

The convergence of Artificial Intelligence and Digital Skills: a necessary space for Digital Education and Education 4.0

Miguel-Ángel Marzal^(a), Maurizio Vivarelli^(b)

a) Carlos III University, Department of Documentation, <https://orcid.org/0000-0003-2039-234X>

b) University of Turin, <https://orcid.org/0000-0002-9328-094X>

Contact: Miguel-Ángel Marzal, mmarzal@bib.uc3m.es; Maurizio Vivarelli, maurizio.vivarelli@unito.it

Received: 30 May 2023; **Accepted:** 13 November 2023; **First Published:** 15 January 2024

ABSTRACT

An analysis study of the state of the art on the convergence process first, then confluence, final symbiosis between Artificial Intelligence (AI) and Digital Competences (CD) for Digital Education and 4.0 is presented, following a descriptive and diachronic method to be able to analyze from different points of view the complexity, problems and opportunities that this process implies, trying to present, in each of the phases of study of this phenomenon, the models, experiences and lines of research that illustrate the educational impact of this symbiosis. The study proceeds to analyze:

- 1) first, the characteristics of AI and the drivers that have led to its impact on Education (Educational Artificial Intelligence),
- 2) the challenges that this impact on Education has brought about,
- 3) and the initiatives of political, social, and educational agents to assimilating the effects of AI in educational innovation.
- 4) Then the analysis stops at the definition, characters, properties and initiatives of the DC in Education. Analyzed in pairs, a detailed analysis is made of the symbiosis process that can promote Education 4.0: the changes in the behavior of the agents in the educational process, the tools and good practices that lead to an effective use of this symbiosis, the progress of intelligent technologies in Education, the enunciation of own educational objectives, which are generating new educational models and also the proposal of new evaluation systems.

KEYWORDS

Artificial Intelligence; Digital Education; Multiliteracies; Digital Literacy; Virtuality in Education; Smart Technologies in Education.

La convergencia de la Inteligencia Artificial y las Competencias Digitales: un espacio necesario para la Educación Digital y la Educación 4.0

RESUMEN

Se presenta un estudio de análisis del estado del arte sobre el proceso de convergencia primero, confluencia luego, simbiosis final entre la Inteligencia Artificial (IA) y las Competencias Digitales (CD) para la Educación Digital y 4.0, siguiendo un método descriptivo y diacrónico para poder analizar desde diferentes puntos de vista la complejidad, problemas y oportunidades que implica este proceso, tratando de presentar, en cada una de las fases de estudio de este fenómeno, los modelos, experiencias y líneas de investigación que ilustran el impacto educativo de esta simbiosis. El estudio procede a analizar: primero los caracteres de la IA y los motores que han llevado a su impacto en Educación (Educativa Artificial Inteligencia), los desafíos que ha supuesto este impacto en Educación y las iniciativas de los agentes políticos, sociales y educativos para asimilar los efectos de la IA en la innovación educativa. Luego el análisis se detiene en la definición, caracteres, propiedades e iniciativas de las CD en Educación. Analizado en binomio, se hace un análisis pormenorizado sobre el proceso de simbiosis que puede impulsar la Educación 4.0: los cambios en los comportamientos de los agentes en el proceso educativo, las

herramientas y buenas prácticas que conducen a un uso eficaz de esta simbiosis, el progreso de las tecnologías inteligentes en Educación, la enunciación de objetivos educativos propios, que están generando nuevos modelos educativos y también la propuesta de nuevos sistemas de evaluación.

PALABRAS CLAVE

Inteligencia Artificial; Educación Digital; Multialfabetizaciones; Alfabetización Digital; Virtualidad en Educación; Tecnologías Inteligentes en Educación.

1. La convergencia de la Inteligencia Artificial y las Competencias Digitales como factores hacia la Sociedad del Conocimiento: la Educación

La IA y CD comenzaron un proceso de convergencia cuando la IA ha comenzado a percibirse como un factor de indudable potencialidad formativa: si las CD ya eran reconocidas por los actores socioeconómicos como objeto de estudio y aplicación profesional y educativa, la IA iniciaba su andadura hacia la Educación como disciplina académica por su función beneficiosa contra brechas digitales y disfunciones éticas.

1.1. La Inteligencia Artificial y su dimensión educativa: una visión más global

En su informe anual, la empresa McKinsey Global Survey, en 2022, hace un análisis desde 2017 sobre la evolución y las estrategias de aprendizaje por machine learning y deep learning: el “transfer learning” abre un espacio en las capacidades que las empresas desarrollan con la IA, como factor educativo. Desde esta perspectiva, parecía plausible analizar las potencialidades de IA en Educación, como desde 2019 ha hecho UNESCO, en el documento *Recomendación sobre la Inteligencia Artificial* de 2021, entendida como apoyo a nuevos modos de aprender y ejercitar competencias computacionales, para una Educación de calidad, mediante su objetivo de integrar modelos y algoritmos que generan capacidades para aprender y realizar tareas cognitivas. Sin embargo, las potencialidades de la IA, descubiertas según se van implementando diferentes herramientas y aplicaciones, convierte la funcionalidad educativa de la IA en un campo de análisis necesario para desarrollar la *Educación Digital*. Las primeras aplicaciones de la IA se refirieron a procesos útiles en la gestión académica de las instituciones educativas (previsión de inscripciones, cálculo de abandono, motivaciones, diseño de perfiles, tutoración inteligente, etc.), con un predominio de métodos y análisis cuantitativos. Sistemas como Data Mining, Logistic Regression o Random Forest han permitido cualificar mucho la práctica en el proceso educativo.

