| Ryan, M. (2022). The social and ethical impacts of artificial intelligence in agriculture: mapping the agricultural AI literature. <i>AI & Society</i> , 38(6), 2473-2485. https://doi.org/10.1007/s00146-021-01377-9 | 16 |
| Martinho, A., Kroesen, M., & Chorus, C. (2021). A healthy debate: Exploring the views of medical doctors on the ethics of artificial intelligence. <i>Artificial Intelligence In Medicine</i> , 121, 102190. https://doi.org/10.1016/j.artmed.2021.102190 | 16 |
| Andreotta, A. J., Kirkham, N., & Rizzi, M. (2021). AI, big data, and the future of consent. <i>AI & Society</i> , 37(4), 1715-1728. https://doi.org/10.1007/s00146-021-01262-5 | 16 |
| Ulnicane, I., Eke, D. O., Knight, W., Ogoh, G., & Stahl, B. C. (2021). Good governance as a response to discontents? Déjà vu, or lessons for AI from other emerging technologies. <i>Interdisciplinary Science Reviews/ISR</i> . <i>Interdisciplinary Science Reviews</i> , 46(1-2), 71-93. https://doi.org/10.1080/03080188.2020.1840220 | 16 |
| Katznelson, G., & Gerke, S. (2021). The need for health AI ethics in medical school education. <i>Advances In Health Sciences Education</i> , 26(4), 1447-1458. https://doi.org/10.1007/s10459-021-10040-3 | 16 |
| Mantelero, A., & Esposito, M. S. (2021). An evidence-based methodology for human rights impact assessment (HRIA) in the development of AI data-intensive systems. <i>Computer Law And Security Report/Computer Law & Security Report</i> , 41, 105561. https://doi.org/10.1016/j.clsr.2021.105561 | 15 |

| | |
|--|----|
| Giovanola, B., & Tiribelli, S. (2022). Beyond bias and discrimination: redefining the AI ethics principle of fairness in healthcare machine-learning algorithms. <i>AI & Society</i> , 38(2), 549-563. https://doi.org/10.1007/s00146-022-01455-6 | 14 |
| Allen, B., Dreyer, K., Stibolt, R., Agarwal, S., Coombs, L., Treml, C., Elkholy, M., Brink, L., & Wald, C. (2021). Evaluation and Real-World Performance Monitoring of Artificial Intelligence Models in Clinical Practice: Try It, Buy It, Check It. <i>Journal Of The American College Of Radiology</i> , 18(11), 1489-1496. https://doi.org/10.1016/j.jacr.2021.08.022 | 14 |
| Kim, T. W., & Routledge, B. R. (2021). Why a Right to an Explanation of Algorithmic Decision-Making Should Exist: A Trust-Based Approach. <i>Business Ethics Quarterly</i> , 32(1), 75-102. https://doi.org/10.1017/beq.2021.3 | 14 |
| Bogina, V., Hartman, A., Kuflik, T., & Shulner-Tal, A. (2021). Educating Software and AI Stakeholders About Algorithmic Fairness, Accountability, Transparency and Ethics. <i>International Journal Of Artificial Intelligence In Education</i> , 32(3), 808-833. https://doi.org/10.1007/s40593-021-00248-0 | 14 |
| Zhang, J., & Zhang, Z. (2023). Ethics and governance of trustworthy medical artificial intelligence. <i>BMC Medical Informatics And Decision Making</i> , 23(1). https://doi.org/10.1186/s12911-023-02103-9 | 13 |

Fuente: Elaboración propia.

LA IMPLEMENTACIÓN Y ADAPTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL Y LA IA EN LAS PYMES. FACTORES DETERMINANTES Y BARRERAS EN LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS.

MAITA MORALES-PRIETO

Universitat Politècnica de València (UPV)

GREGORIO RIUS-SOROLLA

Universitat Politècnica de València (UPV)

ALICIA LLORCA-PONCE

Universitat Politècnica de València (UPV)

1. INTRODUCCIÓN

Desde la aparición del término Industria 4.0 en el año 2011, los nuevos desarrollos tecnológicos han dado lugar al surgimiento de diversos conceptos que han complicado su definición generando cierta confusión, una muestra de ello es el trabajo de Culot et al., (2020) que aborda casi 100 definiciones de industria 4.0 y conceptos afines. En el término se incluyen tecnologías y como IoT, Big Data, IA, computación en la nube, robótica, nanotecnología, realidad aumentada, Blockchain, entre otros.

La revolución industrial 4.0 es un reto que deben enfrentar las empresas este siglo XXI. Entender tanto qué implicaciones está teniendo, como las que tendrá en un futuro pasa por conocer sus principales características. La Industria 4.0 representa una revolución que va más allá de las plantas de producción y de las empresas, transformando toda la sociedad con una mayor alineación de procesos en la cadena de suministro, mejor uso de recursos y creación de productos innovadores (Onar, 2018).

En España, más del 90% de las empresas son PYMEs (General de Industria PYME, 2019). Mantener la competitividad en el nuevo panorama de la Industria 4.0 requiere un importante esfuerzo por parte de las empresas, no solo financiero. Para las PYMEs, el reto es aún mayor, a veces casi insuperable. La IA y las nuevas tecnologías de digitalización permiten agilizar los procesos, aumentar la competitividad, mejorar la gestión de la calidad y reducir los errores humanos. Sin embargo, esta tecnología innovadora, por lo general, se desarrolla para grandes empresas algo que las hace inviables para su incorporación en las PYMEs en las que jerarquías, tiempos y recursos son diferentes (Caballero Márquez et al., 2023). Por ejemplo, las redes neuronales requieren una cantidad considerable de datos para aprender, lo que dificulta su aplicación directa en una empresa cuyo volumen de datos esté por debajo de la cantidad necesaria para que la red funcione eficazmente (Sorger et al., 2021). Sin embargo, aunque la producción de las PYME no alcance la escala de las grandes empresas, ni la cantidad de datos que las nuevas tecnologías requieren, las necesidades de sus clientes siguen siendo las mismas (Birkel & Wehrle, 2022).

Las dificultades a las que se enfrentan las PYMEs a la hora de incorporar nuevos procesos las colocan en una situación de desventaja que les hace perder competitividad y las pone en peligro (Okreglicka, 2020). Las pequeñas empresas suelen carecer de los recursos necesarios para implantar nuevas tecnologías. Las PYMEs en comparación con las empresas más grandes, no tienen tantos recursos y tienen necesidades diferentes, y se enfrentan a una desventaja adicional, los paquetes tecnológicos se suelen diseñar para las grandes empresas.

Centrados en la Inteligencia Artificial, muchas de las pequeñas y medianas empresas españolas reconocen el potencial de esta tecnología, sin embargo, existe cierta reserva en la adopción plena de estas tecnologías. Solo el 11,8 % de las empresas españolas de más de 10 empleados y el 4,6 % de las microempresas usan inteligencia artificial (ONTSI, 2021)⁵. Los datos ponen de manifiesto la necesidad de abordar las

⁵ Informe consultado el 14 de diciembre de 2023 en PAe - ONTSI (administracionelectronica.gob.es)

barreras que presentan las PYMES a la hora de integrar las nuevas tecnologías de la Industria 4.0 lo que pasa por incorporar los procesos de digitalización e IA en la estructura de las empresas y hacerlo de forma efectiva. Conocer las barreras y los impulsores de estas nuevas tecnologías es un aspecto crucial para que las PYMES mantengan su supervivencia en el "mar rojo" de la competitividad en cada uno de sus sectores (Basar et al., 2022).

En la Industria 4.0 las grandes empresas avanzan a partir de la experimentación y la aplicación en su industria de los nuevos desafíos que surgen con la aparición de las nuevas tecnologías. Sin embargo, las PYMES se enfocan en controlar y adoptar soluciones para manejar el cambio de escenario de forma apropiada y posible. Las PYMES necesitan resultados a corto plazo dada su limitación de recursos, tanto en capital físico instalado como capital financiero. Deben orientarse en dar solución a aspectos específicos en lugar de adoptar un enfoque gradual y holístico, lo que dificulta la implementación de tecnologías (Chavez et al., 2022).

Diseñar modelos de implementación de tecnologías para las PYMES requiere la investigación y el conocimiento profundo de sus características en cuanto a qué tipo de tecnología están utilizando en la actualidad, cómo lo hacen, que aspectos del contorno son relevantes o los recursos humanos entre otros. Solo conociendo las variables de la ecuación encontraremos una solución adecuada a este tipo de empresas, se debe adaptar al máximo las metodologías al tipo de empresa. Es necesario atender a las problemáticas específicas en cuanto a infraestructuras y regulación de los recursos, aspectos clave para poder conseguir una implementación exitosa. La necesidad de desarrollar un marco teórico integral que aborde la adopción de tecnología como un proceso dinámico es clave para alcanzar el éxito en la implementación de las tecnologías (Zamani, 2022).

Este trabajo aborda una revisión sistemática de la literatura con el objetivo de explorar y analizar las barreras para la implementación eficiente de la tecnología digital y la inteligencia artificial en las PYMES. A través de esta revisión se pretende identificar el estado del arte sobre las estrategias seguidas por las empresas a la hora de incorporar las

nuevas tecnologías de cara a la mejora de su competitividad. Se exploran las barreras considerando tres aspectos, tecnológicos, económicos y culturales.

Además, la revisión pretende recopilar experiencias de casos exitosos y fracasos comunes, proporcionando una visión comprensiva de las prácticas actuales y las lecciones aprendidas. A partir del estudio de experiencias y modelos previos se pretende conseguir un marco de referencia que guíe y focalice la investigación sobre aplicaciones prácticas de IA y otras tecnologías digitales en las PYMEs. En última instancia, el objetivo de esta revisión de la literatura es obtener el marco teórico para el diseño de entornos empresariales más resilientes y adaptables, donde las PYMEs puedan aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece la Industria 4.0, asegurando su supervivencia y crecimiento en un mercado cada vez más competitivo.

El trabajo que se presenta en este capítulo se estructura en varios apartados. En primer lugar, se presenta la metodología utilizada para la revisión sistemática de la literatura, seguida por la presentación de los resultados obtenidos, la discusión de los hallazgos y las conclusiones. La metodología seguida en la revisión sistemática de la literatura se basa en los protocolos descritos por Marin-Garcia et al., (2015) y Rius-Sorolla et al., (2017), e incluye la identificación de palabras clave, selección de bases de datos y determinación de criterios de inclusión y exclusión. En el apartado de resultados, se presentan el número de artículos encontrados, identificando los tópicos de referencia, su origen por publicación y por países. Finalmente, se sintetizan los aspectos más importantes de los hallazgos y se proponen futuras líneas de investigación.

2. OBJETIVO

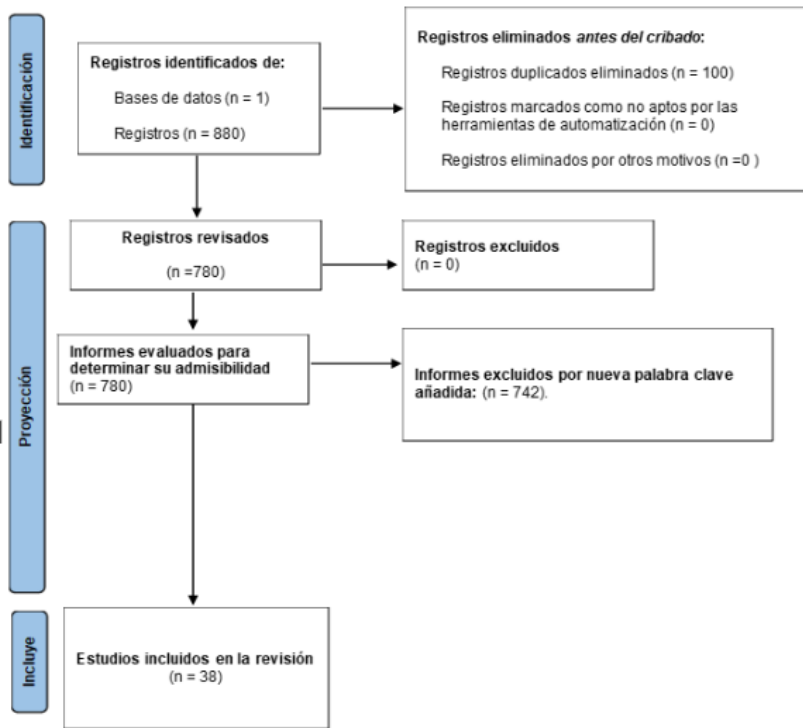
El objetivo global de la investigación en la que se enmarca esta revisión de la literatura es avanzar en la digitalización de las PYMEs, es decir, todas las tecnologías aplicadas a la digitalización de procesos en la industria, con el propósito de mejorar su eficiencia y competitividad. El objetivo global requiere el alcance de los siguientes objetivos

específicos: (1) Análisis del contexto actual de las PYMEs y los desafíos específicos que enfrentan para la adopción de tecnologías; (2) identificación de barreras en el proceso de adaptación tecnológica; (3) propuesta de estrategias que puedan facilitar la implementación de la digitalización en las PYMEs; (4) identificación de diferencias entre PYMEs y grandes empresas en cuanto a recursos y capacidades de adaptación tecnológica. Estos objetivos marcan la dirección a seguir en la revisión de la literatura.

3. METODOLOGÍA.

En el proceso de revisión sistemática se identifican tres pasos o etapas. En primer lugar, la identificación y selección de palabras clave; en segundo lugar, la selección de la base de datos; y, en tercer lugar, la determinación de los criterios de inclusión y exclusión. Las palabras clave identificadas han sido "SME, SMEs, Industry 4.0, AI, and Digitalization, process ". La base de datos seleccionada es la Web of Science. Los criterios de exclusión y/o inclusión consideran una fecha de publicación entre 2007 y 2023. El periodo definido permite, por el límite inferior, evitar información sesgada con artículos muy antiguos que pueden estar obsoletos, y por el límite superior, conocer todo lo publicado hasta 2023. Por otro lado, se ha decidido realizar la búsqueda únicamente en inglés. Finalmente, tras seleccionar artículos a partir de las 4 búsquedas basadas en las combinaciones de palabras clave, (1) "SME" & "Industry 4.0", (2) "SMEs" & "AI", (3) "SMEs" & "Industry 4.0" y por último (4) "Digitalisation" & "Process". Obtenidos todos los artículos de las cuatro búsquedas, se eliminan los artículos duplicados. Una vez realizada la selección de artículos, se analizan los "abstracts", identificando los contenidos que se alinean con el objetivo de la revisión bibliográfica, evaluando si los resúmenes de los artículos contienen, de forma explícita o implícita la referencia de barreras, la cual se tratará como la palabra clave común en las 4 familias de palabras utilizadas en la búsqueda, focalizando así la criba de artículos. Con este trabajo, se han seleccionado 38 artículos de total inicial de 880. El proceso realizado se presenta esquemáticamente en la Figura 1.

FIGURA1. Esquema del proceso de selección de artículos.



Fuente (PRISMA STATEMENT, 2020)

4. RESULTADOS

Al examinar las fuentes se observa que no hay una fuente que destaque considerablemente. La mayoría de las fuentes muestran una sola referencia, y sólo en unas pocas aparecen dos artículos. Los 38 artículos finalmente seleccionados se distribuyen en más de 30 fuentes diferentes, véase la Tabla 1. En cuanto a la distribución temporal de los artículos, se observa un aumento significativo a partir del año 2018, alcanzando un máximo en el año 2022. En el año 2023, el número es inferior, lo que se entiende a que no todos los artículos se han incorporado a la base de datos al momento de la consulta, ver Figura 2.

