

DOI: 10.35643/Info.28.2.1

Dossier temático «Alfabetización en información: perspectivas y desafíos»

La formación en competencias digitales para la virtualidad y la inteligencia artificial: una nueva frontera de las multialfabetizaciones

Training for digital competencies for Virtuality and Artificial Intelligence: a new frontier for multiliteracies

Formação em competências digitais para virtualidade e inteligência artificial: uma nova fronteira dos multiletramentos

Miguel Ángel Marzal¹ ORCID: [0000-0003-2039-234X](https://orcid.org/0000-0003-2039-234X)

¹ Profesor Titular de Biblioteconomía y Documentación. Facultad de Humanidades, Comunicación y Documentación. Departamento de Biblioteconomía y Documentación. Universidad Carlos III de Madrid. Correo electrónico: mmarzal@bib.uc3m.es

Resumen

Estudio de análisis que tiene por objeto inicial investigar la naturaleza y propiedades de las competencias digitales, convertidas en factor fundamental en el nuevo modelo de progreso tras las sucesivas crisis. Se analiza la incorporación dentro de estas competencias de la visual literacy y la inteligencia artificial como factores de nuevos saberes necesarios; una incorporación que se ha hecho siguiendo un modelo de confluencia de tópicos científicos y académicos en educación, en la que el impacto ha sido muy importante, garantizado por el proceso de visualización y virtualización de datos. Se estudian las dimensiones educativas de la visual literacy y la inteligencia artificial así como su efecto conjunto para la innovación educativa y el fundamento de la Educación 4.0, con atención en sus desafíos y en los modelos educativos que están creando. Se analizan las propuestas necesarias para el diseño de programas competenciales específicos abordando su contexto didáctico, su marco de métodos, estrategias y buenas prácticas. Finalmente, se estudia el modelo Digcomp 2.2 como escenario para definir programas formativos convergentes desde la visual literacy y la inteligencia artificial y sentar las bases de una alfabetización en inteligencia artificial.

Palabras clave: COMPETENCIAS DIGITALES; INTELIGENCIA ARTIFICIAL; VISUAL LITERACY; EDUCACIÓN 4.0; PROGRAMAS PARA MULTIALFABETIZACIONES.

Abstract

Analytical study whose initial objective is to investigate the nature and properties of digital skills, which have become a fundamental factor in the new model of progress after successive crises. The incorporation within these competences of Visual Literacy and Artificial Intelligence is analyzed, as factors of new necessary knowledge, an incorporation that has been made following a model of confluence of scientific and academic topics in Education, where the impact has been very important, guaranteed by the process of visualization and data virtualization. The educational dimensions of Visual Literacy and Artificial Intelligence and their joint effect for educational innovation and the foundation of Education 4.0 are studied, taking into account their challenges and the educational models they are creating. The necessary proposals for the design of specific competence programs are analyzed, addressing their didactic context, their framework of methods, strategies and good practices, to end with the study of the DigComp 2.2 model as a scenario to define convergent training programs from Visual Literacy and Intelligence. Artificial and lay the foundations of a Literacy in Artificial Intelligence.

Keywords: DIGITAL SKILLS; ARTIFICIAL INTELLIGENCE; VISUAL LITERACY; EDUCATION 4.0; MULTILITERACIES PROGRAMS.

Resumo

Estudo de análise cujo objetivo inicial é investigar a natureza e as propriedades das competências digitais, que se tornaram um fator fundamental no novo modelo de progresso após sucessivas crises. A incorporação da alfabetização visual e da inteligência artificial nessas competências é analisada como fatores de novos conhecimentos necessários; uma incorporação que se tem feito seguindo um modelo de confluência de temas científicos e acadêmicos na educação, em que o impacto tem sido muito importante, garantido pelo processo de visualização e virtualização de dados. São estudadas as dimensões educativas da literacia visual e da inteligência artificial, bem como o seu efeito conjunto na inovação educativa e na base da Educação 4.0, com atenção aos seus desafios e aos modelos educativos que estão a criar. São analisadas as propostas necessárias para a concepção de programas de competências específicas, abordando o seu contexto didático, o seu enquadramento de métodos, estratégias e boas práticas. Por fim, o modelo Digcomp 2.2 é estudado como cenário para definir programas de formação convergentes de alfabetização visual e inteligência artificial e lançar as bases para a alfabetização em inteligência artificial.