Sin embargo, el impacto de la IA pronto se ha hecho más sofisticado. Está siendo un aliado relevante en la incorporación de arquitecturas basadas en la nube, implementadas por técnicas de deep learning (Algayres y Triantafyllou 2020) y estilos de aprendizaje (“analítica de aprendizaje” y “aprendizaje adaptativo”) a partir de las funcionalidades del machine learning (Vargas et al. 2022). Las potencialidades de la IA en Educación han suscitado un debate respecto a sus efectos beneficiosos sobre los procesos educativos y de investigación (Cukurova, Luckin, y Kent 2020), los comportamientos de los estudiantes o sobre experiencias cooperativas con las Realidades Mixta, Virtual (RV), Aumentada (RA), y el *gaming*. Tuomi (2018) ve más adecuado analizar el modo de encauzar y pautar el ritmo, dinámica y nivel de profundidad de los efectos y cambios. Por su parte, I. García-Martínez et al. (2023) han hecho una exposición sobre esta literatura científica del fenómeno, compilando desde Roll y Wylie en 2016, en 2019 a Hooshyar y Lim, o Zawacki-Richter, Bond y Gouverneur, en 2020 a Song y Wang, demostrando el crecimiento notorio de la producción científica sobre la EAI (Educational Artificial Intelligence).

1.1.1. Los campos de debate de la IA en Educación

Parece necesario un breve esbozo de los desafíos a los que puede responder la IA, pero también

determinar los desafíos que la propia IA está planteando en Educación:

- a) La *Humanidad mejorada*, una etiqueta tan perturbadora como equívoca. Barrios-Tao, Diaz y Guerra (2021) la presentan con una doble dimensión: cambiar el concepto y significado de humano (condición y naturaleza); fomentar, con la IA como factor, la cohesión social a partir de la autodeterminación individual, según Floridi et al. (2018), mediante el *pensamiento crítico* (uno de cuyos factores de desarrollo son las multialfabetizaciones) y el aprendizaje permanente, pero además repensando la situación del ser humano en los nuevos entornos respecto a sí mismo, a los otros, a la comunidad. La *autodeterminación individual*, debe basarse en el pensamiento crítico y consciencia de la propia identidad e imagen web, por conocimiento del funcionamiento, aplicaciones y posibilidades de los algoritmos y big data, si bien son competencias que exigen una gobernanza y transparencia digitales. Se abre paso, pues, la filosofía transhumanista, tal como se definía en el Manifiesto Transhumanista de 1999.
- b) La *inclusión social*, derivada de los “derechos emergentes”, íntimamente relacionados con los derechos afectados por las tecnologías, a causa de la descentralización de editores de contenidos, la horizontalidad en la capacidad de regular los controles algorítmicos, una nueva gobernanza digital que desprotege al individuo, una amenaza cierta sobre los recursos que la IA absorbe de la Naturaleza y un nuevo concepto de “pobreza algorítmica”. Todo ello justificó la organización de un Foro por parte de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, *La Inteligencia Artificial para el Bien del Mundo*, en 2017, en relación directa con los ODS.
- c) Una *formación integral*, frente a la superficialidad de una información sobreabundante. La IA debe fundamentar un *pensamiento computacional*, una competencia para la que Barr y Stephenson (2011), además de definirlo, proponían unos iniciales indicadores competenciales que midiesen la recolección, análisis y representación de datos, la estructuración de problemas, capacidad de abstracción, y de comprensión de algoritmos. Por ello conviene comprender e interpretar el funcionamiento y comportamiento de los agentes de la IA (Flogie y Aberšek 2021) y su aplicación en el desarrollo educativo de competencias transversales (Crisol-Moya et al. 2020).
- d) *Usos éticos de la IA en contextos educativos*, problema que ya evidencia algunas experiencias con robots. El problema es que las herramientas de la IA no pueden comportarse sólo como un medio e instrumento, sino pueden realizar tareas cognitivas. Selwyn (2019) hace un riguroso examen sobre sus oportunidades o amenazas. El uso experto se asegura mediante una *alfabetización algorítmica*, sobre cuyas competencias y su naturaleza han reflexionado Long y Magerko (2020).
- e) *La autoría y propiedad intelectual a partir de la IA*. El debate plantea si la IA puede ser reconocida como sujeto en la propiedad intelectual. Villalobos (2022) hace una exposición metódica, glosando recientes sentencias en sentidos opuestos. El problema es complicado porque se refiere a un fenómeno universal (IA), pero se trata de dar respuestas concretas (en cada pleito), teniendo como condicionante las legislaciones nacionales, si en las sentencias la noción de autoría une o separa los conceptos de propiedad intelectual y propiedad industrial, si se trata de autoría para personas físicas o jurídicas, si afecta al soporte de la creación, o a su originalidad. De hecho, en las “Normas de Derecho Civil sobre Robótica”,

el Parlamento Europeo por la Resolución de 16 de febrero de 2017, ya sugirió en su momento la noción de “personalidad electrónica”, luego desarrollada y, por tanto, enunciada de forma más precisa y compleja.

- f) *La interdisciplinariedad*, por cuanto la IA, entre otros diferentes factores que impulsan este fenómeno tan relevante para la organización del conocimiento, pone a disposición nuevas herramientas y métodos que permiten un activo y eficaz trabajo cooperativo. Un espacio ejemplificador puede ser el caso de las *Humanidades Digitales*, en las que se producen diversas iniciativas y estrategias en los métodos y técnicas de investigación y estudio, como pueden sugerir García-Serrano y Menta-Garuz (2022), y las técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural (Mcgillivray, Poibeau, y Ruiz 2020), junto con los análisis de datos.