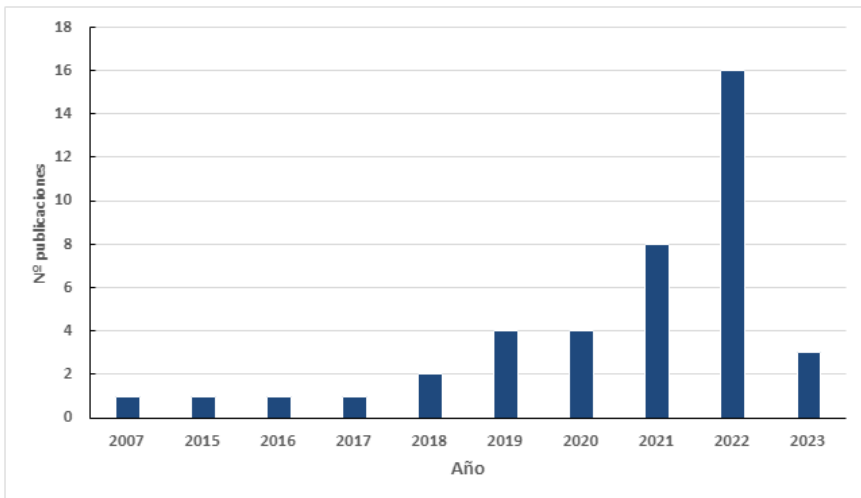
Tabla 1. Fuentes de las publicaciones de referencia para el estudio

| Publicaciones | Ref |
|--|-----|
| 2021 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) | 1 |
| 2022 IEEE 27th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) | 1 |
| 2022 IEEE Learning with MOOCS (LWMOOCS) | 1 |
| Academia Revista Latinoamericana de Administración | 1 |
| Applied Sciences (Switzerland) | 2 |
| Computers | 1 |
| Computers & Industrial Engineering | 1 |
| Computing in Civil Engineering 2021 | 1 |
| Economy of Regions | 1 |
| Education excellence and innovation management: a 2025 vision to sustain economic development during global challenges | 1 |
| Engineering Applications of Artificial Intelligence | 1 |
| Engineering, Construction and Architectural Management | 1 |
| European Journal of Innovation Management | 1 |
| IEEE Access | 1 |
| IEEE Industrial Electronics Magazine | 1 |
| IEEE Transactions on Engineering Management | 1 |
| IFAC-PapersOnLine | 2 |
| International Journal of Advanced Computer Science and Applications | 2 |
| International Journal of Emerging Markets | 1 |
| Journal of Asia Business Studies | 1 |
| Journal of Technology Transfer | 1 |
| Logistics, Journal | 1 |
| Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences | 2 |
| Processes | 1 |
| Qualitative Market Research: An International Journal | 2 |
| R&D Management | 1 |
| Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development | 1 |
| Sensors | 2 |
| Service Business | 1 |

| Publicaciones | Ref |
|--|-----|
| Supply Chain Management: An International Journal | 1 |
| Sustainability | 1 |
| Volume 2: Manufacturing Processes; Manufacturing Systems; Nano/Micro/Meso Manufacturing; Quality and Reliability | 1 |
| Total | 38 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Número de publicaciones por año



Fuente: elaboración propia

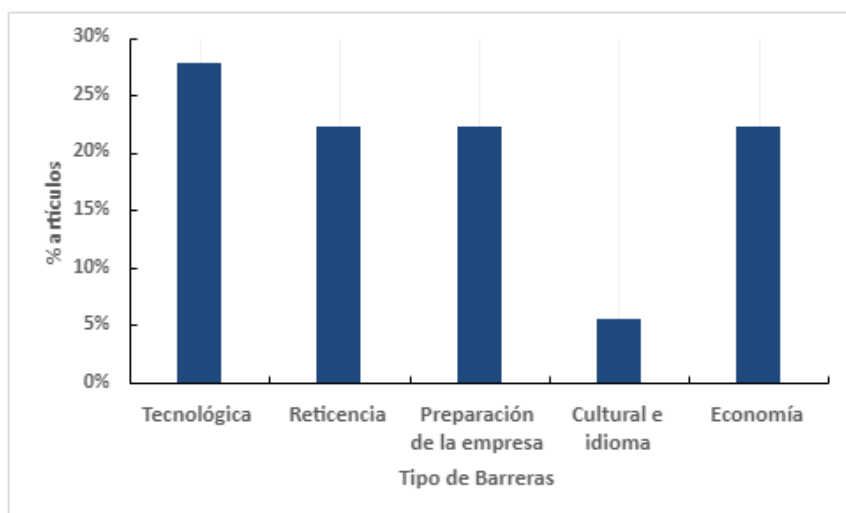
El crecimiento de las publicaciones en los últimos años puede atribuirse a la pandemia del COVID-19, que evidenció las posibilidades de la importancia y la eficacia de la digitalización para las empresas (Bui & Le, 2023). Aunque la pandemia COVID-19 plantea retos sin precedentes, también ha acelerado la adopción de la tecnología digital (Yin et al., 2022). Supuso un empujón al obligar a las plantas de fabricación a tomar medidas para adaptarse y garantizar la continuidad de la producción industrial. "La demanda de soluciones de supervisión de activos y de asistencia especializada a talleres se ha convertido en una prioridad digital cada vez más importante en la industria, impulsando actualizaciones tecnológicas en las interfaces hombre-máquina que conducen a

la evaluación de las competencias digitales de la mano de obra" (García et al., 2022).

Los resultados de la revisión de la literatura revelan que la implementación de tecnología digital y de inteligencia artificial (IA) en las PYMEs es un fenómeno global, esencial para que estas empresas puedan estar a la vanguardia de la transformación industrial y enfrentar la Revolución Industrial 4.0. Se observa una amplia distribución espacial del origen de los artículos que proceden tanto de países desarrollados como de economías emergentes. Existen estudios de Alemania, China, Eslovaquia, España, India, Italia, Jordania, Corea, Nueva Zelanda, Polonia, Portugal, Inglaterra, República Checa, República de Moldavia, Rumanía, Rusia y Vietnam. Lo que pone de manifiesto un interés en la aplicación generalizada de estas tecnologías en PYMEs a nivel mundial, reflejando un movimiento universal hacia la digitalización y la adopción de IA en el contexto de la industria 4.0.

Según los resultados obtenidos de la búsqueda, las barreras a la implantación de la IA en las PYMEs son en gran medida culturales, económicas, técnicas y, frecuentemente, supeditadas a la necesidad de obtener un retorno de la inversión en cortos periodos de tiempo. Con carácter general, los artículos ponen de manifiesto la importancia de barreras tales como, el nivel de preparación y la cultura corporativa, el riesgo y la recompensa económica, la resistencia a la digitalización, las diferencias lingüísticas, culturales e institucionales, la limitación de recursos, la capacidad de absorción de nuevas tecnologías, el planteamiento estratégico digital, la organización interna y operativa, y las capacidades humanas. Otras barreras importantes son la falta de conciencia y conocimiento sobre las tecnologías, así como la interconexión con los procesos ya implementados hasta la fecha. Estas diferentes barreras identificadas se agrupan en 5 categorías, tecnológicas, reticencia al cambio, económicas, preparación de la gerencia ante el cambio tecnológico y culturales y lingüísticas, esta última con una presencia residual, ver figura 3. Como un artículo puede hablar de varias barreras, el número de barreras identificadas supera el número de artículos revisados.

Figura 3. Categorías de barreras, en porcentaje.



Fuente: Elaboración propia

Hay artículos que abordan varios tipos de barreras, por ello se considera de utilidad agruparlos también por su objeto de interés, en la tabla 2. se destacan algunos de los más relevantes en cada uno de los objetos seleccionados.

Tabla 2. Clasificación de publicaciones relevantes en cada uno de los focos de interés considerado.

| Objeto de Interés | Referencia | Título |
|-------------------------------------|---------------------------|---|
| Procesos | (Bui & Le, 2023) | Digital capabilities & Social responsibility |
| | (Khan et al., 2022) | Predictive maintenance |
| | (Sorger et al., 2021) | Digitalization of the value chain in an empirical example |
| | (Wang et al., 2022) | Achievement of process implementation |
| | (Crick & Crick, 2016) | Achievement of process implementation |
| Nivel de conocimiento de la empresa | (Shqair & Altarazi, 2022) | SME Technology Preparedness and Knowledge |

| Objeto de Interés | Referencia | Título |
|---|----------------------------|--|
| <i>Reticencia de las empresas al cambio tecnológico</i> | (Coco et al., 2024) | Open Innovation and Design Thinking Techniques |
| | (Hilkenmeier et al., 2021) | On the Reluctance to Implementation within the Company |
| | (Türkeş et al., 2019) | Identifying Managers' Opinions and Perceptions |
| <i>Obstáculos generales internos y externos</i> | (Okreglicka, 2020) | What barriers exist and how do they affect the development of digital entrepreneurship |
| | (Le-Dain et al., 2023) | Opportunities: digital strategy, ecosystem network, internal and operational organization, and human capabilities. |
| <i>Implementación tecnológica</i> | (García et al., 2022) | Integration of Technology into Manufacturing Process |
| | (Andulkar et al., 2018) | The Level of Readiness and Feasibility of Implementing Technologies |

Fuente: Elaboración propia

5. DISCUSIÓN

Los resultados mostrados del análisis de la bibliografía sobre la implementación de la inteligencia artificial (IA) y la tecnología digital en las PYMEs ha revelado varias tendencias y desafíos críticos. La revisión sistemática identificó que la adopción de estas tecnologías en las PYMEs es un área de creciente interés, especialmente en el contexto post-COVID-19. Las PYMEs, enfrentan obstáculos significativos para mantenerse competitivas en la era de la Industria 4.0, en la revisión de la literatura se observa como barreras tales como las financieras, técnicas y organizativas son obstáculos que deben superarse a la hora de poder implementar con éxito las tecnologías a este tipo de empresa (Basar et al., 2022 y De Lucas Ancillo et al., 2022)

En el análisis se destaca un notable aumento en la producción de artículos desde 2019, alcanzando su punto máximo en 2022, lo que subraya la aceleración de la digitalización empresarial durante la pandemia. Este auge refleja cómo la crisis sanitaria global impulsó a las empresas a adoptar nuevas tecnologías para asegurar su supervivencia y

adaptabilidad. Sin embargo, la integración de la IA y la digitalización en las PYMEs no ha sido homogénea, con muchas empresas todavía rezagadas en este proceso. Las barreras más significativas identificadas incluyen factores culturales, económicos y técnicos. Culturalmente, la resistencia al cambio y la falta de habilidades digitales entre los empleados son desafíos recurrentes. Económicamente, las PYMEs a menudo carecen de los recursos financieros necesarios para invertir en tecnologías avanzadas, lo que las coloca en una desventaja competitiva frente a las grandes empresas. Técnicamente, la falta de infraestructura adecuada y la complejidad de las nuevas tecnologías representan obstáculos adicionales, (De Lucas Ancillo et al., 2022; Haben et al., 2021 y Okreglicka, 2020) La gestión del cambio organizacional también emerge como un desafío crucial.

Para abordar estos desafíos, es fundamental desarrollar estrategias que no solo faciliten la adopción tecnológica, sino que también promuevan un cambio cultural dentro de las organizaciones. La creación de redes de apoyo y colaboración entre PYMEs, grandes empresas y organismos gubernamentales puede proporcionar el soporte necesario para superar estas barreras (Stentoft et al., 2019 y Türkeş et al., 2019). Además, la formación continua y la sensibilización sobre los beneficios de la digitalización son esenciales para fomentar una cultura empresarial abierta a la innovación (De Lucas Ancillo et al., 2022; Hilkenmeier et al., 2021; Marin-Garcia et al., 2015 y Türkeş et al., 2019).

El análisis de la literatura sugiere que, para avanzar en la integración de la IA en las PYMEs, es necesario realizar revisiones más detalladas que consideren factores como la localización, el tipo de actividad y los procesos específicos de estas empresas. Explorar las relaciones entre las barreras identificadas y las características particulares de las PYMEs que permitan desarrollar soluciones más personalizadas y efectivas (Stentoft et al., 2019 y Türkeş et al., 2019).

Por todo ello, la implementación de IA y tecnologías digitales no solo requiere la realización de inversiones para la adquisición del capital físico necesario para el desarrollo de la nueva tecnología, sino también la reestructuración de procesos internos y la capacitación del personal. Esta transformación demanda un enfoque estratégico que considere las

especificidades de las PYMEs, incluyendo sus estructuras jerárquicas (García-Ortega et al., 2021). La transformación debe venir apoyada por el nivel superior en la cadena de mando de las empresas, parte fundamental y crítica en procesos de implementación de tecnologías de estas características.

6. CONCLUSIONES

De la revisión de la literatura se concluye que las PYMEs presentan barreras a la adopción de las tecnologías digitales y la Inteligencia Artificial (IA), un reto que deben cumplir para poder mantener su competitividad. Las PYMEs, que constituyen más del 90% del tejido empresarial en España, enfrentan numerosos obstáculos para mantenerse competitivas en la era de la Industria 4.0, debido a limitaciones financieras, técnicas y organizativas.

La adopción de estas tecnologías ha cobrado un interés creciente, especialmente a raíz de la pandemia de COVID-19, lo que ha impulsado a muchas empresas a acelerar su transformación digital para sobrevivir y adaptarse a las nuevas condiciones del mercado. El trabajo es un notable aumento en la producción de artículos desde 2019, alcanzando su punto máximo en 2022, lo cual refleja cómo la crisis sanitaria global ha sido un catalizador para la adopción tecnológica. Sin embargo, la integración de IA y digitalización en las PYMEs no ha sido uniforme, con muchas empresas aún rezagadas.

Las principales barreras relativas a la adopción de las nuevas tecnologías incluyen la resistencia cultural al cambio, la falta de habilidades digitales entre los empleados, recursos financieros insuficientes, infraestructura técnica inadecuada y la complejidad de las nuevas tecnologías. La gestión del cambio organizacional es crucial, ya que la implementación de estas tecnologías requiere no solo la adquisición de nuevos sistemas, sino también la reestructuración de procesos internos y la capacitación del personal.

Para superar estos desafíos, se necesitan estrategias que faciliten la adopción tecnológica y promuevan un cambio cultural dentro de las organizaciones. La creación de redes de apoyo y colaboración entre

PYMEs, grandes empresas y organismos gubernamentales es esencial para proporcionar el soporte necesario. Asimismo, es fundamental la formación continua y la sensibilización sobre los beneficios de la digitalización para fomentar una cultura empresarial abierta a la innovación.

La necesidad de un enfoque personalizado para la implementación de IA y tecnologías digitales en las PYMEs es un aspecto clave. Cada empresa tiene sus propias características y las soluciones adoptadas deben adaptarse a sus necesidades específicas. Esto incluye considerar la localización, el tipo de actividad y los procesos particulares de cada empresa. Explorar las relaciones entre las barreras identificadas y las características particulares de las PYMEs permitirá desarrollar soluciones más efectivas y personalizadas. Por ejemplo, en regiones con menor infraestructura tecnológica, se podrían implementar soluciones escalables que no requieran una inversión inicial significativa. Del mismo modo, en sectores donde la formación técnica es limitada, los programas de capacitación específicos pueden ser esenciales para facilitar la adopción de nuevas tecnologías.

Es importante destacar que la colaboración y el apoyo gubernamental juegan un papel crucial en este proceso (Hall et al., 2023). Las políticas públicas que incentiven la digitalización y proporcionen apoyo financiero y técnico a las PYMEs son fundamentales. Iniciativas como subsidios para la adquisición de tecnología, programas de formación y redes de colaboración pueden ser determinantes para superar las barreras identificadas.