Palavras-chave: HABILIDADES DIGITAIS; INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL; ALFABETIZAÇÃO VISUAL; EDUCAÇÃO 4.0; PROGRAMAS PARA MULTILETRAMENTOS.

Fecha de recibido: 31/05/2023

Fecha de aceptado: 22/06/2023

1. Introducción

No cabe duda de que la alfabetización en información ha experimentado un interesante recorrido desde su enunciación en 1974, tanto en la comunidad académica como en la profesional de las ciencias de la información y la documentación. Este recorrido abarca desde un escenario de alfabetizaciones múltiples —por reclamar unas habilidades en la lectoescritura digital y académica según los códigos semióticos y semánticos de cada dominio profesional o científico (alfabetización bibliotecaria, mediática, jurídica, médica, etc.)— hasta las multialfabetizaciones, en las que, por el contrario, priman la transversalidad, la multimodalidad y la transdisciplinariedad, de modo que el dominio es sustituido por las competencias en un ecosistema informativo de tal forma que progresan la transliteracy, la new media literacy y la metaliteracy de la mano de big data, virtualidad o inteligencia artificial (en adelante IA). Este escenario sitúa a las multialfabetizaciones ante unos nuevos límites del progreso científico y una nueva frontera para el conocimiento.

Sin embargo, hoy presenciamos una doble dinámica que experimenta la alfabetización en información: si bien en el ámbito académico mantiene su presencia y enriquece su carácter constelar mediante el impulso de las multialfabetizaciones, en el mundo científico y profesional el objeto de la alfabetización en información como ciencia y disciplina —que son las competencias en información y comunicación— ha sobrepasado poderosamente a su ciencia y disciplina en prioridad para los agentes sociales, políticos, económicos y educativos, ya que es un elemento fundamental para el avance del modelo de progreso tras la reconstrucción del mundo pospandémico y —en particular en el programa Next Generation EU de la Unión Europea— la transformación digital de la mano de las competencias digitales (en adelante CD).

Desde mediados de la pasada década, las competencias digitales se han convertido en un factor de desarrollo tras las devastadoras crisis económicas desatadas a partir de 2008. Así lo constataba el mundo profesional —el protagonismo de las competencias digitales en la Red de Bibliotecas Universitarias Españolas

(Rebiun), por ejemplo, es paradigmático— y sus asociaciones, organismos y entidades (de todo tipo). La data literacy alcanzaba un notorio progreso y la alfabetización digital, durante un tiempo aliada simbiótica de la alfabetización en información, ganaba un evidente y omnipresente protagonismo.

Las exigencias de la reconstrucción poscovid y el impacto de la IA y la virtualidad han concedido una dimensión nueva y aún más protagónica a las competencias digitales. Esto implica un desafío añadido: la posibilidad de enfrentarse a una nueva brecha digital tanto más temible cuanto estas competencias digitales se reputan como elemento nodal de un nuevo sistema. Los profesionales de la información se contemplan como los agentes en el desarrollo de un proceso educativo en torno a estas competencias, como formadores. Comprender estos fenómenos y sus efectos es, precisamente, el objetivo del presente estudio.

2. La naturaleza de las competencias digitales por su convergencia con la virtualidad y la inteligencia artificial

Las tecnologías de la información y la comunicación (en adelante TIC) y la evolución de la web han tenido un impacto en la trilogía formativa:

- a) en las destrezas como aptitudes para el uso experto de las herramientas;
- b) en las habilidades como capacidades para un uso inteligente de las herramientas (transformadas en instrumentos) mediante un consumo y una asimilación expertos de contenidos digitales y multimedia (conocer), pilares previos a las competencias, entendidas como comportamiento para movilizar conocimientos, y métodos;
- c) en las actitudes que permitan la aplicación experta de los contenidos aprendidos para la resolución de problemas e hipótesis concretos, mediante un dominio experto en el tratamiento informativo y la gestión tecnológica de contenidos digitales y multimedia (saber).