1.1.2. *El impulso de los agentes socio-económicos y educativos para la dimensión educativa de la IA*

Parece evidente que la IA va a transformar nuestro entorno. Por esta razón la ISO acogía un subcomité, la ISO/IEC JTC/1 SC/42, para desarrollar un programa de normalización en el uso de la IA, así como orientar a los comités JTC 1, IEC e ISO en el desarrollo de aplicaciones de la IA. Sobre este interés aplicativo, la OCDE, asociada con International Business Machines (IBM), apuntaba en 2018 el potencial de uso de la IA por parte de los agentes sociales, en el informe *IA: máquinas inteligentes, políticas inteligentes*, un esfuerzo que también impulsaba la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en dos informes, *Serie de Inteligencia Artificial para el Desarrollo*, en 2017, y *AI for Good Summit*, los años 2017 y 2018. Este evento es anual y, significativamente, el que se ha celebrado en Ginebra entre el 28 de marzo y 3 de abril de 2023, dos de sus cuatro sesiones, una se refiere a “Educational robots providing high-quality and inclusive education for all” y la otra a “How ChatGPT will change the classroom – teachers and students discuss”. Todos los actores políticos en el mundo han comenzado a movilizarse. Tecnología y Educación ya se enunciaban como una simbiosis imprescindible en la publicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), dentro de los que el Objetivo 4 se denomina “Educación de Calidad” y que ha impulsado la *Agenda 2030*. Por su parte, UNICEF presentaba en noviembre de 2021 el informe *Policy guidance on AI for children Version 2.0. Recommendations for building AI policies and systems that uphold child rights*, alertando sobre el impacto directo sobre los niños, sin una regulación educativa.

La necesidad de impulsar los apartados 17 a 19 del Preámbulo de la Agenda Digital y el ODS 4 provocó la reunión, entre el 16 y 18 de mayo de 2019, de un foro mundial, que alumbraba el *Consenso de Beijing*, en torno a la IA y Educación. El Consenso se publica en forma de recomendaciones categorizadas: Planificación de la inteligencia artificial en las políticas educativas; La inteligencia artificial para apoyar la docencia y a los docentes; La inteligencia artificial para el aprendizaje y la evaluación del aprendizaje; Desarrollo de valores y competencias para la vida y el trabajo en la era de la inteligencia artificial; La inteligencia artificial para ofrecer oportunidades de aprendizaje permanente para todos; Promoción del uso equitativo e inclusivo de la inteligencia artificial en la educación; Inteligencia artificial con equidad de género e inteligencia artificial para la igualdad de género; Velar por el uso ético, transparente y verificable de los datos y algoritmos educativos; Seguimiento, evaluación e investigación.

La UNESCO publicaba en 2019 su informe *Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development*, que estructuraba en tres secciones: la Sección I, “Apro-

vechamiento de la IA para mejorar los resultados del aprendizaje”; la Sección II, “Preparar a los estudiantes para prosperar en un futuro saturado de IA”; la Sección III, “Desafíos e implicaciones políticas”. Las *competencias digitales y en IA*, se convierten en un factor nodal, y por esta razón, en diciembre de 2020, UNESCO promovía el International Forum on AI and the Futures of Education Developing Competencies for the AI Era, y propone una alfabetización en IA. El informe de UNESCO *K-12 AI curricula. A mapping of government-endorsed AI curricula* hace relación sobre las “técnicas de la IA” en Educación (Classical AI, Machine learning, Supervised learning, unsupervised learning, Reinforcement learning, Neural networks, Deep learning, General adversarial networks o GANs), “tecnologías IA” (Chatbots, Computer vision, Natural Language Processing, Sensors) y sus retos educativos para llegar a “Alfabetización en IA”.

También la Unión Europea (UE) en 2018 definía en su programa “Estrategia y Política”, una estrategia para la IA: en las “Prioridades” proyectaba desarrollar como una línea de acción “Excelencia y confianza en la IA”. En febrero de 2020 se publicaba el *Libro Blanco sobre la IA*, una senda que ha continuado el esfuerzo programático y normativo en los diferentes campos que pueden verse afectados por la IA.

1.2. Las Competencias Digitales como factor de progreso: una visión más europea

Como factor de progreso, las competencias debían proyectarse en Educación, mediante un *modelo educativo competencial*. El debate se trasladó a qué propiedades debían tener las competencias en Educación, referidas a una mayor cualificación profesional mediante las multialfabetizaciones. Entre ellas cobraba fuerza la *alfabetización digital*, encargada del desarrollo en competencias para conocer y saber por gestión experta de contenidos digitales y virtuales por dominio de las *competencias digitales*. La Unión Europea, desde la Agenda Digital Europea 2010, continuada por la Agenda Digital Europea de 2020, mediante la iniciativa *Brújula digital: el enfoque de Europa para el Decenio Digital*, del 9 de marzo de 2021, uno de sus cuatro objetivos programáticos fundamentales lo constituían las competencias digitales, publicando una dimensión formativa y educativa en el *Plan de Acción de la Educación Digital (2021-2027)* y un plan de comunicación mediante el *Año Europeo de las Competencias 2023*.

A partir de aquí la Comisión ha creado el Joint Research Centre, que desde 2005 impulsaba investigaciones sobre aprendizaje y habilidades en la Era Digital, y mediante el Joint Research Centre’s Publications, que mantiene y gestiona el sitio web JRC Publications Repository, registra publicaciones de carácter teórico, aplicativo, normativo y estudios de caso sobre las alfabetizaciones mediáticas e informacionales, junto con las competencias digitales. La actividad de DigComp ha tenido un mayor impacto en Educación. En 2016, la Comisión editaba a través del European Commission’s Joint Research Centre el *DigComp 2.0: The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use*, completado en la versión 2.1 (Carretero et al. 2018), un documento actualizado en la versión 2.2. La preocupación por asegurar el mayor impacto educativo de las competencias digitales ha hecho atender a los educadores, mediante el *Marco DigCompEdu*. El contexto pandémico y la profunda crisis socio-económica consecuente han llevado a un serio replanteamiento de las competencias digitales (y la alfabetización digital) alcanzaban que un impulso poderoso por integrar muy pronto el dominio experto de las tecno-

logías para tratamiento de Big Data, Web Semántica, la Virtualización y la IA. El documento de DigComp se actualiza con otra nueva versión (Vuorikari et al. 2022), para acoger las competencias digitales necesarias referidas en la Web y la IA: *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens – With new examples of knowledge, skills and attitudes*. Se ha producido la confluencia de IA y Competencias Digitales en Educación.