En definitiva, la superación de las barreras para la implantación de tecnologías digitales en las PYMEs requiere un enfoque integral que contemple aspectos tecnológicos, económicos y culturales. Solo mediante la adopción de estrategias que aborden estos múltiples frentes, las PYMEs podrán mejorar su competitividad y adaptarse con éxito a la nueva era. Continuar investigando y desarrollando métodos que permitan a las PYMEs implementar nuevas tecnologías de manera eficiente es esencial para garantizar su sostenibilidad y crecimiento en un mercado cada vez más competitivo. Es fundamental que los esfuerzos se orienten no solo hacia la adopción de la tecnología, sino también hacia la

transformación cultural y organizacional que permita a las PYMEs aprovechar plenamente las oportunidades que la digitalización y la IA pueden ofrecer.

De la revisión de la literatura, se identifica la necesidad de abordar cuáles son los impulsores clave para la adopción de IA y tecnologías digitales en las PYMEs. Esto permitirá avanzar en el diseño de un modelo real de implantación de tecnologías digitales en la PYME.

Finalmente, es necesario señalar que deben desarrollarse estrategias personalizadas que consideren las características específicas de cada PYME, como su ubicación, tipo de actividad y procesos particulares. La colaboración entre PYMEs, grandes empresas y organismos gubernamentales será fundamental para proporcionar el soporte necesario, incluyendo programas de formación y sensibilización sobre los beneficios de la digitalización. En definitiva, es esencial seguir investigando y desarrollando métodos que permitan a las PYMEs implementar nuevas tecnologías de manera eficiente, garantizando su sostenibilidad y crecimiento en un mercado cada vez más competitivo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Andulkar, M., Le, D. T., & Berger, U. (2018). A multi-case study on Industry 4.0 for SME's in Brandenburg, Germany. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2018-January*.
<https://doi.org/10.24251/HICSS.2018.574>
- Basar, M. S., Christiansen, L., Nannerup, P. D., & Graugaard Antonsen, M. (2022). Identification of Barriers to and Opportunities for Adoption of Machine Vision for Small and Medium-sized Enterprises. *2022 IEEE 27th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2022-September, 1–4*.
<https://doi.org/10.1109/ETFA52439.2022.9921607>
- Birkel, H., & Wehrle, M. (2022). Small- and Medium-Sized Companies Tackling the Digital Transformation of Supply Chain Processes: Insights From a Multiple Case Study in the German Manufacturing Industry. *IEEE Transactions on Engineering Management, 1–16*.
<https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3209131>
- Bui, M. T., & Le, H. L. (2023). Digital capability and creative capability to boost firm performance and formulate differentiated CSR-based strategy. *Heliyon, 9(3)*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14241>

- Caballero Márquez, J. A., Mosquera Forero, J. R., & Jaimes Socarrás, O. J. (2023). La tecnología 4.0 y su potencial para el mejoramiento de procesos en PyMEs: Una mirada desde la literatura científica. <https://doi.org/10.4995/inn2022.2022.15762>
- Coco, N., Colapinto, C., & Finotto, V. (2024). Fostering digital literacy among small and micro-enterprises: digital transformation as an open and guided innovation process. *R&D Management*, 54(1), 118–136. <https://doi.org/10.1111/radm.12645>
- Crick, D., & Crick, J. (2016). An appreciative inquiry into the first export order. *Qualitative Market Research: An International Journal*, 19(1), 84–100. <https://doi.org/10.1108/QMR-01-2015-0001>
- Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G., & Sartor, M. (2020). Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions. *International Journal of Production Economics*, 226. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107617>
- De Lucas Ancillo, A., Gavrila Gavrila, S., Fernández del Castillo Díez, J. R., & Corro Beseler, J. (2022). LATAM and Spanish SME barriers to Industry 4.0. *Academia Revista Latinoamericana de Administración*, 35(2), 204–222. <https://doi.org/10.1108/ARLA-07-2021-0137>
- García, Á., Bregon, A., & Martínez-Prieto, M. A. (2022). A non-intrusive Industry 4.0 retrofitting approach for collaborative maintenance in traditional manufacturing. *Computers & Industrial Engineering*, 164, 107896. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107896>
- García-Ortega, B., López-Navarro, M. A., & Galán-Cubillo, J. (2021). Top Management Support in the Implementation of Industry 4.0 and Business Digitization: The Case of Companies in the Main European Stock Indices. *IEEE Access*, 9. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3118988>
- General de Industria PYME, D. (2019). Marco Estratégico en política de PYME 2030.
- Haben, F., Vogel-Heuser, B., Najjari, H., Seitz, M., Trunzer, E., & Salazar, L. A. C. (2021). Low-entry Barrier Multi-Agent System for Small- and Middle-sized Enterprises in the Sector of Automated Production Systems. 2021 *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1351–1357. <https://doi.org/10.1109/IEEM50564.2021.9672973>
- Hall, A. T., Durdyev, S., Koc, K., Ekmekcioglu, O., & Tupenaite, L. (2023). Multi-criteria analysis of barriers to building information modeling (BIM) adoption for SMEs in New Zealand construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(9), 3798–3816. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2022-0215>

- Hilkenmeier, F., Fechtelpeter, C., & Decius, J. (2021). How to foster innovation in SMEs: evidence of the effectiveness of a project-based technology transfer approach. *Journal of Technology Transfer*.
<https://doi.org/10.1007/s10961-021-09913-x>
- Khan, M., Ahmad, A., Sobieczky, F., Pichler, M., Moser, B. A., & Bukovsky, I. (2022). A Systematic Mapping Study of Predictive Maintenance in SMEs. *IEEE Access*, 10, 88738–88749.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3200694>
- Le-Dain, M. A., Benhayoun, L., Matthews, J., & Liard, M. (2023). Barriers and opportunities of digital servitization for SMEs: the effect of smart Product-Service System business models. *Service Business*, 17(1).
<https://doi.org/10.1007/s11628-023-00520-4>
- Marin-Garcia, J. A., Ramirez Bayarri, L., & Atares Huerta, L. (2015). Protocol: Comparing advantages and disadvantages of Rating Scales, Behavior Observation Scales and Paired Comparison Scales for behavior assessment of competencies in workers. A systematic literature review. *WPOM-Working Papers on Operations Management*, 6(2), 49.
<https://doi.org/10.4995/wpom.v6i2.4032>
- Okreglicka, M. (2020). Barriers in the Technological Innovation Implementation and Digital Entrepreneurship Development. In education excellence and innovation management: 2025 Vision to sustain economic development during challenges (*Issues 35th International-Business-Information-Management-Association Conference (IBIMA)*).
- Onar, S. C. et al. (2018). The changing role of engineering education in industry 4.0 Era. In- Industry 4.0- Managing the Digital Transformation. In *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*.
- PRISMA STATEMENT. (2020). <https://www.prisma-statement.org/prisma-2020>
- Rius-Sorolla, G., Maheut, J., Estelles-Miguel, S., & Garcia-Sabater, J. P. (2017). Protocol: Systematic Literature Review on coordination mechanisms for the mathematical programming models in production planning with decentralized decision making. *WPOM-Working Papers on Operations Management*, 8(2), 22. <https://doi.org/10.4995/wpom.v8i2.7858>
- Shqair, M. I., & Altarazi, S. A. (2022). Evaluating the Status of SMEs in Jordan with Respect to Industry 4.0: *A Pilot Study*. *Logistics*, 6(4).
<https://doi.org/10.3390/logistics6040069>
- Sorger, M., Ralph, B. J., Hartl, K., Woschank, M., & Stockinger, M. (2021). Big data in the metal processing value chain: A systematic digitalization approach under special consideration of standardization and smes. *Applied Sciences* (Switzerland), 11(19).
<https://doi.org/10.3390/app11199021>

- Stentoft, J., Jensen, K. W., Philipsen, K., & Haug, A. (2019). Drivers and Barriers for Industry 4.0 Readiness and Practice: A SME Perspective with Empirical Evidence. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2019-January*.
<https://doi.org/10.24251/HICSS.2019.619>
- Türkeş, M. C., Oncioiu, I., Aslam, H. D., Marin-Pantelescu, A., Topor, D. I., & Căpuşneanu, S. (2019). Drivers and barriers in using industry 4.0: A perspective of SMEs in Romania. *Processes*, 7(3).
<https://doi.org/10.3390/pr7030153>
- Wang, J., Lu, Y., Fan, S., Hu, P., & Wang, B. (2022). How to survive in the age of artificial intelligence? Exploring the intelligent transformations of SMEs in central China. *International Journal of Emerging Markets*, 17(4), 1143–1162. <https://doi.org/10.1108/IJOEM-06-2021-0985>
- Yin, Q., Obonyo, E., Zhao, J., & Eskandrani, A. (2022). Accelerating the Uptake of Advanced Digital Technologies for Health and Safety Management within Construction: Small and Medium Enterprises (SMEs). *Computing in Civil Engineering* 2021, 835–842.
<https://doi.org/10.1061/9780784483893.103>
- Zamani, S. Z. (2022). Small and Medium Enterprises (SMEs) facing an evolving technological era: a systematic literature review on the adoption of technologies in SMEs. *European Journal of Innovation Management*, 25(6), 735–757. <https://doi.org/10.1108/EJIM-07-2021-0360>

USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA PRÁCTICA CLÍNICA NEUROPSICOLÓGICA

UMBERTO LEÓN-DOMÍNGUEZ

Escuela de Psicología, Universidad de Monterrey (México)

1. INTRODUCCIÓN

La neuropsicología es una rama moderna de la psicología que ha ido incorporando en su práctica las distintas tecnologías que han ido apareciendo en el mercado tales como las técnicas de neuroimagen (ej., resonancia magnética funcional), técnicas de neuromodulación cerebral (ej., estimulación magnética transcraneal), test computerizados (ej., cantab), y realidad virtual inmersiva (ej., nesplora). Estas herramientas se suelen integrar dentro de una evaluación neuropsicológica de forma que se pueda valorar conductas patológicas y no patológicas (Lezak, 2004). La evaluación neuropsicológica consiste en la realización de tareas que son retos que para ser resueltos, se necesita poner en práctica diferentes habilidades cognitivas. Estas tareas pueden presentarse en dos contextos: en un contexto de despacho clínico, donde la tarea suele no estar alineada con actividades de la vida diaria; o en un contexto natural, donde el sujeto tiene que resolver actividades de la vida diaria. El contexto clínico ofrece al neuropsicólogo un ambiente controlado donde se puede aplicar con precisión la tarea a realizar, mientras que los contextos naturales son más impredecibles y con distractores ambientales que pueden interferir con la ejecución de la tarea (Giovannetti et al., 2006; Hamera et al., 2005; Hamera & Brown, 2000). El objetivo del neuropsicólogo es mejorar el rendimiento de los sujetos al resolver las tareas a través de entrenar sus habilidades cognitivas (Cardoso et al., 2019). Mediante diferentes programas de neuroestimulación cognitiva, el neuropsicólogo puede diseñar una estrategia que mejore el

rendimiento de los individuos en varios ámbitos que incluyen el psicopedagógico (ej., mejoras en el aprendizaje) (Cardoso et al., 2019), laboral (ej., mejoras en la resolución de problema) (Marquie et al., 2010) clínico (ej., rehabilitación de la memoria) (Lambez & Vakil, 2021). Sin embargo, independientemente del área y contexto de intervención, el neuropsicólogo necesita poder medir cuantitativamente el rendimiento del sujeto para poder valorar con precisión su progresión durante el programa de estimulación, y por tanto, su eficacia.

El neuropsicólogo tiene varias herramientas para valorar la progresión de un sujeto, y con ello, la eficacia de su programa de estimulación. La general y más básica son las tareas donde se tiene que resolver un reto. Este tipo de tareas se conocen en inglés como “*performance-based tasks*”, y se diferencia de los cuestionarios, en que el sujeto tiene que demostrar que sabe resolver la tarea, no basta con que afirme que sí sabe. En esta categoría se encuentran diferentes tipos de tareas, de papel y lapiz, las computerizadas, y las más actuales, las basadas en realidad virtual. La diferencia principal es el formato en la que se administran, mientras que la de papel y lapiz, tal como el nombre indica, se ofrece un reto que puede ser resuelto en una hoja de papel, las pruebas computerizadas y de realidad virtual se apoyan en una plataforma digital. Además, mientras que las pruebas de papel y lapiz, y las computerizadas suelen valorar el rendimiento de las funciones cognitivas (atención, memoria, habilidades perceptomotoras...), las tareas en realidad virtual permiten valorar el rendimiento en tareas más directamente relacionada con habilidades de la vida diaria (ej., reponer la bodega de un restaurante, trabajar de camarero, montar una silla...). Para medir el rendimiento de los sujetos en la ejecución de las pruebas, la conducta que realiza el sujeto debe ser descompuesta en múltiples variables que serán definidas por diferentes parámetros. Hay parámetros que miden el proceso durante la realización de la tarea y hay otros parámetros que miden el resultado final en la tarea. Los primeros parámetros, los que valoran el proceso del sujeto, se suelen basar más en los tipos “errores” que comete el sujeto mientras realiza la tarea, pudiendo haber incumplido una regla de la propia tarea u omitiendo una conducta o estímulo (Lezak, 2004). Sin embargo, con la digitalización y los nuevos algoritmos

de Inteligencia Artificial (IA), ya no necesariamente se valora momentos específicos, sino que se puede valorar la maniobrabilidad del sujeto de forma continua, y relacionarla el rendimiento en otros parámetros (Severson et al., 2021). De esta forma, se puede relacionar conductas con errores y poder intervenir directamente sobre la conducta. Por el otro lado, los parámetros que miden el rendimiento del sujeto, son parámetros que indican la eficacia con la que ha resuelto la tarea: tiempo, número de aciertos, número de movimientos entre otros. Estos parámetros, aunque son de una gran utilidad, pueden desvirtuar el proceso, ya que normalmente, los parámetros que miden la eficacia al resolver una tarea muestran más una consecuencia del déficit que se quiere entrenar o rehabilitar.

Independientemente, de las pruebas que se utilicen, para valorar la eficacia de los programas de estimulación neuropsicológica, se suele utilizar una diseño *pre* y *post* de evaluación neuropsicológica (Tagliabue et al., 2018). El neuropsicólogo debe definir previo a la intervención qué pruebas usará para la valoración de su programa. Estas pruebas, deben aplicarse tanto antes (etapa *pre*) como después (etapa *post*). Aquí, el verdadero reto del neuropsicólogo es medir los parámetros que utilizará para valorar el rendimiento global del sujeto. Si el sujeto presenta unos mejores parámetros (menos errores, menos movimientos, menos tiempo...) se podrá concluir que el programa ha mostrado cierto grado de efectividad, mientras que si no mejora o incluso empeora, el programa puede ser ineficaz, incluso peligroso para el individuo. El reto reside en qué voy a medir primero, y luego, cómo lo voy a medir y cómo lo voy a interpretar. Normalmente, la formación en neuropsicología es capaz de resolver las preguntas del “cómo”, y la pregunta del “qué” suele venir predeterminada por las pruebas. Además, las pruebas digitales ofrecen una gran ventaja sobre las analógicas, y es que, pueden medir muchas más variables que sería imposible para el neuropsicólogo poder apuntarlas en una libreta por sí mismo (ej., los tiempos de reacción medidos en milisegundos, toda la secuencia de movimientos...). Sin embargo, muchas veces, los parámetros que vienen predeterminados por las pruebas son insuficientes, ya que no pueden valorar la ejecución del individuo de forma global. En este punto, la inclusión de la

visión computerizada y la IA en las pruebas neurocognitivas puede determinar un salto cualitativo en cómo se práctica la neuropsicología.