Así entendidas, las competencias tienen dos dimensiones simbióticas y convergentes: competencia digital e información; sin embargo, un único propósito: servir de motor para el progreso en un nuevo modelo de desarrollo.

Con vocación de ser un actor global en el siglo XXI, la Unión Europea ha concedido una decidida atención a las CD. Su plan de reconstrucción tras la pandemia tiene dos pilares fundamentales: la economía verde y la agenda digital. Precisamente, la agenda digital presenta como un desafío poderoso la necesidad de la cualificación tecnológica de la población a través del aprendizaje de las CD. En 2020 la Comisión Europea aprobaba la estrategia para configurar el futuro digital de Europa —desarrollada en la iniciativa decenal (hasta 2030) Brújula Digital: el Enfoque de Europa para el Decenio Digital, del 9 de marzo de 2021—, uno de cuyos cuatro objetivos esenciales son las CD y que, para su consecución, articulaba programas de sostén financiero.

Así, ha podido publicarse el Plan de Acción de Educación Digital (2021-2027), que busca impulsar la educación digital y las CD, que han recibido un definitivo reconocimiento al aprobarse el Año Europeo de las Competencias 2023 para asegurar la cualificación de los trabajadores, su innovación y aprendizaje permanente, y con una decidida vocación social que garantice la cohesión de la comunidad. Para hacer un seguimiento suficiente de las acciones de este año se reconoce una Agencia de Capacidades Europea y, dentro de ella, al Pacto por las Capacidades como marco de cooperación para la innovación, las universidades y el empleo.

Desde esta perspectiva formadora (y simbiótica con las competencias en información), las CD son percibidas con una dimensión educativa para un nuevo modelo de desarrollo. La comisión encargaba, entre otros cometidos, las CD al Joint Research Centre (JRC), cuya política de difusión y comunicación se hace a través del JRC publications, que a su vez gestiona el JRC publications repository —sitio web que compila todas las publicaciones teóricas, buenas prácticas y normas sobre las alfabetizaciones mediáticas, informacionales y CD (Comisión Europea, 2022)—. Sin embargo, para la implementación de las CD en educación superior la comisión ha creado el Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), que ha impulsado el proyecto Digcomp: A framework for developing and understanding digital competence in Europe. En 2016 se publicaba la versión Digcomp 2.1, que reconocía en las competencias cinco dimensiones (áreas de competencia, descriptores de competencia, niveles de competencia,

conocimientos, habilidades y actitudes de cada competencia y aplicación) y cinco áreas (información y análisis de datos, comunicación y colaboración, creación y contenido digital, seguridad y resolución de problemas). Los progresos técnicos, la pandemia y los efectos de la guerra dieron un vuelco completo a la necesidad de efectos saludables de las CD, por lo que se procedió a una actualización en 2022, el Digcomp 2.2: The digital competence framework for citizens. With new examples of knowledge, skills and attitudes (Vuorikari, Kluzer y Punie, 2022)— para garantizar un uso seguro de las TIC existentes y acoger otras nuevas como la IA.

Por la estrategia europea de subsidiariedad, los países miembros hacen una adaptación de la norma general. En España, la nueva ley de Educación (Lomloe) define las CD:

La competencia digital implica el uso seguro, saludable, sostenible, crítico y responsable de las tecnologías digitales para el aprendizaje, para el trabajo y para la participación en la sociedad, así como la interacción con estas.

Incluye la alfabetización en información y datos, la comunicación y la colaboración, la educación mediática, la creación de contenidos digitales (incluida la programación), la seguridad (incluido el bienestar digital y las competencias relacionadas con la ciberseguridad), asuntos relacionados con la ciudadanía digital, la privacidad, la propiedad intelectual, la resolución de problemas y el pensamiento computacional y crítico (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022, párrs. 1 y 2).