2. La interacción simbiótica de la IA y las Competencias Digitales en Educación

No cabe duda de que en la actualidad existe una controversia muy importante en torno a los efectos de la IA, debate que busca ofrecer una perspectiva más sobre el impacto educativo de la IA, contemplado como vector en el progreso de unas competencias digitales imprescindibles para un progreso sólido, solidario y cohesivo.

2.1. Los medios y acciones innovadoras de la IA para Educación: unas competencias digitales apropiadas

Las iniciales conexiones educativas de las potencialidades de la IA se habían asentado sobre el objetivo de conceder una representación semántica a los contenidos. Bajo estas premisas las competencias son el nodo gordiano de todo el proceso. Las competencias digitales impactan en un comportamiento sobre los agentes del proceso educativo. Internet de las Cosas y los algoritmos que gestionan los datos masivos están ya alterando el comportamiento y la actitud de las personas. Respecto a los comportamientos de las *autoridades educativas* el informe para el Reino Unido de Baker, Smith y Anissa (2019) es ilustrativo: aconseja una política pública de inversiones I+D para IA, pero mediante implementación de herramientas para el educador; plantea generar un sitio web para instituciones especializadas sobre experiencias para crear un marco adecuado que permita el desarrollo de buenas prácticas; recomienda una política de gobernanza con un programa detallado de acciones e intercambio de datos masivos en Educación y un sistema sólido para medir el impacto de la IA en Educación. Respecto a los *docentes*, el informe analiza los beneficios sobre la actividad del profesor (uso de plataformas de aprendizaje personalizado y diferenciado, retroalimentación de las comunicaciones de los estudiantes, aprendizaje colaborativo, selección de material didáctico, liberación de tareas mecánicas, tener un espectro del progreso competencial del estudiante, innovación educativa). Sin embargo, es entre los docentes donde se encuentran las mayores objeciones en el uso de IA, por la posibilidad de sustituir el ser humano en el proceso educativo, temor basado por técnicas de reconocimiento emocional (Imani y Montazer 2019), emulando la emoción en el procesamiento de lenguaje natural (Wei y Zao 2019) y profesores robots. Los *estudiantes* son el actor con mayor impacto de la IA. Fortalece los aprendizajes múltiples, permite ejercitar el pensamiento computacional y el aprendizaje colaborativo (Yadav et al. 2016), en plena sintonía con al aprendizaje personalizado y adaptativo (Deng, Benckendorff, y Gannaway 2019; Vilkova y Shcheglova 2021). La Declaración PRISMA se convierte en una medición del progreso académico y de aprendizaje, como presentan Page et al. (2021), a modo de un estado del arte.

Calidad y excelencia del rendimiento y eficacia de aprendizaje mediante las aplicaciones de la IA,

se ha convertido en el fundamento de la denominada *Educación 4.0*, un término utilizado para denominar el vínculo entre tecnologías nuevas e integrales y su impacto en Educación Superior, mediante implementaciones y experiencias cooperativas en el uso de datos masivos entre instituciones como FEEDAN, según presentan Guo, Zeng y Dong (2020), una técnica de aprendizaje automático (MLT), que abordan Ciolacu et al., la AI-assisted Higher Education System (AIHEF) para analizar el comportamiento educativo, o el Hybridized Deep Neural Network (HDNN), que busca predecir el rendimiento del estudiante.

La Educación 4.0 está poniendo el foco de atención en el *aprendizaje*, para el que la EAI propone diferentes modelos: a) el *Machine Learning* y *Deep Learning*, que reconoce tres tipos de aprendizaje, dependiendo del fenómeno y la estructura de sus datos, “aprendizaje supervisado”, donde el algoritmo aprende desde las variables explicativas asociadas a una variable respuesta, para luego predecir el valor de esta variable (salidas etiquetadas), “aprendizaje no supervisado”, que predice por identificación de patrones a partir de similitudes, muy útil para una fase de indagación, “aprendizaje de refuerzo”, basado en acierto-error, un panorama mucho más complejo para el Deep Learning, que funciona basando el aprendizaje de los algoritmos en múltiples niveles de representación de datos, una jerarquía en cascada y que sigue modelos de redes neuronales; b) *Interacción aprendiz-interfaz*, por cuanto la IA impulsa la interacción aprendiz (estudiante)-interfaz (máquina), aspecto sobre el que Gunsekera, Bao y Kibelloh (2019) han presentado un necesario estado del arte, si bien un extenso elenco de investigadores argumentan, desde la óptica de la Tecnología Educativa, cómo esta interacción se está haciendo sin las aportaciones de esta disciplina, ni sobre modelos de diseño instruccional desde la Educación. Para ello se ha dibujado una estrategia de integración de la IA, mediante tres líneas: métodos de evaluación de usabilidad e instruccionalidad de los interfaces con finalidad educativa (Nathoo et al. 2020); implementar capacidades específicas de agentes inteligentes educativos para perfeccionar la comunicación interfaz humano-máquina en el dominio de la Educación (Koola, Ramachandran, y Vadakkeveedu 2016); aplicabilidad de datos masivos complejos en Educación para predicción de fenómenos (Baykal, Bulut, y Sahingoz 2018); c) *Los agentes de software conversacionales inteligentes (chatbots)*, con su aplicación más directa y eficiente en la tutoración virtual y recomendaciones sobre repositorios de objetos de aprendizaje, plataformas virtuales de aprendizaje, identificación de perfiles y grupos, chats asistidos, evaluación de código fuente, visualizaciones. Se ha propuesto un método para seleccionar el modelo y sistema más pertinente, como abordan Bajaj y Sharma (2018).