2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA NEUROPSICOLOGÍA

La introducción de la IA en el campo de la práctica diaria de la neuropsicología podría suponer un cambio de paradigma hacia una ciencia cognitiva y conductual basada con un amplio predominio de la tecnología. En neuropsicología, la IA ha demostrado ser una herramienta poderosa para mejorar la precisión y eficacia en la evaluación y tratamiento de trastornos cognitivos y comportamentales. La evaluación neuropsicológica basada en IA se refiere al uso de herramientas digitales y algoritmos avanzados de aprendizaje automático para valorar la ejecución y rendimiento de los individuos en las pruebas neuropsicológicas. Estas evaluaciones buscan una mayor precisión y eficacia en la recolección y análisis de datos, reduciendo los errores humanos y facilitando la estructuración coherente de la información. Las tecnologías basadas en IA permiten el análisis de grandes cantidades de datos de pacientes para identificar patrones y tendencias que pueden no ser evidentes para los terapeutas humanos. Este análisis puede ayudar a desarrollar tratamientos altamente personalizados, adaptados a las necesidades específicas de cada individuo. Por ejemplo, los algoritmos de IA pueden sugerir intervenciones basadas en la historia clínica, el comportamiento y las respuestas previas del paciente a diferentes tratamientos. La IA también puede mejorar la precisión en el diagnóstico y la intervención al minimizar los errores humanos. Además, los algoritmos de IA pueden analizar datos neuropsicológicos con una mayor precisión que los métodos tradicionales, lo que resulta en diagnósticos más exactos y planes de tratamiento más efectivos. Esto es especialmente útil en casos de enfermedades complejas o raras, donde la precisión diagnóstica es crucial para un tratamiento exitoso. Por otro lado, las aplicaciones de IA pueden ofrecer intervenciones en tiempo real y monitorización continua del estado cognitivo y emocional de los pacientes. Por ejemplo, se puede usar aplicaciones móviles basadas en IA para monitorear los síntomas de ansiedad y depresión en tiempo real, proporcionando retroalimentación instantánea y sugiriendo ejercicios de

relajación o mindfulness cuando sea necesario. Esta capacidad de intervención inmediata puede ser crucial para prevenir el agravamiento de los síntomas y mejorar los resultados del tratamiento. La IA también se está utilizando en programas de entrenamiento cognitivo y rehabilitación neuropsicológica. Estos programas pueden ser adaptativos, ajustándose en tiempo real a las respuestas del paciente para maximizar la efectividad del entrenamiento. Un ejemplo mencionado es el uso de juegos de entrenamiento cognitivo basados en IA que se adaptan al nivel de habilidad del usuario, aumentando gradualmente la dificultad para desafiar y mejorar las capacidades cognitivas del sujeto. A continuación se describirá algunas investigaciones resaltando estas cualidades de usar IA en la evaluación y tratamiento neuropsicológico.

3. DESARROLLO DE SISTEMAS PARA LA EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO PERSONALIZADOS

Un extenso trabajo de revisión analiza 37 artículos que demuestran cómo la IA puede ser una herramienta útil para optimizar los procedimientos diagnósticos, predecir el deterioro cognitivo, superar las pruebas tradicionales en la evaluación neuropsicológica para la detección temprana y mejorar el tratamiento personalizado del Deterioro Cognitivo Leve (DCL) y la Enfermedad de Alzheimer (EA) (Veneziani et al., 2024). Se identifican tres categorías principales de aplicaciones: la combinación de evaluaciones neuropsicológicas con datos clínicos, la optimización de baterías de pruebas existentes mediante técnicas de IA y el uso de realidad virtual y juegos para superar las limitaciones de las pruebas tradicionales. La combinación de evaluaciones neuropsicológicas con datos clínicos implica integrar pruebas cognitivas tradicionales con información clínica para mejorar la precisión y la eficacia del diagnóstico de trastornos como el DCL y la EA. Esta estrategia utiliza modelos de IA para analizar datos complejos que incluyen variables neuropsicológicas, demográficas y de salud. Los estudios han demostrado que al combinar estas fuentes de datos, los modelos de IA pueden superar a los métodos tradicionales en la identificación de deterioro cognitivo y en la predicción de su progresión. Por ejemplo, un uso apropiado clínicamente en esta línea se refiere a utilizar esta tecnología con

el objetivo de diagnosticar si el DCL tiene riesgo de progresar a una EA. Los algoritmos multimodales de IA que incorporan neuroimágenes, pruebas neuropsicológicas y datos genéticos muestran potencial en mejorar la precisión diagnóstica del MCI debido a AD. Estos métodos buscan proporcionar un monitoreo longitudinal, rentable y aplicable en diversas poblaciones (Blanco et al., 2023). En otro experimento, se investigó la predicción de la recuperación del lenguaje en individuos con afasia post-ictus utilizando mapeo de síntomas mediante técnicas de IA. Evaluando a 217 pacientes en diferentes tiempos post-ictus (1 mes, 3 meses, 1 año), la investigación demuestra que hasta el 60% de la variabilidad en la gravedad de la afasia a 1 año puede predecirse utilizando datos de neuroimagen, demográficos y la gravedad inicial de la afasia. El estudio subraya el papel crítico de la ubicación de la lesión en la predicción de resultados a largo plazo y resalta la utilidad de estos modelos para el pronóstico personalizado y la planificación del tratamiento en la recuperación de la afasia (Levy et al., 2023).

Otro posible uso es la personalización de las evaluaciones cognitivas basadas en las características morfométricas del cerebro de cada individuo. Un estudio introdujo un método de IA para priorizar evaluaciones cognitivas personalizadas, adaptando el proceso de selección de pruebas a las características específicas del cerebro de los pacientes con la EA. Este método, llamado PLTR (*Push and Learning-to-Rank*), identifica las pruebas más efectivas y las prioriza, lo que permite una evaluación más eficiente, precisa y personalizada (Peng et al., 2020). Las evaluaciones cognitivas son una rutina clínica común para el diagnóstico de la EA. Sin embargo, la gran cantidad de herramientas de evaluación disponibles y el tiempo limitado de las visitas clínicas plantean la necesidad de desarrollar métodos que permitan seleccionar las pruebas más adecuadas para cada paciente. La mayoría de los estudios actuales proporcionan directrices de selección de pruebas cognitivas para poblaciones objetivo, pero no están personalizadas para cada sujeto de forma individual. En este contexto, los autores de la investigación desarrollaron el método PLTR, método que aprende una “función de puntuación latente” (*latent scoring function*) que prioriza las evaluaciones cognitivas más efectivas para cada paciente a partir de asignar

puntuación a características cognitivas basándose en variables latentes de los sujetos. En concreto, el PLTR utiliza medidas morfométricas extraídas de imágenes de resonancia magnética estructural para caracterizar el cerebro de los pacientes. Estas características se utilizan para identificar y priorizar los biomarcadores cognitivos específicos de cada individuo. Un ejemplo relevante presentado en el artículo es el uso del Test de Aprendizaje Verbal Auditivo de Rey (RAVLT). El RAVLT evalúa la memoria y el aprendizaje mediante la medición del número de palabras recordadas en diferentes ensayos. En el estudio, se encontró que RAVLT es una de las tareas cognitivas más frecuentemente priorizadas y es altamente correlacionada con varias regiones cerebrales, como la corteza prefrontal medial y el hipocampo. Este ejemplo ilustra cómo PLTR puede identificar y priorizar tareas cognitivas críticas que son ajustadas al estado cognitivo y características neuroanatómicas del paciente, demostrando su poder diagnóstico y su aplicación potencial en la práctica clínica. Los resultados del estudio demuestran que el PLTR supera significativamente a los métodos de referencia en la identificación y priorización de biomarcadores cognitivos específicos para cada individuo. El PLTR mostró mejoras entre 19-22% en comparación con los mejores métodos de referencia (Peng et al., 2020).

La IA también se puede usar para la personalización de tratamientos neuro-rehabilitadores (Faria et al., 2023). Algunos autores desarrollaron “NeuroAIreh@b”, un método centrado en superar las limitaciones de las técnicas tradicionales de rehabilitación neurocognitiva, que suelen carecer de adaptabilidad al ofrecer soluciones generalizadas que pueden no satisfacer las necesidades específicas de cada paciente. Este método integra evaluaciones neuropsicológicas con modelos computacionales basados en IA para crear un perfil cognitivo detallado y único para cada paciente, conocido como “Perfil Cognitivo Evaluado” (PCE). Este perfil incluye información sobre diversos aspectos cognitivos, como la memoria, la atención, el lenguaje y las funciones ejecutivas, y se utiliza para personalizar las tareas de entrenamiento cognitivo (TECs) que se ajustan dinámicamente en función del rendimiento del paciente. La metodología NeuroAIreh@b también aprovecha simulaciones de realidad virtual de actividades de la vida diaria para mejorar

la validez ecológica y la eficacia de las intervenciones. Estas simulaciones proporcionan un entorno realista y controlado en el que los pacientes pueden practicar y mejorar sus habilidades cognitivas y funcionales. El marco metodológico consta de varias etapas: perfilado del paciente, selección de entrenamiento, ejecución de sesiones y calibración del sistema. En la etapa de perfilado, se crean perfiles multidimensionales del paciente utilizando varios instrumentos de evaluación neuropsicológica y datos sociodemográficos. Estos perfiles se utilizan para determinar el estado cognitivo del paciente y guiar la selección de las TECs. En la selección de entrenamiento, el sistema elige las tareas más apropiadas en función del perfil cognitivo y los objetivos de rehabilitación del paciente. Durante las sesiones de entrenamiento, las tareas se adaptan continuamente en función del rendimiento del paciente para mantener un nivel de éxito entre el 50% y el 70%, evitando así el aburrimiento y la frustración (Faria et al., 2023). El artículo también describe los resultados de varios estudios clínicos que validan la viabilidad y la efectividad potencial de NeuroAIreh@b. Un estudio piloto con supervivientes de accidentes cerebrovasculares crónicos mostró mejoras significativas en las capacidades cognitivas y funcionales, sugiriendo que la rehabilitación cognitiva basada en IA y realidad virtual puede generar beneficios significativos a corto plazo. Además, una intervención de neurorehabilitación de cinco semanas con supervivientes de accidentes cerebrovasculares en la comunidad demostró ser factible, aceptable y eficaz preliminarmente, con altos niveles de satisfacción reportados por los participantes y mejoras confiables en varias medidas de evaluación neuropsicológica.

Este poder en la personalización que dota la IA a las evaluaciones neuropsicológicas también se puede trasladar a las evaluaciones neurológicas de un paciente durante la etapa ambulatoria. Por ejemplo, muchos de los pacientes que se atienden en neuropsicología son post-quirúrgicos de alguna condición tumoral en el cerebro. Mejorar las condiciones en que los pacientes son tratados del tumor, también puede beneficiar a la rehabilitación neuropsicológica posterior. En este sentido, la IA se está utilizando en neuro-oncología para mejorar el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de tumores cerebrales (Khalighi et al., 2024). La

integración de datos multimodales, incluyendo neuroimágenes, datos histopatológicos y genómicos, permite una comprensión más completa del tumor, mejorando la precisión de los diagnósticos y la planificación del tratamiento quirúrgico. La capacidad de la IA para procesar grandes volúmenes de datos y extraer patrones no discernibles por observadores humanos representa una ventaja significativa en la gestión de tumores malignos del cerebro. Uno de los puntos clave discutidos por Khalighi y colegas en su artículo, es la capacidad de los modelos de IA para predecir la supervivencia general (SG) y la supervivencia libre de progresión (SLP) en pacientes con glioblastoma, utilizando características extraídas de datos de neuroimagen pre-intervención. Los estudios han mostrado que estos modelos, cuando se combinan con atributos clínicos, superan a las variables clínicas rutinarias en términos de precisión predictiva. En este sentido, los modelos basados en características radiómicas de neuroimágenes de pacientes con glioblastoma han demostrado ser efectivos en la predicción de SLP y SG. Esta capacidad predictiva mejorada puede facilitar la planificación de tratamientos más personalizados y efectivos. Los métodos basados en IA pueden predecir la respuesta de los pacientes a tratamientos como la radioterapia y la quimioterapia, pudiéndose así personalizar y optimizar las estrategias terapéuticas. Un ejemplo es el uso de características radiómicas de neuroimágenes por resonancia magnética estructural para predecir el estado de metilación del promotor de MGMT, un marcador crucial para la resistencia al tratamiento con temozolomida en pacientes con glioblastoma. La capacidad de la IA para identificar estos marcadores puede proporcionar información valiosa para tomar decisiones de tratamiento más informadas y personalizadas (Khalighi et al., 2024). De esta forma, la personalización del tratamiento terapéutico puede incidir en los resultados y progresión médica, resultando en un menor número de consecuencias cognitivas, y por tanto, una potencial mayor efectividad de los tratamiento neuropsicológicos post-quirúrgicos.

4. DIAGNÓSTICO CLÍNICO

Se ha reportado también el uso de algoritmos de IA en la detección y predicción de trastornos neuropsicológicos. Estos trastornos, que

incluyen demencia, epilepsia, cáncer cerebral, autismo, accidente cerebrovascular y esclerosis múltiple, entre otros; afectan gravemente la calidad de vida de los pacientes y sus familias, y en algunos casos, pueden llevar a la pérdida de vida (Shah et al., 2023). La tecnología de IA ha demostrado ser prometedora en la asistencia para el diagnóstico temprano de la demencia, incluida la EA, proporcionando un importante soporte técnico para la detección, diagnóstico y tratamiento precoz. Además, también ha sido utilizada en el análisis de imágenes médicas, el desarrollo de medicamentos y la predicción y tratamiento de la enfermedad (Seo et al., 2022; Zhang et al., 2023; Zhao et al., 2021). Estas técnicas han sido útiles para analizar diversos tipos de datos, como las imágenes de resonancia magnética, y para identificar patrones y biomarcadores de la EA (Mohammad et al., 2023). Por ejemplo, la IA se ha utilizado en la detección temprana de la EA mediante el desarrollo de sistemas de diagnóstico asistido por computadora, utilizando datos de imágenes cerebrales, particularmente resonancias magnéticas estructurales, debido a su rentabilidad y la ausencia de radiación ionizante (Zhao et al., 2021). Los algoritmos de IA, particularmente aquellos basados en el aprendizaje automático, han mejorado significativamente la precisión, eficiencia y objetividad de los procesos de cribado y diagnóstico de la demencia, incluida en sus etapas iniciales (Mohammad et al., 2023). Concretamente, en un estudio se investiga la eficacia potencial de integrar señales de electroencefalografía (EEG) con datos genéticos para la clasificación de la EA utilizando algoritmos de IA (Yu et al., 2024). El estudio involucró a 60 pacientes con EA y 83 participantes sin EA, quienes se sometieron a exámenes neuropsicológicos, Mini-Mental State Examination, pruebas de laboratorio y monitoreo con el EEG. Se seleccionaron variantes genéticas asociadas a la susceptibilidad a la EA basadas en un estudio de genética que incluyó más de 300,000 pacientes. Los resultados mostraron diferencias significativas en las características del EEG entre los grupos de EA y no-EA. En el análisis del poder espectral del EEG, los pacientes con EA presentaron mayor poder absoluto y relativo en las bandas de delta y theta, y menor poder relativo en la banda alfa. En la banda beta, el grupo de la EA mostró menor poder absoluto y relativo en varios electrodos en comparación con el grupo no-EA. La entropía de muestra (EM) reveló también

diferencias significativas en la complejidad del EEG, con el grupo de EA exhibiendo menor EM en ciertos electrodos. La reducción en la complejidad del EEG en pacientes con EA podría atribuirse a la presencia de placas y la muerte celular, lo que resulta en una desconexión entre las neuronas corticales. Los modelos de clasificación que integran características de EEG y genéticas demostraron un rendimiento mejorado. Estos hallazgos destacan la viabilidad y efectividad de utilizar datos multimodales, combinando EEG y genética, para mejorar la precisión de la clasificación de EA, y poder así implementar tratamientos personalizados desde fases más temprana de la enfermedad (Yu et al., 2024).