En el espacio universitario específicamente, Rebiun, colaboradora desde 2020 de la CRUE (Conferencia de Rectores de Universidades Españolas), ha asumido el desarrollo de las competencias digitales en las universidades. Después de su IV Plan Estratégico 2020-2023, Rebiun denomina a una de sus líneas estratégicas «Transformación digital y conocimiento abierto» (línea dos). En esas líneas estratégicas se enuncian los objetivos generales que son desarrollados por subgrupos de trabajo. El cuarto objetivo de la línea dos se define como «Innovación docente y competencias digitales» y reconoce como marco de referencia al Framework for developing and understanding digital competence in Europe. Plantea cuatro objetivos específicos:

- a) identificar, seleccionar y difundir las mejores prácticas en formación en competencias digitales para estudiantes de posgrado;
- b) elaborar un plan de difusión de los materiales Digcomp de grado;

c) avanzar en la implementación de las CD;

d) alinear los indicadores de formación con los objetivos de desarrollo sostenible.

En el cumplimiento de su labor, el grupo de trabajo presenta la publicación de los documentos que ha generado, un nodo sobre la adaptación a Digcomp, otro sobre los materiales formativos para CD y el último con tutoriales sobre citas y referencias (Rebiun, 2023).

3. Impacto educativo de las competencias digitales a través de la virtualidad y la inteligencia artificial

Hasta aquí hemos argumentado la relevancia que los agentes políticos, sociales y educativos conceden a las CD y a la necesidad de capacitar a la población en ellas. Sin embargo, el gran reto es, de un lado, cómo integrar la enseñanza de las CD en la currícula y, de otro, cómo lograr el mayor impacto beneficioso de esta integración en la educación del siglo XXI.

Las TIC, su impacto en educación en modelos y métodos y sus materiales didácticos web, así como sus herramientas para la innovación educativa, ya habían sido objeto de análisis de la tecnología educativa y las CD se habían convertido en factor necesario para el proceso educativo. Debido a esto, desde principios de la pasada década eran objeto de investigación sobre su beneficiosa aplicación educativa (Carrera Hernández y Marín Uribe, 2011): los docentes deberían dominar estas competencias (Rodríguez García, Raso Sánchez y Ruiz Palmero, 2019) a través de programas específicos (Instefjord y Munthe, 2017) y los estudiantes, a través de la alfabetización digital (Chan, Churchill y Chiu, 2017).

Sin embargo, la relevancia de las CD se ha visto impulsada por la pujanza de dos fenómenos. De un lado, los big data que, con el imprescindible tratamiento y gestión de un volumen inmenso de datos constantemente generados, plantean el problema de cómo derivar en conocimientos toda vez que para esta transformación no solo es preciso el tratamiento inteligente de la inmensidad de datos, sino lo que se llama memoria o almacenamiento estructurado de estos datos (Søe, 2018). Este desplazamiento del interés cognitivo de los big data ha planteado con fuerza la necesidad de que las CD incorporen en su enseñanza

técnicas propias de la IA (Luckin, Holmes, Griffiths y Forcier, 2016) y adquieran, por tanto, nuevas propiedades (Cukurova, Kent y Luckin, 2019). De otro lado, la omnipresencia de las redes sociales por el uso masivo de los smartphones, que han demostrado una visible eficacia en el aprendizaje de los jóvenes (Papadokostaki, Panagiotakis, Malamos y Vassilakis, 2020) al conceder al m-learning un protagonismo evidente (Lai, 2020). Por ello, también estas competencias en redes han enriquecido las CD en su dimensión educativa (Martínez Sala y Alemany Martínez, 2022).

Se presentan, pues, escenarios que están dando una nueva dimensión a las CD a los que se unen otros fenómenos que les permiten tener aplicaciones educativas del mayor interés.