2.2. Tecnologías Inteligentes para Educación: los espacios simbióticos

Parece que el espacio simbiótico de cooperación de la IA y las competencias digitales encuentra su mejor campo en las arquitecturas basadas en la nube (Educación en la nube), que permiten ensayar nuevas técnicas de aprendizaje, impulsando la investigación sobre Entornos Personales de Aprendizaje y Ecologías de Aprendizaje, como “frontera” necesaria en la innovación educativa y el aprendizaje adaptativo. Un panorama sobre el desarrollo de estos espacios simbióticos lo ofrece Jara y Ochoa (2020): los *Sistemas de enseñanza y aprendizaje adaptativos* más potentes si incorporan reconocimiento de voz e imagen para los docentes (Dorca 2015), pero también para los contenidos educativos (Nye 2015); *Sistemas de aprendizaje colaborativo*, para gestionar la dinámica en los

foros y chats para tareas, fomentar la capacidad argumentativa de los estudiantes e incorporar plataformas de juegos y videojuegos educativos (Westera et al. 2020), sistemas que se apoyan en la Analítica de Aprendizaje (Learning Analytics), un campo de investigación cuyos caracteres, propiedades y literatura científica aborda Rojas (2017). El objetivo educativo es un conjunto de competencias digitales muy transversales, para cuyo desarrollo en IA se están utilizando como primeros instrumentos:

a) *Robótica y apps*

Convertida en una estrategia para desarrollar el pensamiento computacional, el aprendizaje activo y las competencias STEM (acrónimo sobre desarrollo de competencias en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas en sus siglas en inglés).

La Robótica Educativa se comporta como un recurso didáctico idóneo para las competencias STEM, así como las competencias en investigación y experimentación, pero también como centro del proceso educativo por sus efectos sobre el pensamiento computacional. Se ensaya también el desarrollo de estas competencias, con el auxilio de la Robótica Educativa, mediante dispositivos móviles, factor relevante para la Educación 4.0 (Restrepo-Echeverri, Jiménez-Builes and Branch-Bedoya 2022). En todo caso, la integración curricular del pensamiento computacional y las CD de la mano de la Robótica Educativa es controvertida por no estar aún bien estructurada ni definida, sin evaluación apropiada ni formación adecuada entre los docentes.

Aplicaciones se han hecho en todos los niveles educativos, si bien son más numerosas en Educación Superior tanto para plataformas (Ballesteros-Ballesteros et al. 2020), como apps.

b) *Las realidades extendidas y gamificación*

Las implicaciones de estas tecnologías inmersivas son evidentes (EDUCAUSE 2020). El paradigma del proceso educativo transforma completamente la experimentación investigativa, y el conocimiento consecuente, por el tratamiento y procesamiento de objetos físicos, luego transformados en objetos virtuales que compaginan los datos físicos, visuales y virtuales.

Las universidades han visto este fenómeno como una gran oportunidad, por lo que han comenzado a estructurar repositorios de ODE para su uso en los currícula académicos, porque permiten expandir el currículo académico y generar espacios simulados como laboratorios experimentales, muy potentes por su potencial visual, inmersivo e interactivo (Cabero-Almenara, Barroso-Osuna, y Gallego-Pérez 2018). El uso de estas realidades han impulsado también el *m-learning inmersivo*, como muestran Fombona, Pascual-Sevillano y González-Videgaray (2017).

La efectividad educativa de estas realidades debe mucho a su estrecha cooperación con la gamificación, que desarrolla habilidades y competencias útiles en el proceso educativo, tanto para los estudiantes, como para los docentes en su metodología didáctica. Una muestra de estos efectos metodológicos se encuentra en el Mobile Game-Based (Troussas, Krouska, y Sgouropoulou 2020). Existen, de nuevo, experiencias del uso combinado de técnicas de gamificación e IA para todos los niveles educativos. Para Educación Superior, González-Calatayud et al. (2021) han hecho una interesante revisión de literatura científica.

2.3. La confluencia: los objetivos educativos en un modelo para el siglo XXI

Esta evolución de equipamiento técnico y de tecnologías, tuvo en la primera década de este siglo un interesante acompañamiento desde la perspectiva pedagógica, mediante la propuesta de un modelo específico, el *Conectivismo*, que enunciaba G. Siemens en 2004. En realidad, el gran debate en torno a los objetivos educativos de la IA se encuentra en el tipo y métodos necesarios para el desarrollo de unas habilidades digitales idóneas para cuya obtención Scoular et al. (2017) proponen las herramientas de la IA. Son necesarios nuevos modelos educativos, como proponen Bonami et al. (2020):

- a) *Netnografía*, conjunto de estrategias metodológicas sobre el comportamiento comunicacional, cuyos postulados ha innovado Kozinets (2016). El análisis modelo busca comprender quiénes participan en redes y plataformas digitales y cómo se comportan en la producción del conocimiento, prediciendo el proceso educativo y creativo, y desarrollando el aprendizaje personalizado;
- b) *Modelo Gervais* (2016), basado en competencias, con un cierto enfoque “gerencial”, por cuanto la consecución de competencias se mide por resultados mediante la evaluación del esfuerzo;
- c) *Modelo de cuatro dimensiones*, de Fadel y Groff (2019), que busca superar un plan de estudios encorsetado por la estructura de áreas y especialidades de conocimiento propias y algo desconectadas del “mundo real”. Propone un plan multidisciplinario, que busque competencias individuales pero transversales, las cuatro C: comunicación, colaboración, criticismo y creatividad;
- d) *Modelo Brújula de la OECD* (2020), que propone un plan de estudios basado en: fundamentos básicos (alfabetización digital, salud mental y física, habilidades sociales y emocionales) competencias transformadoras (nuevos valores y responsabilidades), agencia y coagencia de estudiantes y ciclo de anticipación-acción-reflexión (aprendizaje continuo y permanente).