En este mismo sentido, se ha desarrollado algoritmos de IA multimodales para detectar el deterioro cognitivo en la Enfermedad de Parkinson (EP) (Almgren et al., 2023). En la EP, una consecuencia menos notoria que los síntomas motores, son los síntomas cognitivos, los cuales suelen aparecer con el pasar de los años. Esta investigación incluyó a 213 pacientes con la EP recogidos de la base de datos de la Iniciativa de Marcadores de Progresión de Parkinson. Se utilizaron diferentes conjuntos de características clínicas para predecir el cambio en los puntajes de la Evaluación Cognitiva de Montreal (MoCA) entre el inicio del estudio y los cuatro años de seguimiento. Los conjuntos de características incluyeron datos demográficos, cognición basal, puntajes de pruebas clínicas, biomarcadores del líquido cefalorraquídeo (LCR), volúmenes cerebrales y variantes genéticas. El modelo de IA multimodal desarrollado empleó una combinación de algoritmos de IA, con validación cruzada, para determinar el número óptimo de características predictivas. El mejor modelo incluyó una combinación de datos demográficos, cognición basal, puntajes de pruebas clínicas y biomarcadores de LCR. Las características predictivas más importantes identificadas fueron el MoCA (cognición basal), el tau fosforilado del LCR, el tau total del LCR, la beta-amiloide1-42 del LCR, los puntajes de la Escala de Depresión Geriátrica y los puntajes del Inventario de Ansiedad Estado-Rasgo. En particular, la presencia de beta-amiloide1-42 y tau fosforilado en el LCR, biomarcadores asociados típicamente con la patología de Alzheimer, también resultaron ser predictivos del estado cognitivo

en la EP, lo que sugiere una superposición patológica significativa entre ambas enfermedades. El análisis univariado reveló asociaciones significativas entre niveles elevados de beta-amiloide del LCR y menor deterioro cognitivo, mientras que mayores niveles de tau total del LCR, puntuaciones altas de ansiedad y disfunción autonómica se relacionaron con un mayor deterioro cognitivo. El estudio también abordó la importancia de utilizar puntajes cognitivos continuos en lugar de clasificaciones binarias como el deterioro cognitivo leve o demencia. Se argumenta que los puntajes continuos proporcionan una evaluación más precisa del riesgo individual y la capacidad cognitiva, reduciendo la posibilidad de clasificaciones erróneas cerca de los umbrales de corte. Aunque los volúmenes cerebrales y los datos genéticos fueron considerados, no se encontraron entre los predictores más importantes en el modelo final, a diferencia de lo que ocurría en el estudio anterior de la demencia (Yu et al., 2024). El estudio concluye que un modelo de aprendizaje automático que combine biomarcadores del LCR y puntajes de pruebas clínicas, junto con datos demográficos y cognición basal, es eficaz para predecir el deterioro cognitivo en pacientes con la EP en estadios tempranos (Almgren et al., 2023). Incluso, en un estudio publicado en *Nature Ageing*, los investigadores analizaron el poder predictivo de los perfiles proteómicos plasmáticos para la futura aparición de demencia en adultos que de momento no presentaban signos de demencia (Guo et al., 2024). En este estudio de cohorte se incluyó a más de 500,000 individuos de entre 39 y 70 años reclutados entre 2006 y 2010. Los participantes, registrados con el Servicio Nacional de Salud del Reino Unido, fueron excluidos si tenían un diagnóstico de demencia al inicio o datos proteómicos incompletos, resultando en una muestra de 52,645 participantes sin demencia. El estudio encontró asociaciones significativas entre varias proteínas y resultados de demencia, destacando a GFAP, NEFL y GDF15 como predictores importantes. La precisión predictiva de estas proteínas, individualmente y en combinación con factores demográficos y cognitivos, fue elevada. Además, altos niveles basales de NEFL, GFAP y GDF15 se asociaron con un mayor riesgo de demencia, siendo GFAP específicamente relevante para la demencia (Guo et al., 2024). Estos resultados muestran como los modelos de IA multimodales son y serán una herramienta clínica que podría impactar

positivamente en pacientes con riesgos a padecer ciertas enfermedades neurológica. Ya que aumentar el poder predictivo para anticipar su aparición, pudiera motivar a iniciar estrategias o cambios en los estilos de vida que mengue o retrase su aparición e impacto motor y cognitivo.

5. PROTÉSICOS NEUROCOGNITIVOS

Los protésicos neurocognitivos hace referencia a tecnologías en forma de chips que se instalan en el cerebro de las personas para suplir algún déficit cognitivo y/o sensorial. Hoy en día es conocido los avances en este terreno de la empresa Neuralink de Elon Musk, aunque hay muchas iniciativas universitarias que están realizando grandes avances en este campo gracias a la IA. Por ejemplo, ya se está aplicando en interfaces cerebro-médula (ICM) en individuos con lesiones crónicas de la médula espinal para restaurar el control natural sobre los movimientos de las extremidades inferiores, lo que les permite estar de pie y caminar (Lorach et al., 2023). Este sistema integra dos componentes implantados en los sujetos: uno para grabar la actividad cortical y otro para estimular la médula espinal de manera inalámbrica y en tiempo real. El ICM traduce las señales corticales en comandos de estimulación eléctrica epidural, modulando la actividad muscular y restaurando la movilidad. La IA se empleó para desarrollar algoritmos de decodificación que interpretan las señales electrocorticográficas (ECoG) registradas desde la corteza sensoriomotora. Estos algoritmos son capaces de extraer características espaciales, espectrales y temporales de las señales ECoG que están relacionadas con la intención de movimiento de las extremidades inferiores. El estudio incluyó a un participante con tetraplejia crónica, quien había alcanzado un límite en su recuperación neurológica mediante rehabilitación convencional. Con la implementación del ICM, el participante pudo controlar movimientos complejos de las extremidades inferiores, como subir escaleras y caminar sobre terrenos irregulares. Además, la neurorehabilitación apoyada por el ICM mejoró la recuperación neurológica, permitiendo caminar con muletas sin la ayuda del sistema (Lorach et al., 2023).

La decodificación de las señales cerebrales basadas en IA está adquiriendo una gran importancia en la actualidad, ya que se está empezando a descifrar el código neural para poder decodificar los pensamientos verbales de las personas. Referente a su uso en el área neuropsicológica, destaca una investigación publicada en *The New England Journal of Medicine*, que detalla el desarrollo y aplicación de una neuroprótesis para decodificar el habla en una persona paralizada con disartria, un trastorno del lenguaje que impide una correcta comunicación (Moses et al., 2021). La investigación se llevó a cabo en la Universidad de California, San Francisco, e incluyó la implantación de una matriz de electrodos subdurales de alta densidad sobre el área del córtex sensorimotor que controla el habla en un hombre de 36 años con quadriparesia espástica y disartria. Durante 48 sesiones, se registraron 22 horas de actividad cortical mientras el participante intentaba decir palabras de un conjunto de 50 vocablos. Se utilizaron algoritmos de IA para crear modelos computacionales capaces de detectar y clasificar palabras basándose en patrones de actividad cortical. Estos modelos se complementaron con un modelo de lenguaje natural que proporcionaba probabilidades de la siguiente palabra en una secuencia, permitiendo así la decodificación de oraciones completas en tiempo real. Los resultados mostraron que las oraciones se podían decodificar de la actividad cortical del participante en tiempo real a una mediana de 15.2 palabras por minuto, con una tasa de error de palabras del 25.6%. En análisis posteriores, se detectaron el 98% de los intentos del participante de producir palabras individuales, y se clasificaron con una precisión del 47.1% utilizando señales corticales que se mantuvieron estables durante el periodo de estudio de 81 semanas. Este estudio demostró la viabilidad de decodificar palabras y oraciones directamente de la actividad cortical en tiempo real utilizando modelos de aprendizaje profundo y un modelo de lenguaje natural. Un ejemplo clave mencionado en el artículo para ilustrar el avance tecnológico es la decodificación en tiempo real de la frase “*hello how are you*” (“*hola, ¿cómo estás?*”) utilizando el modelo de lenguaje natural. Sin el modelo de lenguaje, la frase se decodificó incorrectamente como “*hungry how am you*” (“*hambriento cómo estoy*”). Con el modelo de lenguaje, se decodificó correctamente, demostrando la eficacia del modelo de lenguaje natural para mejorar la

precisión y plausibilidad de las oraciones decodificadas a partir de la actividad neural del participante (Moses et al., 2021). En esta línea, también está esta otra investigación que ha permitido, que una persona bilingüe, incapaz de articular palabras, se comunicara en sus dos idiomas (Silva et al., 2024). Un sistema de IA acoplado a un dispositivo de electrocorticografía decodifica en tiempo real lo que la persona intenta decir en español o inglés. El estudio, aunque limitado a un solo participante, representa una contribución significativa al campo emergente de las neuroprótesis para la restauración del habla. El protagonista del estudio, apodado Pancho, sufrió un accidente cerebrovascular a los 20 años que paralizó gran parte de su cuerpo, impidiéndole hablar con claridad. En sus treintas, Pancho se asoció con Edward Chang, neurocirujano de la Universidad de California, San Francisco, que implantó quirúrgicamente electrodos en la corteza de Pancho para registrar la actividad neuronal, que luego se tradujo en palabras en una pantalla. La primera frase registrada fue: “*Mi familia está afuera*”. Con el objetivo de restaurar la conexión personal de Pancho con sus idiomas, el equipo desarrolló un sistema de IA para descifrar su habla bilingüe. Liderado por Alexander Silva, estudiante de doctorado de Chang, el sistema se entrenó mientras Pancho intentaba decir casi 200 palabras, cada una creando un patrón neuronal distinto. El sistema de IA cuenta con módulos en español e inglés que discriminan palabras basadas en los patrones neuronales. Los módulos construyen frases evaluando la probabilidad de cada palabra en secuencia. La pantalla muestra la versión con la mayor probabilidad de ser correcta. Los módulos distinguieron entre inglés y español con una precisión del 88% y decodificaron la frase correcta con un 75% de precisión. Pancho logró mantener conversaciones no guionizadas con el equipo de investigación. El estudio reveló que las actividades cerebrales para ambos idiomas provienen de la misma área, mostrando discrepancias con estudios anteriores que sugerían áreas cerebrales distintas para diferentes idiomas. Los resultados sugieren que los idiomas comparten características neurológicas comunes, incluso en personas que aprendieron un segundo idioma en la edad adulta (Silva et al., 2024). Este tipo de investigación, donde se decodifica el lenguaje de las personas directamente en la corteza cerebral,

podría dar solución para diferentes trastornos neuropsicológicos, como pudiera ser la afasia de Broca.

En resumen, la aplicación de la IA en la práctica clínica neuropsicológica parece que pudiera liderar este campo en las próximas décadas al diagnosticar con más precisión, más tempranamente, y personalizando evaluación y tratamientos de los pacientes. De momento, está en fase muy experimental, pero se prevé que vaya aumentando su presencia en la práctica clínica a la medida que se vaya desarrollando y consolidando los modelos de IA.

6. REFERENCIAS

- Almgren, H., Camacho, M., Hanganu, A., Kibreab, M., Camicioli, R., Ismail, Z., Forkert, N. D., & Monchi, O. (2023). Machine learning-based prediction of longitudinal cognitive decline in early Parkinson's disease using multimodal features. *Scientific Reports* 2023 13:1, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37644-6>
- Blanco, K., Salcidua, S., Orellana, P., Sauma-Pérez, T., León, T., Steinmetz, L. C. L., Ibañez, A., Duran-Aniotz, C., & de la Cruz, R. (2023). Systematic review: fluid biomarkers and machine learning methods to improve the diagnosis from mild cognitive impairment to Alzheimer's disease. *Alzheimer's Research and Therapy*, 15(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/S13195-023-01304-8/FIGURES/4>
- Cardoso, C. D., Seabra, A., Gomes, C., & Fonseca, R. P. (2019). Program for the Neuropsychological Stimulation of Cognition in Students: Impact, Effectiveness, and Transfer Effects on Student Cognitive Performance. *Frontiers in Psychology*, 10(JULY). <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2019.01784>
- Faria, A. L., Almeida, Y., Branco, D., Câmara, J., Cameirão, M., Ferreira, L., Moreira, A., Paulino, T., Rodrigues, P., Spinola, M., Vilar, M., Bermúdez i Badia, S., Simões, M., & Fermé, E. (2023). NeuroAIreh@b: an artificial intelligence-based methodology for personalized and adaptive neurorehabilitation. *Frontiers in Neurology*, 14. <https://doi.org/10.3389/FNEUR.2023.1258323/FULL>

- Giovannetti, T., Schmidt, K. S., Gallo, J. L., Sestito, N., & Libon, D. J. (2006). Everyday action in dementia: evidence for differential deficits in Alzheimer's disease versus subcortical vascular dementia. *Journal of the International Neuropsychological Society : JINS*, *12*(1), 45–53.
<https://doi.org/10.1017/S1355617706060012>
- Guo, Y., You, J., Zhang, Y., Liu, W. S., Huang, Y. Y., Zhang, Y. R., Zhang, W., Dong, Q., Feng, J. F., Cheng, W., & Yu, J. T. (2024). Plasma proteomic profiles predict future dementia in healthy adults. *Nature Aging* *2024 4:2*, *4*(2), 247–260.
<https://doi.org/10.1038/s43587-023-00565-0>
- Hamera, E., & Brown, C. E. (2000). Developing a context-based performance measure for persons with schizophrenia: the test of grocery shopping skills. *The American Journal of Occupational Therapy : Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, *54*(1), 20–25.
<https://doi.org/10.5014/AJOT.54.1.20>
- Hamera, E., Rempfer, M., Brown, C., McKibbin, C., Patterson, T. L., Brekke, J. S., & Jeste, D. V. (2005). Performance in the “real world”: update on test of grocery shopping skills (TOGSS). *Schizophrenia Research*, *78*(1), 111–112.
<https://doi.org/10.1016/J.SCHRES.2005.04.019>
- Khalighi, S., Reddy, K., Midya, A., Pandav, K. B., Madabhushi, A., & Abedalthagafi, M. (2024). Artificial intelligence in neuro-oncology: advances and challenges in brain tumor diagnosis, prognosis, and precision treatment. *Npj Precision Oncology* *2024 8:1*, *8*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41698-024-00575-0>
- Lambeiz, B., & Vakil, E. (2021). The effectiveness of memory remediation strategies after traumatic brain injury: Systematic review and meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, *64*(5), 101530. <https://doi.org/10.1016/J.REHAB.2021.101530>
- Levy, D. F., Entrup, J. L., Schneck, S. M., Onuscheck, C. F., Rahman, M., Kasdan, A., Casilio, M., Willey, E., Davis, L. T., de Riesthal, M., Kirshner, H. S., & Wilson, S. M. (2023). Multivariate lesion symptom mapping for predicting trajectories of recovery from aphasia. *Brain Communications*, *6*(1).
<https://doi.org/10.1093/BRAINCOMMS/FCAE024>