Las competencias, por su naturaleza, llevan implícita la necesidad de un sistema de evaluación propio, cualitativo. Por ello, los citados autores, proponen la *Multimodalidad*, referida a las distintas modalidades de canales de comunicación empleables: texto (documentación), voz (reflexiones), vídeos (diseños y planes), mediciones biológicas (comportamiento), clickstream (navegación y actitud digital). La multimodalidad permitiría proponer indicadores evaluativos cualitativos, que garanticen la *calidad*. Se hacen necesarios modelos evaluativos apropiados, sobre los que hacen un análisis metódico Marciniak y Gairin (2018), reflejando dos modelos de indicadores: los que se refieren a la pedagogía (objetivos y estrategias didácticas, actividades, materiales y recursos, evaluación, contenido y estructura del curso), los que se refieren a la infraestructura tecnológica (programas y plataformas digitales, modos de interacción, edición y comunicación).

El objetivo de todos estos modelos y sistemas es implementar una metodología que implemente un modelo educativo computacional con uso de la IA y con un alto contenido virtual y multimedia, para lo que se pretende analizar las aplicaciones más utilizadas y atender a las tendencias de los usos educativos de la IA.

3. Conclusiones y desarrollos futuros

El presente estudio de análisis se planteaba como objetivo declarado mostrar la necesaria simbiosis de la IA y las CD en Educación. Es, sin duda, una realidad poliédrica, que nos permite presentar tres categorías de conclusiones, probables futuras líneas de investigación:

1. La IA ha tenido un inevitable impacto en Educación, planteando efectos muy ambiciosos en los procesos educativos. Sin duda, la IA ha otorgado una primacía indiscutible a las CD, que ya no son sólo el objeto científico de disciplinas académicas (las *multialfabetizaciones*), sino que se han convertido en un factor ineludible para la Sociedad del conocimiento. Se abren paso así las Tecnologías Inteligentes en Educación, cuyo cometido será armonizar e impulsar sinergias entre todas las herramientas, experiencias, investigaciones aplicadas que proporcione la IA, que enriquece los fundamentos de la Educación Digital y sienta las bases para el Desarrollo de una Educación 4.0, para la que ya se están anunciando modelos pedagógicos y didácticos. Es significativo cómo la Educación 4.0 se está convirtiendo en un potente objeto de investigación científica.
2. Si la naturaleza y propiedades de la IA como ciencia y disciplina son claras y consideradas muy beneficiosas, sus aplicaciones son muy comprometidas y objeto de duda y sospecha. Se están solicitando moratorias en sus aplicaciones, se regulan restricciones a algunas de sus herramientas, se reclama una regulación y normativa específicas, actores en el Desarrollo de la IA alertan de sus peligros en muy distintos foros. Nuestro estudio, sin embargo, ha querido presentar una realidad paralela, desde otro prisma, sobre los efectos de la IA en Educación: debe entenderse no como una técnica capaz de generar artefactos con usos polifacéticos (provechosos o peligrosos), sino como una *tecnología* (una “ciencia de la técnica”), que genera modelos con vocación formativa y educativa para la Educación 4.0.
3. El impacto indudable en Educación y sus efectos realmente innovadoras mediante las CD ha planteado el reconocimiento de las competencias de IA dentro del espacio general de las competencias digitales. Las competencias de IA, sin embargo, son y deben ser especiales, por lo que los agentes políticos, sociales y educativos ya están organizando modelos para su aprendizaje (en Europa el Año de las Competencias), como presenta la versión DigComp 2.2, de 2022, con referencias explícitas a la IA. Es preciso comenzar a plantear el diseño de programas educativos específicos para el desarrollo e implementación de estas competencias.

Referencias bibliográficas

- Algayres, Muriel Gaele y Evangelia Triantafyllou. 2020. "Combining the flipped classroom and simulation games in engineering education: A methodological survey." In *SEFI 47th Annual Conference: Varietas Delectat... Complexity Is the New Normality, Proceedings*, 83-92. Budapest: European Association for Engineering Education (SEFI). ISBN 978-287352018-2
- Bajaj, Richa y Vidushi Sharma. 2018. "Smart Education with artificial intelligence based determination of learning styles." *Procedia Computer Science* 132: 834-842. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.095>.
- Baker, Toby, Laurie Smith, y Nandra Anissa. 2019. *Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges*. Londres: Nesta. https://media.nesta.org.uk/documents/Future_of_AI_and_education_v5_WEB.pdf.
- Ballesteros-Ballesteros, Vladimir Alfonso, Oscar Ivan Rodríguez-Cardoso, Sébastien Lozano-Forero, y Jorge Luis Nisperuza-Toledo. 2020. "El aprendizaje móvil en Educación Superior: una experiencia desde la formación de ingenieros." *Revista científica* 38 (2): 243-257. <https://doi.org/10.14483/23448350.15214>.
- Barrios-Tao, Hernando, Vianney Díaz, y Yolanda Guerra. 2021. "Propósitos de la educación frente a desarrollos de inteligencia artificial." *Cadernos de Pesquisa* 51, <https://doi.org/10.1590/198053147767>.
- Baykal, Saide Isilay, Deniz Bulut, y Ozgur Koray Sahingoz. 2018. "Comparing deep learning performance on BigData by using CPUs and GPUs." In *2018 Electric Electronics, Computer Science, Biomedical Engineerings' Meeting (EBBT)*, 1-6. Istanbul: IEEE. 10.1109/EBBT.2018.8391429.
- Bonami, Beatrice, Luiz Piazzentini, y André Dala-Possa. 2020. "Educación, Big Data e Inteligencia Artificial: Metodologías mixtas en plataformas digitales." *Comunicar Revista Científica de Educación XXVIII* (65): 43-52. <https://doi.org/10.3916/C65-2020-04>.
- Cabero-Almenara, Julio, Julio Barroso-Osuna, y Óscar Gallego-Pérez. 2018. "La producción de objetos de aprendizaje en realidad aumentada por los estudiantes. Los estudiantes como prosumidores de información." *Revista Tecnología, Ciencia y Educación* 11: 15-46. <https://doi.org/10.51302/tce.2018.221>.
- Carretero Gomez, Stephanie, Yves Punie, Riina Vuorikari, Marcelino Cabrera Giraldez, Stefano Kluzer, Laia Pujol Priego, y William Okeeffe. 2018. *DigComp into Action: Get inspired, make it happen. A user guide to the European Digital Competence Framework*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC110624>.
- Crisol-Moya, Emilio, Liliana Herrera-Nieves, y Rosana Montes-Soldado. 2020. "Virtual Education for All: Systematic Review." *Education in the Knowledge Society* 21: 1-13. <https://doi.org/10.14201/eks.20327>.
- Cui, Wei, Zhen Xue, y Khanh-Phuong Thai. 2019. "Performance comparison of an AI-Based Adaptive Learning System in China." In *Proceedings 2018 Chinese Automation Congress*, 3170-3175. Xian: IEEE. <https://doi.org/10.1109/cac.2018.8623327>.
- Cukurova, Mutlu, Rosemary Luckin, y Carmel Kent. 2020. "Impact of an Artificial Intelligence Research Frame on the Perceived Credibility of Educational Research Evidence." *International*

Journal of Artificial Intelligence in Education 30 (2): 205-235. <https://doi.org/10.1007/s40593-019-00188-w>.

Deng, Ruiqi, Pierre Benckendorff, y Deanne Gannaway. 2019. "Progress and new directions for teaching and learning in MOOCs." *Computers & Education* 129: 48-60. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.10.019>.

Dorça, Fabiano. 2015. "Implementation and use of simulated students for test and validation of new adaptive educational systems: A practical insight." *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 25: 319-345. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0037-0>.

EDUCAUSE 2020. *2020 EDUCAUSE Horizon Report Teaching and Learning Edition*. <https://library.educause.edu/resources/2020/3/2020-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>.

Fadel, Charles, y Jennifer S. Groff. 2019. "Four-dimensional education for sustainable societies." *Sustainability, Human Well-Being, and the Future of Education*, editado por Justin W Cook, 269-281. Cham: Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-319-78580-6_8.

Flogie, Andreij, y Boris Aberšek. 2021. "Artificial intelligence in education." In *Active Learning-Theory and Practice*, editado por Olena Lutsenko, y Gregory Lutsenko. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.96498>.

Floridi, Luciano, Josh Cowls, Monica Beltrametti, y Raja Chatila. 2018. "AI4People – An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations." *Minds & Machines* 28: 689–707. <https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5>.

Floridi, Luciano. 2014. *The 4th revolution: how the infosphere is reshaping human reality*. New York: Oxford University Press.

Fombona, Javier, Maria Angeles Pascual, y Maria Carmen Gonzalez-Videgaray. 2017. "M-learning y realidad aumentada: revision de literatura científica en el repositorio WoS." *Comunicar* 25 (52): 63-72. <https://doi.org/10.3916/C52-2017-06>.

García-Martínez, Inmaculada, José Maria Fernández-Batanero, José Fernández-Cerero, y Samule León. 2023. "Analysing the Impact of Artificial Intelligence and Computational Sciences on Student Performance: Systematic Review and Meta-analysis." *Journal of New Approaches in Educational Research* 12 (1): 171-197. <https://doi.org/10.7821/naer.2023.1.1240>.

Garcia-Serrano, Ana, y Antonio Menta-Garuz. 2022. "La inteligencia artificial en las Humanidades Digitales: dos experiencias con corpus digitales." *Revista de Humanidades Digitales* 7: 19-39. 10.5944/rhd.vol.7.2022.30928.

González-Calatayud, Victor, Paz Prendes-Espinosa, y Rosabel Roig-Vila. 2021. "Artificial Intelligence for student assessment: a systematic review." *Applied Sciences* 11 (6): 5467. 10.3390/app11125467.

Gunesequera, Asela Indunil, Yukun Bao, y Mboni Kibelloh. 2019. "The role of usability on e-learning user interactions and satisfaction: a literature review." *Journal of Systems and Information Technology* 21 (3): 368-394. <https://doi.org/10.1108/JSIT-02-2019-0024>.