- Lezak, M. (2004). *Neuropsychological assessment*.
<https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=FroDVkVKA2EC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Lezak,+M.D.,+Howieson,+D.B.,+Loring,+D.W.,+2004.+Neuropsychological+Assessment.+Oxford+University+Press,+New+York.&ots=q6WiYMUq2R&sig=Hwrl2gLJqF-kNyX7LgCWEUjen4>
- Lorach, H., Galvez, A., Spagnolo, V., Martel, F., Karakas, S., Interling, N., Vat, M., Faivre, O., Harte, C., Komi, S., Ravier, J., Collin, T., Coquoz, L., Sakr, I., Baaklini, E., Hernandez-Charpak, S. D., Dumont, G., Buschman, R., Buse, N., ... Courtine, G. (2023). Walking naturally after spinal cord injury using a brain–spine interface. *Nature* 2023 618:7963, 618(7963), 126–133.
<https://doi.org/10.1038/s41586-023-06094-5>
- Marquie, J. C., Duarte, L. R., Bessieres, P., Dalm, C., Gentil, C., & Ruidavets, J. B. (2010). Higher mental stimulation at work is associated with improved cognitive functioning in both young and older workers. *Ergonomics*, 53(11), 1287–1301.
<https://doi.org/10.1080/00140139.2010.519125>
- Mohammad, K., Uddin, M., Mir, ·, Alam, J., Jannat-E-Anawar, ·, Md, ·, Uddin, A., & Aryal, · Sunil. (2023). A Novel Approach Utilizing Machine Learning for the Early Diagnosis of Alzheimer’s Disease. *Biomedical Materials & Devices* 2023 1:2, 1(2), 882–898.
<https://doi.org/10.1007/S44174-023-00078-9>
- Moses, D. A., Metzger, S. L., Liu, J. R., Anumanchipalli, G. K., Makin, J. G., Sun, P. F., Chartier, J., Dougherty, M. E., Liu, P. M., Abrams, G. M., Tu-Chan, A., Ganguly, K., & Chang, E. F. (2021). Neuroprosthesis for Decoding Speech in a Paralyzed Person with Anarthria. *New England Journal of Medicine*, 385(3), 217–227.
https://doi.org/10.1056/NEJMOA2027540/SUPPL_FILE/NEJMOA2027540_DATA-SHARING.PDF
- Peng, B., Yao, X., Risacher, S. L., Saykin, A. J., Shen, L., & Ning, X. (2020). Cognitive biomarker prioritization in Alzheimer’s Disease using brain morphometric data. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/S12911-020-01339-Z/TABLES/3>
- Seo, Y., Jang, H., & Lee, H. (2022). Potential Applications of Artificial Intelligence in Clinical Trials for Alzheimer’s Disease. *Life*, 12(2).
<https://doi.org/10.3390/LIFE12020275>

- Severson, K. A., Chahine, L. M., Smolensky, L. A., Dhuliawala, M., Frasier, M., Ng, K., Ghosh, S., & Hu, J. (2021). Discovery of Parkinson's disease states and disease progression modelling: a longitudinal data study using machine learning. *The Lancet Digital Health*, 3(9), e555–e564. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(21\)00101-1](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(21)00101-1)
- Shah, M., Shandilya, A., Patel, K., Mehta, M., Sanghavi, J., & Pandya, A. (2023). Neuropsychological detection and prediction using machine learning algorithms: a comprehensive review. *Intelligent Medicine*. <https://doi.org/10.1016/J.IMED.2023.04.003>
- Silva, A. B., Liu, J. R., Metzger, S. L., Bhaya-Grossman, I., Dougherty, M. E., Seaton, M. P., Littlejohn, K. T., Tu-Chan, A., Ganguly, K., Moses, D. A., & Chang, E. F. (2024). A bilingual speech neuroprosthesis driven by cortical articulatory representations shared between languages. *Nature Biomedical Engineering*. <https://doi.org/10.1038/S41551-024-01207-5>
- Tagliabue, C. F., Guzzetti, S., Gualco, G., Boccolieri, G., Boccolieri, A., Smith, S., & Daini, R. (2018). A group study on the effects of a short multi-domain cognitive training in healthy elderly Italian people. *BMC Geriatrics*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/S12877-018-1014-X>
- Veneziani, I., Marra, A., Formica, C., Grimaldi, A., Marino, S., Quartarone, A., & Maresca, G. (2024). Applications of Artificial Intelligence in the Neuropsychological Assessment of Dementia: A Systematic Review. *Journal of Personalized Medicine*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/JPM14010113>
- Yu, W. Y., Sun, T. H., Hsu, K. C., Wang, C. C., Chien, S. Y., Tsai, C. H., & Yang, Y. W. (2024). Comparative analysis of machine learning algorithms for Alzheimer's disease classification using EEG signals and genetic information. *Computers in Biology and Medicine*, 176. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2024.108621>
- Zhang, W., Li, Y., Ren, W., & Liu, B. (2023). Artificial intelligence technology in Alzheimer's disease research. *Intractable & Rare Diseases Research*, 12(4), 208–212. <https://doi.org/10.5582/IRDR.2023.01091>
- Zhao, X., Ang, C. K. E., Acharya, U. R., & Cheong, K. H. (2021). Application of Artificial Intelligence techniques for the detection of Alzheimer's disease using structural MRI images. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 41(2), 456–473. <https://doi.org/10.1016/J.BBE.2021.02.006>

COMPARACIÓN DEL PROCESAMIENTO COGNITIVO ENTRE HUMANOS Y AI-CHATBOTS BASADOS EN GRANDES MODELOS DE LENGUAJE

UMBERTO LEÓN-DOMÍNGUEZ

Escuela de Psicología, Universidad de Monterrey (México)

1. INTRODUCCIÓN

En la encrucijada de la Inteligencia Artificial (IA) y el razonamiento humano, surge una pregunta fundamental: ¿pueden los chatbots de IA tales como chatGPT, basados en grandes modelos de lenguaje o *large language models* (LLM), poseer cogniciones, y por tanto, pensamiento como un humano? La tarea de desentrañar esta cuestión se asemeja, según Michael Frank, a explorar la mente de una “inteligencia alienígena” (Frank, 2023), un reto que nos obliga a repensar cómo aproximarnos a la evaluación y comprensión de estos nuevos sistemas. No es suficiente medir los LLMs en relación a la cognición humana; sino que debemos considerarlos como sistemas únicos, diseñados bajo un conjunto de presiones y capacidades distintas a las nuestras (McCoy et al., 2023). Por ejemplo, la capacidad de los LLMs para establecer conexiones entre casi todas las palabras y poder recordarlas con gran precisión, excede significativamente a cualquier habilidad mnésica que alguna vez haya podido poseer un humano. Esta gran capacidad de evocación de los AI-chatbots, permite que estos puedan resolver problemas de manera rápida y precisa (Biever, 2023). En un estudio reciente evaluó la estabilidad y precisión de GPT-3/text-davinci-002, GPT-3/text-davinci-003 y ChatGPT, al juzgar oraciones de acuerdo a fenómenos lingüísticos específicos (Dentella et al., 2023). Un ejemplo es la evaluación de estos tres LLMs es la frase “*The ancient manuscript that the grad student who the new card catalog had confused a great deal was*

studying in the library was missing a page” (“*el manuscrito antiguo, que el estudiante de posgrado, a quien el nuevo catálogo de tarjetas había confundido mucho, que estaba estudiando en la biblioteca, le faltaba una página*”), en donde se tenía que evaluar la capacidad de una LLM para construir y comprender oraciones en las que una cláusula está incrustada dentro de otra, creando estructuras complejas. Los modelos evaluados exhibieron dificultades en tareas que requerían una comprensión profunda del lenguaje y sus matices, sugiriendo que, mientras que pueden generar texto coherente en muchos casos, su comprensión de los principios subyacentes del lenguaje, y su capacidad para aplicar estos principios de manera consistente, es limitada. Esto plantea preguntas importantes sobre la eficacia de los LLMs en aplicaciones que requieren un alto grado de comprensión lingüística y sugiere que aún existe un camino significativo por recorrer en el desarrollo de modelos que puedan comprender y procesar el lenguaje humano con la profundidad y flexibilidad de los humanos (Dentella et al., 2023). Estas diferencias entre las habilidades de los LLMs y la cognición humana, al procesar información, nos lleva a preguntarnos sobre la naturaleza de la propia cognición humana. Es por ello, que en el presente trabajo, se pretende encontrar semejanzas y diferencias en el procesamiento de la información verbal entre seres humanos y AI-chatbots.

2. HABILIDADES COGNITIVAS DE LOS AI-CHATBOTS COMPARADOS CON HUMANOS

En el contexto actual, el debate sobre la posibilidad de que los chatbots basados en inteligencia artificial, como GPT-3, puedan desarrollar capacidades cognitivas semejantes a las humanas, ha cobrado un nuevo vigor. Las investigaciones sobre GPT-3, utilizan herramientas de la psicología cognitiva, y ofrecen perspectivas fascinantes sobre esta cuestión. La investigación de Marcel Binz y Eric Schulz estudia las capacidades cognitivas de GPT-3 (Binz & Schulz, 2023). Su objetivo es entender cómo es comparar GPT-3 con las habilidades cognitivas humanas al someterlo a una serie de experimentos psicológicos. Estos experimentos evalúan la toma de decisiones, la búsqueda de información, la deliberación, el razonamiento causal y la habilidad para aprender de

nueva información GPT-3. Los hallazgos revelan las importantes habilidades de GPT-3, incluyendo la resolución de tareas basadas en viñetas con respuestas similares a las humanas; y una toma de decisiones decente a partir de descripciones verbales, superando el rendimiento humano y mostrando señales de aprendizaje por reforzamiento. Esto muestra la impresionante capacidad de GPT-3 en procesar y generar textos similares al humano, entender instrucciones complejas, y adaptarse a ciertas tareas más allá de la mera generación de lenguaje. Sin embargo, el estudio también descubre debilidades significativas. GPT-3 falla en tareas que requieren exploración dirigida y razonamiento causal estable, áreas donde los procesos cognitivos humanos sobresalen. Por ejemplo, mientras puede imitar hasta cierto punto estrategias de aprendizaje basadas en modelos, lucha con aplicar conocimiento causal para hacer inferencias o predicciones, indicando una comprensión superficial de las relaciones entre la causa y el efecto. Esto sugiere que el modelo no pudo incorporar la información adicional sobre la estructura causal subyacente en su proceso de inferencia, haciendo probable que los resultados de la condición de causa común fueran puramente accidentales. Además, pequeños cambios en tareas basadas en viñetas pueden confundir a GPT-3, resaltando su sensibilidad a la estructura específica de las instrucciones o *prompts*, y su posible dependencia de los patrones encontrados durante el entrenamiento en lugar de una comprensión profunda de la tarea. Esta investigación subraya la importancia de entender los mecanismos detrás de las respuestas de los AI-chatbots tales como GPT-3. Utilizando herramientas de la psicología cognitiva, los autores iluminan los principios operativos del modelo, sugiriendo que mientras GPT-3 puede replicar ciertos aspectos del pensamiento humano, le falta una comprensión genuina o la habilidad para razonar genuinamente sobre el mundo de la manera en que lo hacen los humanos (Binz & Schulz, 2023).

Por otro lado, estudios sobre la cognición humana revelan una tendencia innata hacia decisiones inconsistentes y a veces erróneas. El artículo de Mark Du investiga cómo la IA y los humanos toman decisiones, especialmente en el contexto de la innovación y la creatividad (Du, 2023). Señala que la toma de decisiones humanas es susceptible al ruido,

entendido como ruido cualquier factor que no debería influir en una decisión, pero que, sin embargo, termina afectándola, como lo son sesgos personales, información extrínseca innecesaria, o incluso el estado de ánimo del que toma la decisión. A través de varios estudios y comparaciones entre humanos y máquinas, incluyendo versiones sucesivas de GPT (hasta GPT-4), el artículo demuestra que los sistemas de IA pueden superar estas limitaciones humanas. GPT-4, por ejemplo, muestra una capacidad mejorada para manejar tests de reflexión cognitiva y problemas de razonamiento causal de manera más precisa que los humanos y sin caer en trampas intuitivas. Además, el texto aborda cómo la IA puede reducir el ruido y la variabilidad en la evaluación de productos creativos, usando herramientas como el análisis semántico latente (cálculo de la similitud semántica) para juzgar la novedad y utilidad de un producto. Los resultados están en consonancia con otros artículos que sugieren que las evaluaciones de IA pueden correlacionarse más estrechamente con el éxito de proyectos en plataformas como Kickstarter, comparado con las evaluaciones humanas. En este sentido, se demostró que la correlación entre las puntuaciones de creatividad asignadas por GPT-4 y el monto de financiación que los proyectos de Kickstarter ascendía a 0.84 ($p < 0.05$), lo que indica una fuerte relación positiva. Es decir, a mejor evaluación de GPT-4, mayor probabilidad de recibir una alta financiación el proyecto de Kickstarter. Esto contrasta con una correlación mucho más baja entre las evaluaciones de creatividad hechas por humanos y el éxito de financiación, que fue solo de 0.14. El artículo concluye que la IA, a pesar de su inherente capacidad para generar ruido, todavía es capaz de ofrecer juicios menos ruidosos y más consistentes que los humanos, especialmente en contextos donde la precisión es crítica (Du, 2023). En otro experimento se evaluó el razonamiento analógico, el cual es un proceso central para la inteligencia humana, ya que permite a los individuos abordar nuevos problemas buscando las similitudes entre dos situaciones conocidas (Webb et al., 2023). Los debates recientes se han centrado en si los modelos de aprendizaje profundo, específicamente los LLMs, pueden exhibir razonamiento analógico sin entrenamiento directo en tareas específicas. Los autores realizaron una serie de experimentos comparando participantes humanos con GPT-3 en diversas tareas de razonamiento analógico,

incluyendo razonamiento matricial basado en texto, analogías de cadenas de letras, analogías verbales e historias análogas. GPT-3 mostró fuertes habilidades de razonamiento analógico, igualando o superando el rendimiento humano en la mayoría de los escenarios probados. El estudio reveló que GPT-3 podía presentar aprendizaje de “cero disparos” (*zero-shot learning*), resolviendo adecuadamente tareas para las cuales no había sido entrenado directamente. Estos resultados cuestionan la noción de que los sistemas basados en IA solo pueden funcionar bien dentro de dominios de tarea estrechamente definidos. El rendimiento de GPT-3 indica un paso significativo hacia el desarrollo de modelos capaces de razonamiento y resolución de problemas similares a los humanos (Webb et al., 2023), aunque como ya se ha dicho, todavía presentan algunas limitaciones.