- Imani, Maryam y Gholam Ali Montazer. 2019. "A survey of emotion recognition methods with emphasis on E-Learning environments." *Journal of Network and Computer Applications* 147: 102423. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.102423>.
- Jara, Ignacio, y Juan Manuel Ochoa. *Usos y efectos de la Inteligencia Artificial en Educación*. Banco Interamericano de Desarrollo: Sector Social. División de Educación, n. IDB-DP 00776. <http://dx.doi.org/10.18235/0002380>.
- Koola, Paul Mario, Satheesh Ramachandran, y Kalyan Vadakkevedu. 2016. "How do we train a stone to think? A review of machine intelligence and its implications." *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 17(2): 211-238. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2015.1111462>.
- Kozinets, Robert V. (2015). "Netnography." In *The International Encyclopedia of Digital Communication and Society*, editado por Peng Hwa Ang y Robin Mansell. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons. ISBN 978-111876777-1.
- Long, Duri, y Brian Magerko. 2020. "What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations." In *CHI '20: Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, editado por Association for Computing Machinery, 1-16. Honolulu (USA). <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>.
- Marciniak, Renata, y Joaquin Gairín Sallán. 2018. "Dimensiones de evaluación de calidad de educación virtual: revisión de modelos referentes." *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21 (1): 217-238. <http://dx.doi.org/10.5944/ried.21.1.16182>.
- Mcgillivray, Barbara, Thierry Poibeau, y Pablo Ruiz. 2020. "Digital Humanities and Natural Language Processing: "Je t'aime... Moi non plus." *Digital Humanities Quarterly* 14 (2). Id ffhal-02970302. <http://www.digitalhumanities.org/dhq/vol/14/2/000454/000454.html>.
- Nathoo, Amaan, Girish Bekaroo, Tanveer Gangabissoon, y Aditya Santokhee. 2020. "Using tangible user interfaces for teaching concepts of internet of things." *Interactive Technology and Smart Education* 17 (2): 133-158. <https://doi.org/10.1108/ITSE-09-2019-0061>.
- Nye, Benjamin D. 2015. "Intelligent Tutoring Systems by and for the Developing World: A Review of Trends and Approaches for Educational Technology in a Global Context." *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 25 (2): 177-203. <https://doi.org/10.1007/s40593-014-0028-6>.
- Page, Matthew J., Joanne E. McKenzie, Patrick, M. Bossuyt, Isabelle Boutron, Tammy C. Hoffmann, Cynthia D. Mulrow, Larissa Shamseer, Jennifer M. Tetzlaff, Elie A. Akl, Sue E. Brennan, Roger Chou, Julie Glanville, Jeremy M. Grimshaw, Asbjørn Hróbjartsson, Manoj M. Lalu, Tianjing Li, Elizabeth W. Loder, Evan Mayo-Wilson, Steve McDonald, Luke A. McGuinness, y Sergio Alonso-Fernández. 2021. "Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas." *Revista Española de Cardiología* 74 (9):790-799. <https://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-S0300893221002748>.
- Restrepo-Echeverri, Daniel, Jovani Alberto Jiménez-Builes, y John William Branch-Bedoya. 2022. "Education 4.0: integration of educational robotics and smart mobile devices as a didactic strategy for the training of engineers in STEM." *Revista DYNA* 89 (222): 124-135. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n222.100232>.

- Rojas, Pablo. 2017. "Learning Analytics. Una revisión de la literatura." *Educación y Educadores* 20 (1): 106-128. <https://doi.org/10.5294/edu.2017.20.1.6>.
- Scoular, Claire, Esther Care, y Friedrich W. Hesse. 2017. "Designs for operationalizing collaborative problem solving for automated assessment." *Journal of Educational Measurement* 54 (1): 12-35. <https://doi.org/10.1111/jedm.12130>.
- Selwyn, Neil. 2019. ¿Debería los robots sustituir al profesorado? La IA y el futuro de la educación. Las Rozas (Madrid): Ediciones Morata. <https://bit.ly/3zxyPmO>.
- Troussas, Christos, Akrivi Krouska, y Cleo Sgouropoulou. 2020. "Collaboration and fuzzy-modeled personalization for mobile game-based learning in higher education." *Computers & Education* 144: 103698. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103698>.
- Tuomi, Ilkka. 2018. "The Impact of Artificial Intelligence on Learning, Teaching, and Education." In *Science for Policy report by the Joint Research Centre (JRC)*, editado por Cabrera Giraldez, Marcelino; Riina Vuorikari, and Yves Punie. Luxemburg: Publications Office of the European Union. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC113226>.
- Vilkova, Kseniia, y Irina Shcheglova. 2021. "Deconstructing self-regulated learning in MOOCs: In search of help-seeking mechanisms." *Education and Information Technologies* 26: 17-33. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10244-x>.
- Villalobos Portalés, Jorge. 2022. La autoría de la Inteligencia Artificial en el derecho español. *Revista Justicia&Derecho* 5 (1): 1-19. <https://revistas.uautonoma.cl/index.php/rjyd/article/view/1840>.
- Vuorikari, Riina, Stefano Kluzer, Stefano, y Yves Punie. 2022. *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens – With new examples of knowledge, skills and attitudes*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC128415>.
- Wei, Pengcheng, y Yu Zhao. 2019. "A novel speech emotion recognition algorithm based on wavelet kernel sparse classifier in stacked deep auto-encoder model." *Personal and Ubiquitous Computing* 23: 521-529. <https://doi.org/10.1007/s00779-019-01246-9>.
- Westera, Wim, Rui Prada, Samuel Mascarenhas, Pedro A Santos, João Dias, Manuel Guimarães, Konstantinos Georgiadis, Enkhbold Nyamsuren, Bahreini Kiavash, Zerrin Yumak, Chris Christyowidiasmoro, Mihai Dascalu, Gabriel Gutu-Robu, y Stefan Ruseti. 2020. "Artificial Intelligence Moving Serious Gaming: Presenting Reusable Game AI Components." *Education and Information Technologies* 25: 351-380. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09968-2>.
- Yadav, Aman, Jon Good, Joke Voogt, y Petra Fisser. 2016. "Computational Thinking as an Emerging Competence Domain." In *Competence-Based Vocational and Professional Education: Bridging the Worlds of Work and Education*, editado por Martin Mulder, 1051-1067. Springer International Publishing AG. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41713-4_49.
- Xuesong, Zhai, Xiaoyan Chu, Ching Sing Chai, Morris Siu Yung Jong, Andreja Istenic, Michael Spector, Jia-Bao Liu, Jing Yuan, y Yan Li. 2021. "A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020." *Complexity*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>.