Un área particularmente prometedora para los chatbots de IA es la creatividad y el pensamiento divergente. Ciertos investigadores se propusieron comparar la creatividad humana contra la inteligencia artificial (IA) en la Tarea de Usos Alternativos (TUA), un tarea que es el *goldstandard* para evaluar el pensamiento divergente. Esta tarea solicita a los participantes proponer diferentes usos para objetos comunes. El estudio participaron 256 participantes humanos y tres chatbots de IA, y encontró que, en promedio, la IA podía producir respuestas más creativas que sus contrapartes humanas. Sin embargo, las ideas más innovadoras de los humanos igualaron o incluso superaron a las generadas por la IA, subrayando la naturaleza única y compleja de la creatividad humana (Koivisto & Grassini, 2023). En este sentido, diferentes técnicas se están desarrollando para mejorar la potencia cognitiva de los AI-chatbots y asemejarla más a la humana. Una innovación destacada en este campo es el enfoque conocido como "*chain-of-thought prompting*" (CoT; estímulo de cadena de pensamientos), que permite a los modelos de IA descomponer problemas complejos en etapas intermedias para facilitar el razonamiento y ofrecer una ventana interpretable a su proceso de pensamiento. Esta técnica no solo mejora la capacidad de los modelos para abordar tareas en múltiples pasos, sino que también proporciona una herramienta valiosa para depurar y entender cómo llegan a sus conclusiones. En este sentido, se ha demostrado la superioridad del

procesamiento CoT sobre los métodos estándar, particularmente en dominios tales como la aritmética, el sentido común y el razonamiento simbólico. Los beneficios del procesamiento CoT se hacen más pronunciados a medida que aumenta el tamaño del modelo de lenguaje, indicando que este método aprovecha la capacidad inherente de los modelos de mayor número de parámetros de manera más efectiva. Además, el procesamiento CoT se muestra muy sólido en diversos entornos experimentales y demuestra alguna capacidad para la generalización, resaltando su posible utilidad en aplicaciones del mundo real. La generalización se refiere a la habilidad del modelo para manejar y responder correctamente a ejemplos o preguntas que no ha visto durante su entrenamiento, es decir, que son “nuevas” o diferentes de los datos con los que fue entrenado. Que el procesamiento CoT demuestre alguna capacidad de generalización significa que los modelos no solo aprenden a resolver los problemas que ya conocen, sino que también muestran indicios de poder aplicar lo aprendido a situaciones nuevas o ligeramente diferentes. Esto es crucial para la aplicación de modelos de lenguaje en el mundo real, donde las preguntas o tareas que se les pueden presentar no siempre coincidirán con los ejemplos específicos con los que ha sido entrenados. La aparición del procesamiento CoT marca un avance significativo en el campo del procesamiento de lenguaje natural y el aprendizaje automático, particularmente en el ámbito de mejorar las capacidades de razonamiento los LLMs (Wei et al., 2022). Otra técnica para mejorar el resultado de los AI-chatbots es ponerlos a discutir entre ellos antes de que den una respuesta definitiva. Esta técnica escala el rendimiento de los LLMs con el número de agentes AI que se involucran al resolver una tarea, ofreciendo una mejora significativa, especialmente para tareas complejas (procesamiento Multi-Agente). El enfoque es único en su simplicidad y ortogonalidad a los métodos existentes, que al combinarlo con otros métodos puede producir aún mejores resultados (Li et al., 2024) . Los autores llevaron a cabo experimentos con la tarea “Grade School Math 8K” (GSM8K) de razonamiento aritmético, demostrando que aplicar el procesamiento Multi-Agente mejora consistentemente el rendimiento y, en algunos casos, permite que modelos más pequeños superen a modelos más grandes. Por ejemplo, se observó que al aumentar hasta 15 agentes el procesamiento Multi-Agente, el

modelo Llama2-13B alcanza una precisión comparable con Llama2-70B. De manera similar, al escalar el número entre 15 y 20 agentes, los modelos Llama2-70B y GPT-3.5-Turbo logran una precisión comparable con sus contrapartes más poderosas. Los autores del trabajo analizaron el impacto de la dificultad de la tarea en la efectividad del procesamiento Multi-Agente, encontrando una correlación entre la dificultad inherente de la tarea, el número de pasos de razonamiento y la probabilidad previa de respuestas correctas. Basándose en estos hallazgos, proponen estrategias de optimización para aprovechar aún más el enfoque "Multi-Agente" o "*More Agents*" (Li et al., 2024). Las contribuciones del estudio son significativas ya que ofrecen una nueva perspectiva sobre cómo mejorar significativamente el rendimiento de los LLMs sin recurrir a métodos complejos o cambios en la arquitectura de los modelos.

A través de los resultados de las habilidades de los AI-chatbots al resolver tareas que requiere un procesamiento de la información que parece ser similar al procesamiento cognitivo humano, se observa la impresionante habilidad de estos sistemas basados en IA para generar respuestas y soluciones que, en ciertos contextos, se asemejan o incluso superan a las humanas. No obstante, las investigaciones también han mostrado claras deficiencias de los LLMs en aspectos fundamentales que la cognición humana es capaz de resolver, como la habilidad para realizar exploraciones dirigidas y la generación de inferencias basadas en la relación profunda entre la causa y el efecto de un evento. Este análisis nos conduce a un punto de inflexión en nuestra comprensión de la IA: mientras que los LLMs exhiben habilidades sorprendentes, que en ocasiones, exceden a las habilidades humanas; su rendimiento se ve limitado por un procesamiento superficial de las relaciones causales entre las variables, y por dificultades en la adaptación a nuevos contextos, o incluso, en el procesamiento de eventos que requieren de una profundización más allá de un análisis de probabilidades.

3. LIMITACIONES COGNITIVAS DE LOS AI-CHATBOTS

En la intersección de la inteligencia artificial y la cognición humana, el análisis de las limitaciones de los LLMs frente a las capacidades

cognitivas humanas revela cómo todavía no podemos hablar de una equiparación completa entre habilidades cognitivas humanas y artificiales. Aunque los avances tecnológicos han permitido a los LLMs realizar tareas complejas con una eficiencia sorprendente, una mirada más profunda sugiere que aún están lejos de replicar la profundidad del aprendizaje humano, particularmente en lo que respecta al razonamiento causal y la generación de hipótesis. Esta apartado muestra los hallazgos de investigaciones recientes que exploran estas limitaciones, contrastándolas con las capacidades intrínsecas de aprendizaje y adaptación humanas. Primeramente, las limitaciones cognitivas de las máquinas es un tema ya tratado con anterioridad, principalmente por Joseph Carl Robnett Licklider allá por los años 60. La visión utópica de la simbiosis hombre-computadora propuesta por Licklider, que imaginaba computadoras complementando las capacidades humanas en una asociación simbiótica, se enfrenta a limitaciones fundamentales inherentes a la naturaleza de las computadoras. Estas máquinas, por diseño, carecen de la percepción sensorial y la capacidad de interactuar físicamente con su entorno, limitándose a "pensar" mediante el procesamiento de descripciones simbólicas. Este paradigma, donde las IAs son un potenciador cognitivo, necesita que las limitaciones actuales sean superadas, de forma que se alcance por fin la ansiada inteligencia artificial general (Licklider, 1960).

Un interesante estudio analiza sistemáticamente las capacidades de razonamiento de los LLMs mediante la introducción de PRONTOQA, un conjunto de datos sintéticos de preguntas y respuestas diseñado para evaluar el razonamiento lógico (Saparov & He, 2023). A diferencia de las evaluaciones previas que se centraban en la precisión de las respuestas finales, este enfoque permite examinar los pasos intermedios de razonamiento mediante la aplicación de procesamiento de tipo CoT. Los hallazgos sugieren que, aunque los LLMs son capaces de generar pasos individuales de deducción correctos, incluso en contextos ficticios, enfrentan limitaciones significativas en tareas de planificación. Específicamente, cuando hay múltiples pasos de deducción válidos disponibles, los modelos no logran explorar sistemáticamente estas opciones, lo que

a menudo resulta en pruebas incompletas y respuestas incorrectas. Por ejemplo:

- Pregunta: Cada gato es un carnívoro. Todo carnívoro no es herbívoro. Los carnívoros son mamíferos. Todos los mamíferos son de sangre caliente. Los mamíferos son vertebrados. Cada vertebrado es un animal. Los animales son multicelulares. Fae es un gato. Verdadero o falso: Fae no es herbívoro.
- Respuesta LLM: Fae es un gato. Los gatos son carnívoros. Fae es un carnívoro. Todo carnívoro no es herbívoro. Fae no es herbívoro. Verdadero."

Este ejemplo ilustra cómo los modelos, al enfrentarse a múltiples pasos de deducción válidos, pueden fallar en explorar todas las opciones sistemáticamente, lo que en otros contextos podría llevar a pruebas incompletas o respuestas incorrectas. En este caso, el modelo sigue correctamente la cadena de razonamiento paso a paso desde la premisa inicial de que "Fae es un gato" hasta la conclusión de que "Fae no es herbívoro", demostrando una correcta aplicación de los pasos de deducción en una situación simplificada. Sin embargo, el artículo señala que, en situaciones con datos con los que no ha sido entrenado, los modelos a menudo no pueden manejar la complejidad, lo que lleva a errores en el razonamiento.

- Pregunta: “Cada vumpus es un numpus. Cada vumpus es vago. Dumpuses son vumpuses. Cada dumpus no está caliente. Cada impus es un dumpus. Impuses son marrones. Wumpuses son impuses. Wumpuses son opaco. Tumpuses son wumpuses. Tumpuses son pequeños. Cada yumpus está caliente. Zumpuses son tumpuses. Zumpuses son enérgicos. Rompuses son zumpuses. cada rompus no es amable. Each jompus es un rompus. Jompuses son ácidos. Alex es un zumpus. Verdadero o falso: Alex está caliente”
- Respuesta: Alex es zumpus. Zumpuses son tumpuses. Alex es un tumpus. Tumpuses son wumpuses. Alex es un wumpus. Wumpuses son impuses. Alex es un impus. Cada impus es un

dumpus. Alex es un dumpus. Dumpuses are vumpuses. Alex es un vumpus. cada vumpus es un numpus. Alex es un numpus. Numpuses son jompuses. Alex es un jompus. Jompuses son rompuses. Alex es un rompupus. Rompuses son zumpuses. Alex es un zumpus. Zumpuses son enérgicos. Alex es enérgico. Verdadero.

En este ejemplo, el modelo comete un error significativo. Aunque sigue una secuencia lógica de deducciones, en un punto se desvía hacia pasos que no son relevantes para la pregunta original. El modelo realiza deducciones adicionales incorrectas (como "Numpuses son jompuses" y "Jompuses son rompuses") que no están en la cadena de pensamiento correcta y termina llegando a una conclusión incorrecta ("Verdadero" en lugar de "Falso"). Este tipo de error resalta las dificultades del modelo para mantenerse en el camino correcto cuando se enfrenta a múltiples pasos de deducción, especialmente cuando hay posibles distracciones y datos de baja calidad. Además, los modelos muestran un desempeño mejor con ontologías reales en comparación con contextos ficticios o falsos, sugiriendo que el conocimiento previo adquirido durante el entrenamiento juega un papel crucial en su capacidad de razonamiento. Este artículo también compara el rendimiento de diferentes versiones de GPT y modelos INSTRUCTGPT, encontrando que el tamaño del modelo influye significativamente en su capacidad para generar pasos de deducción válidos. Los modelos más grandes son más efectivos en evitar pasos de deducción inválidos, aunque aún así pueden caer en errores de planificación (Saparov & He, 2023).

En otra investigación se descubrió que LLMs tales como ChatGPT presentan importantes problemas en la generalización y abstracción. Los investigadores de este estudio introducen el concepto de la "Maldición de Inversión" ("*Reversal Curse*") para describir un error en las capacidades de generalización de los LLMs (Berglund et al., 2023). A pesar de ser entrenados con frases que vinculan dos entidades o hechos en una dirección ("A es B"), estos modelos luchan por inferir la lógica inversa ("B es A"). Este problema persiste, independientemente de los diferentes tamaños y familias de modelos, y no puede ser mitigado mediante técnicas de aumento de datos. El artículo proporciona evidencia

empírica mediante el entrenamiento de GPT-3 y Llama-1 con conjuntos de datos sintéticos y del mundo real, demostrando la baja o nula capacidad de estos modelos para revertir las asociaciones aprendidas. Por ejemplo, GPT-4 fue capaz de responder correctamente la pregunta "¿Quién es la madre de Tom Cruise?" identificando a "Mary Lee Pfeiffer" como la madre de Tom Cruise con una precisión del 79% en preguntas de este tipo. Sin embargo, cuando se le preguntó "¿Quién es el hijo de Mary Lee Pfeiffer?", la precisión del modelo cayó drásticamente al 33%, lo que ilustra la dificultad del modelo para generalizar la relación en la dirección inversa. Los experimentos incluyeron además, pruebas sobre la inversión de descripciones de celebridades ficticias, señalando que es un fallo consistente en una inversión lógica. Esta limitación no solo cuestiona la comprensión fundamental de LLMs sobre las conexiones lógicas en los datos, sino que también impacta negativamente su posible integración en áreas que demandan una comprensión precisa de relaciones y hechos. Los autores también sugieren que el fenómeno podría indicar una deficiencia en el meta-aprendizaje de los LLMs, subrayando la necesidad de estrategias de entrenamiento que mejoren su capacidad para aprender y aplicar conceptos lógicos fundamentales (Berglund et al., 2023).

Otro estudio explora detalladamente la capacidad de los sistemas basados en AI la capacidad de razonar abstractamente, independientemente de los datos con los que fueron entrenados (Mitchell et al., 2023). Específicamente, investiga si los LLMs tales como GPT-4 y su versión multimodal GPT-4V, han desarrollado habilidades emergentes de razonamiento abstracto comparables a la inteligencia humana. Utiliza una técnica denominada ConceptARC, que consiste en rompecabezas de analogías que prueban las capacidades de razonamiento abstracto. ConceptARC es un conjunto de pruebas diseñado específicamente para evaluar la comprensión y la capacidad de generalización de los sistemas de IA en las habilidades cognitivas de abstracción y razonamiento. Este conjunto de pruebas fue creada por Moskvichev y colegas como una extensión y refinamiento del "*Abstraction and Reasoning Corpus*" (ARC) propuesto inicialmente por Chollet en 2019. Mientras que el ARC se enfoca en evaluar la capacidad de razonamiento abstracto

mediante puzzles de analogía que requieren inducir reglas abstractas a partir de unos pocos ejemplos para aplicarlas en situaciones nuevas e inéditas, ConceptARC va un paso más allá al organizar sus tareas en torno a variaciones sistemáticas de conceptos espaciales y semánticos particulares. ConceptARC se compone de 480 tareas divididas en grupos que representan diferentes conceptos espaciales y semánticos, como "Arriba y Abajo", "Dentro y Fuera", "Centro", e "Igual y Diferente". Cada grupo de conceptos contiene 30 tareas diseñadas para explorar el concepto de diferentes maneras y con distintos grados de abstracción. El objetivo detrás de esta organización es proporcionar una manera sistemática de evaluar si un sistema de IA puede entender y generalizar sobre las variaciones dentro de un grupo de conceptos, lo cual se considera indicativo de una comprensión sólida y la capacidad de razonar abstractamente sobre el concepto subyacente. A diferencia de ARC, donde el conocimiento previo requerido para resolver las tareas incluye conceptos que se supone son innatos en los humanos, como la objetividad, la numerosidad, y principios básicos de geometría y topología, ConceptARC intenta minimizar la dependencia del lenguaje o símbolos aprendidos para evitar la posibilidad de que los modelos de IA simplemente recurran a la recuperación aproximada y al emparejamiento de patrones basados en sus datos de entrenamiento previos. Por lo tanto, ConceptARC se centra más directamente en capturar la esencia del razonamiento abstracto: la inducción de reglas o patrones generales a partir de un pequeño número de ejemplos y la aplicación flexible de estas reglas a situaciones nuevas e inéditas. Los investigadores presentaron las diferentes pruebas de ConceptARC a GPT-4 utilizando indicaciones muy detalladas de las imágenes de los puzzles; mientras que evaluaron GPT-4V con imágenes de estas tareas. Los resultados muestran que ninguna versión de GPT-4 demuestra habilidades consistentes de abstracción al nivel cognitivo humano. Incluso, con indicaciones más informativas, la capacidad de GPT-4 sigue siendo significativamente inferior a la de los humanos. Curiosamente, GPT-4V tuvo un rendimiento peor que la versión solo de texto, destacando una brecha considerable en el razonamiento abstracto básico entre los sistemas de IA actuales y los humanos (Mitchell et al., 2023).

4. ¿APRENDEN EL LENGUAJE LOS LLMS IGUAL QUE LOS NIÑOS HUMANOS?

Aunque las LLMs pueden mostrar signos de razonamiento, sus habilidades cognitivas no son tan extraordinarias como la de los niños. Los sistemas de IA como ChatGPT y DALL-E de OpenAI, deben considerarse como tecnologías culturales avanzadas que facilitan la transmisión cultural a través de la simulación efectiva. Sin embargo, estos sistemas no poseen la capacidad de innovación o de descubrimiento de nuevas estructuras causales al nivel de los niños humanos. A diferencia de la percepción humana y los sistemas de acción que generan nueva información sobre el mundo y forman representaciones causales a través de procesos epistémicos orientados a la verdad, los LLMs y modelos de visión-y-lenguaje se especializan en transmitir información existente sin una comprensión causal subyacente. En un experimento de un grupo de investigadores de la Universidad de California del 2023, se investiga la capacidad de innovación y la imitación en niños de 3 a 7 años, adultos y varios modelos de IA (incluidos GPT-4, GPT-3.5-turbo, y Claude de Anthropic) frente a tareas que requieren el uso de herramientas de manera no convencional (Yiu et al., 2023). Se presentan problemas donde falta la herramienta típica para realizar una tarea (como dibujar un círculo sin un compás), por lo que se ofrece en su lugar tres alternativas: (1) un objeto similar en apariencia, pero funcionalmente irrelevante, (2) uno diferente en apariencia, pero útil para la tarea, y (3) uno completamente irrelevante. Los participantes enfrentan dos tipos de actividades: en tareas de imitación, deben elegir el objeto que mejor se asocia con la herramienta estándar basándose en similitudes superficiales, mientras que en tareas de innovación, deben seleccionar el objeto que, aunque no esté directamente relacionado, puede cumplir efectivamente la función deseada. Tanto a los niños como a los adultos se les presentaron escenarios mediante imágenes o descripciones textuales, y a los modelos de IA se les proporcionó el mismo input textual. La evaluación se centra en medir la habilidad de los participantes para identificar asociaciones superficiales (imitación) y su capacidad para reconocer y optar por soluciones funcionales innovadoras a los problemas presentados. Los modelos de AI demostraron habilidades

impresionantes para identificar asociaciones superficiales, como el uso convencional de herramientas, basándose en patrones aprendidos de sus entrenamientos. Sin embargo, cuando se enfrentan a tareas que requieren innovación y comprensión causal profunda, como utilizar objetos cotidianos de maneras no convencionales para resolver problemas nuevos, su rendimiento es significativamente inferior al de los niños humanos. Por ejemplo, en experimentos donde se necesitaba dibujar un círculo sin un compás y solo se disponía de objetos alternativos, los niños mostraron una capacidad sorprendente para elegir objetos con propiedades funcionales no evidentes, como una tetera por su base redonda, mientras que los modelos de IA se limitaban a seleccionar objetos basados en su asociación superficial con la tarea, como una regla. Esta diferencia se hizo aún más evidente en experimentos con el “detector de blicket” (dispositivo comunmente usado en ciencias cognitivas para estudiar inferencia causal y razonamiento en niños), donde los niños, mediante la experimentación activa, podían deducir qué objetos activaban el dispositivo, descubriendo así nuevas relaciones causales. En contraste, los modelos de IA no pudieron inferir la estructura causal subyacente a partir de descripciones textuales de las interacciones con el dispositivo, sobresaliendo su limitación para el descubrimiento de nuevas estructuras causales y la generación de hipótesis innovadoras. Estos resultados coinciden con los vistos anteriormente, solo que ahora se demuestra que los niños y adultos si tienen estas capacidades cognitivas. Además, se subraya la “brecha cognitiva” entre la capacidad de los modelos de IA para imitar y transmitir conocimientos existentes y su capacidad para innovar y entender profundamente el mundo que los rodea (Yiu et al., 2023). Otro experimento donde se usó el “detector de blicket” para comparar sistemas de IA entre si, demostró que los modelos actuales de IA carecen de la capacidad para aprender y utilizar eficazmente ideas abstractas y transferibles sobre conjuntos de relaciones causales (sobrehipótesis causales) para la exploración y resolución de problemas. Los algoritmos de aprendizaje profundo por refuerzo y los modelos de aprendizaje por imitación muestran una capacidad limitada para generalizar nuevas soluciones a nuevos escenarios si no fueron previamente entrenados con ellos, mientras que los LLMs (como GPT-3 y PaLM) no logran identificar consistentemente estructuras causales

correctas o expresar incertidumbre en ausencia de hipótesis explícitas. Por ejemplo, los modelos de lenguaje grande, como GPT-3, cuando se les presentaron descripciones textuales similares a las dadas a los niños, frecuentemente no lograron identificar los "blickets" correctamente y mostraron tendencia a etiquetar demasiados objetos como causales. Además, en la configuración donde no se les proporcionaron hipótesis específicas, estos modelos no pudieron expresar incertidumbre sobre la estructura causal, algo que los niños sí lograron hacer intuitivamente. Por tanto, el desarrollo de sistemas de IA que puedan comprender y aplicar sobrehipótesis causales representa un paso crucial hacia la consecución de una inteligencia artificial general (Kosoy et al., 2022). La incapacidad de los LLMs para replicar el aprendizaje causal humano se manifiesta en su lucha por descubrir nuevas funciones o relaciones causales a pesar de tener acceso a vastas cantidades de datos. Esta limitación subraya una diferencia fundamental en el enfoque de aprendizaje entre humanos y máquinas: mientras que los LLMs dependen de patrones estadísticos y datos de entrenamiento, los humanos utilizan un enfoque más intuitivo y experimental que les permite inferir relaciones causales a través de la observación y la interacción.

El llamado "problema platónico", relacionado con la adquisición del lenguaje, ilustra otro ámbito donde los seres humanos podrían demostrar capacidades cognitivas superiores que los sistemas de IA. Este problema explora cómo, con información lingüística limitada e imperfecta, los niños llegan a conocer la gramática de su lengua materna, algo que Chomsky argumenta solo se puede explicar a través de capacidades innatas para el lenguaje. Esta capacidad innata permite a los niños, expuestos a millones de palabras al año, mostrar sensibilidad a aspectos críticos de la gramática antes de cumplir los 12 meses de edad. Vong y colegas se embarcaron en un estudio para investigar la forma en que los niños adquirirían lenguaje. Estos científicos se centraron en la perspectiva de un único niño (Sam) a través de grabaciones de cámara montada en su cabeza un tiempo prolongado de varios meses (Vong et al., 2024). Este enfoque tenía como objetivo capturar el entorno visual y lingüístico natural del niño desde los 6 hasta los 25 meses, acumulando 61 horas de video. Durante un año y medio, la cámara de Sam registró

diversas actividades diarias, proporcionando un rico conjunto de datos que incluyó 600,000 fotogramas de video emparejados con 37,500 palabras transcritas, reflejando una amplia gama de actividades e interacciones que son parte de la vida diaria de un niño. El aspecto revolucionario del estudio radica en su aplicación de un modelo de red neuronal relativamente genérico a este conjunto de datos único y relevante para el desarrollo. Los investigadores entrenaron el modelo (*Child's View for Contrastive Learning Model*) para aprender representaciones basadas en características y asociaciones cruzadas modales (visión + verbal), incrustando palabras e imágenes en espacios representacionales compartidos. Los espacio representaciones compartidos son objetos matemáticos creados a partir de la traducción de las imágenes y lenguaje obtenidos por los algoritmos codificadores al mismo espacio matemático para que la IA pueda interpretarlos. Este método permitió que la IA adquiriera muchas asociaciones de palabras-imagen presentes en la experiencia cotidiana del niño. La IA logró aprender sustantivos básicos y sus imágenes asociadas con una precisión similar a los modelos de IA entrenados en conjuntos de datos mucho más grandes de la web. Esto sugiere que incluso una entrada natural limitada (ausencia de tacto) puede contribuir significativamente al aprendizaje del lenguaje, desafiando la noción de que es necesario tener un conocimiento preprogramado extenso o mecanismos específicos del lenguaje para comprender los significados de las palabras. Estos resultados no solo avanza nuestro entendimiento del desarrollo cognitivo en los niños sino que también tiene implicaciones para la investigación en IA. Demuestra que la IA puede imitar algunos aspectos del aprendizaje del lenguaje humano procesando datos sensoriales del mundo real, potencialmente reduciendo la brecha entre la máquina y el aprendizaje humano (Vong et al., 2024). Por tanto, la limitación en el acceso de información intermodal pudiera explicar las diferencias cognitivas mostradas en varios de los experimentos anteriormente explicados, aunque todavía quedaría por resolverse el “problema platónico”.

Otro estudio presentado por Yuan Yang y Steven Piantadosi aborda una cuestión fundamental en lingüística y ciencia cognitiva: qué sistemas de aprendizaje pueden adquirir el lenguaje natural. Contrario a la

creencia previa de que el aprendizaje del lenguaje es imposible sin un "espacio de hipótesis" altamente restringido debido a los requisitos computacionales del lenguaje, el estudio de Yang y Piantadosi demuestra que un sistema de aprendizaje maximamente no restringido, operando sobre el espacio de todas las computaciones posibles, puede adquirir estructuras lingüísticas complejas utilizando únicamente evidencia positiva. Esto sugiere que pequeñas cantidades de datos pueden ser suficientes para aprender clases ricas de computaciones generativas, cuestionando la necesidad de restricciones innatas específicas para el aprendizaje del lenguaje (Yang & Piantadosi, 2022). El "espacio de hipótesis" se refiere al conjunto de todas las posibles explicaciones o modelos que el sistema de aprendizaje considera para entender y generalizar a partir de los datos observados. Este trabajo introduce un sistema de aprendizaje operando sobre el espacio de todas las computaciones posibles. Esto significa que, en lugar de limitarse a una serie predefinida de reglas o estructuras gramaticales (como podría ser el caso si se asumieran conocimientos innatos específicos del lenguaje), el modelo considera cualquier posible función computacional que pueda generar los datos observados. Este enfoque permite al modelo explorar una amplia gama de posibles estructuras del lenguaje, desde las más simples hasta las más complejas, basándose únicamente en la evidencia presentada. Este sistema se prueba con datos de 74 lenguajes formales distintos, que han sido seleccionados para capturar características esenciales del lenguaje, abarcando lenguajes regulares, libres de contexto y sensibles al contexto. El modelo demuestra la capacidad de aprender con éxito la generación latente de estas secuencias observadas en casi todos los casos de lenguaje, basándose en una cantidad mínima de evidencia. El modelo, por lo tanto, no solo replica las secuencias de datos que ha visto, sino que también logra entender y reconstruir las reglas o mecanismos internos que generan estas secuencias, permitiéndole generalizar y producir nuevas secuencias verbales que siguen el mismo patrón subyacente, incluso cuando esas secuencias particulares no fueron presentadas durante el entrenamiento. El trabajo destaca la capacidad del modelo para generalizar de datos finitos a sistemas de reglas productivamente infinitos, un aspecto central del aprendizaje del lenguaje natural. El modelo es capaz de aprender con eficacia diversos tipos de

lenguajes formales y muestra que el aprendizaje puede ocurrir rápidamente con menos datos de lo que se memorizaría. Este método de aprendizaje se diferencia significativamente de las teorías tradicionales que dependen de la existencia de un conocimiento innato específico del dominio (gramática universal) para el aprendizaje del lenguaje. En cambio, proporciona una base inferencial sobre la cual se pueden formalizar restricciones cognitivas y sesgos adicionales, sugiriendo que aspectos del aprendizaje del lenguaje pueden surgir de procesos cognitivos generales (Yang & Piantadosi, 2022). Estos resultados pueden también afectar a las ciencias cognitivas al señalar que posibles restricciones cognitivas en algunas áreas de aprendizaje pueden no existir o no ser las que se señalan en los modelos cognitivos actuales.

5. REFERENCIAS

- Berglund, L., Tong, M., Kaufmann, M., Balesni, M., Stickland, A. C., Korbak, T., & Evans, O. (2023). *The Reversal Curse: LLMs trained on “A is B” fail to learn “B is A.”* <https://arxiv.org/abs/2309.12288v3>
- Biever, C. (2023). ChatGPT is a black box: how AI research can break it open. *Nature*, 619(7971), 671–672. <https://doi.org/10.1038/D41586-023-02366-2>
- Binz, M., & Schulz, E. (2023). Using cognitive psychology to understand GPT-3. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(6). <https://doi.org/10.1073/pnas.2218523120>
- Dentella, V., Günther, F., & Leivada, E. (2023). Systematic testing of three Language Models reveals low language accuracy, absence of response stability, and a yes-response bias. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 120(51), e2309583120. https://doi.org/10.1073/PNAS.2309583120/SUPPL_FILE/PNAS.2309583120.SAPP.PDF
- Du, M. (2023). Machine vs. human, who makes a better judgment on innovation? Take GPT-4 for example. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 6. <https://doi.org/10.3389/FRAI.2023.1206516/FULL>
- Frank, M. C. (2023). Baby steps in evaluating the capacities of large language models. *Nature Reviews Psychology* 2023 2:8, 2(8), 451–452. <https://doi.org/10.1038/s44159-023-00211-x>

- Koivisto, M., & Grassini, S. (2023). Best humans still outperform artificial intelligence in a creative divergent thinking task. *Scientific Reports* 2023 13:1, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40858-3>
- Kosoy, E., Chan, D. M., Liu, A., Collins, J., Kaufmann, B., Huang, S. H., Hamrick, J. B., Canny, J., Ke, N. R., & Gopnik, A. (2022). *Towards Understanding How Machines Can Learn Causal Overhypotheses*. <https://arxiv.org/abs/2206.08353v1>
- Li, J., Zhang, Q., Yu, Y., Fu, Q., & Ye, D. (2024). *More Agents Is All You Need*. <https://arxiv.org/abs/2402.05120v1>
- Licklider, J. (1960). *Man-Computer Symbiosis*. <https://groups.csail.mit.edu/medg/people/psz/Licklider.html>
- McCoy, R. T., Yao, S., Friedman, D., Hardy, M., & Griffiths, T. L. (2023). *Embers of Autoregression: Understanding Large Language Models Through the Problem They are Trained to Solve*. <https://arxiv.org/abs/2309.13638v1>
- Mitchell, M., Palmarini, A. B., & Moskvichev, A. (2023). *Comparing Humans, GPT-4, and GPT-4V On Abstraction and Reasoning Tasks*. <https://arxiv.org/abs/2311.09247v3>
- Saparov, A., & He, H. (2023). *Language Models Are Greedy Reasoners: A Systematic Formal Analysis of Chain-of-Thought* | OpenReview. <https://openreview.net/forum?id=qFVVbZxR2V>
- Vong, W. K., Wang, W., Orhan, A. E., & Lake, B. M. (2024). Grounded language acquisition through the eyes and ears of a single child. *Science*, 383(6682), 504–511. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.ADI1374/SUPPL_FILE/SCIENC.E.ADI1374_MДАР_REPRODUCIBILITY_CHECKLIST.PDF
- Webb, T., Holyoak, K. J., & Lu, H. (2023). Emergent analogical reasoning in large language models. *Nature Human Behaviour* 2023 7:9, 7(9), 1526–1541. <https://doi.org/10.1038/s41562-023-01659-w>
- Wei, J., Wang, X., Schuurmans, D., Bosma, M., Ichter, B., Xia, F., Chi, E. H., Le, Q. V., & Zhou, D. (2022). Chain-of-Thought Prompting Elicits Reasoning in Large Language Models. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 35. <https://arxiv.org/abs/2201.11903v6>
- Yang, Y., & Piantadosi, S. T. (2022). One model for the learning of language. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(5), e2021865119. https://doi.org/10.1073/PNAS.2021865119/SUPPL_FILE/PNAS.2021865119.SAPP.PDF

Yiu, E., Kosoy, E., & Gopnik, A. (2023). Transmission Versus Truth, Imitation Versus Innovation: What Children Can Do That Large Language and Language-and-Vision Models Cannot (Yet).
<https://doi.org/10.1177/17456916231201401>.
<https://doi.org/10.1177/17456916231201401>