3.1. La virtualización para la visualización de datos e imágenes

Si la virtualización permite la obtención de un sistema informático virtual, la virtualización de datos permite integrarlos (de distintas fuentes o formatos) sin replicarlos con la creación de una capa virtual para proveer servicios y dar soporte a múltiples aplicaciones y usuarios. Puede procederse a la visualización de datos que, mediante herramientas de edición de imágenes y de gestión de big data, permitan la representación gráfica de información y datos para comprenderlos mejor y ver tendencias y patrones. La imagen, como potente material educativo, ya tenía un amplio recorrido, pero el impulso de las TIC hizo que alcanzase un valor propio a través de la visual literacy (en adelante VL) que ha encontrado su lugar en el universo de las multialfabetizaciones con las «Visual literacy competency standards for higher education» (Hattwig, Bussert, Medaille y Burgess, 2013) y cuyo impacto en educación ha sido analizado por Michelson (2017), siempre centrada en el desarrollo de las competencias visuales.

Estas competencias, de otro lado, también han logrado un espacio propio y relevante entre las CD por el importante desarrollo de la potencia semántica y cognitiva de las imágenes a través de la realidad virtual (en adelante RV), la realidad aumentada (en adelante RA) y la gamificación. La RV ha tenido un desarrollo anterior y, por tanto, con efectos educativos muy pertinentes y estudiados; sin embargo, debemos detenernos en los efectos de la RA por sus

aportaciones sustanciosas a las CD, en especial en el ámbito educativo (Cabero Almenara y Barroso Osuna, 2016). La RA, mediante la integración de diferentes capas de contenidos digitales multimedia, permite implementar, con muy positivas funciones, la realidad física a la vez que proporciona una posibilidad de conocimiento experimental muy efectiva. Los proyectos Aprenda, Big bang y Human interface technology laboratory (Cárdenas Ruiz, Mesa Jiménez y Suárez Barón, 2018) son muestra fehaciente de los beneficios de la RA en prácticas educativas.

Entre los efectos más provechosos que ofrece la RA se encuentran la capacidad de editar objetos digitales sumamente eficaces en el proceso educativo (Cabero Almenara y Barroso Osuna, 2018) y la interacción eficiente de los estudiantes desde el mundo tangible al virtual para comprender mejor los contenidos digitales multimedia (Cheng y Tsai, 2012). Los beneficios educativos de la RA se han multiplicado por su uso coordinado con la gamificación, con especial atención a sus efectos sobre la metacognición (Cavalcante Pimentel, Morais Marques, Barbosa de Sales, 2022) como factor estimulante de comportamiento, motivación y desarrollo de habilidades cognitivas.

El impacto de esta alianza, RA y gamificación, se proyecta en la emergencia de nuevas metodologías didácticas, siempre unidas a la innovación educativa (Marín Suelves, Vidal Esteve, Donato y Granados Saiz, 2021), o en el impulso a los nuevos modelos educativos como el m-learning inmersivo, que se ha traducido en la pujanza del Mobile Game Based Learning y el poderoso uso de los smartphones como herramienta educativa (Troussas, Krouska y Sgouropoulou, 2020).

3.2. La dimensión educativa de la inteligencia artificial

Si en principio la IA tuvo una primera proyección educativa en la gestión académica —previsión de abandonos, cálculos de previsión de resultados académicos, matriculación mediante la detección de preferencias de los estudiantes, sistema evaluativo— y en las estrategias educativas —mediante el procesamiento de lenguaje natural, visualización de secuencia de aprendizajes (individualizados) o predicción de comportamientos (Hidalgo Suárez, Llanos

Mosquera y Bucheli Guerrero, 2021) a través del desarrollo de asistentes virtuales—, pronto los efectos educativos fueron más ricos.

De un lado, la IA ha permitido incorporar arquitecturas basadas en la nube con el auxilio de la gamificación (Criollo y Lujan, 2018), pero, de otro, también se está ensayando una complementación a procesos cognitivos más abstractos mediante técnicas analíticas de aprendizaje y aprendizaje adaptativo, basadas en técnicas de machine learning (Vargas, Biggs, Larraín, Alvear y Pedemonte, 2022), a las que más recientemente se unen técnicas procedentes del deep learning. En verdad, el objeto de análisis más atractivo, sin embargo, es investigar cómo pautar la dinámica, el ritmo y el nivel de profundidad de los cambios que produce la IA, no solo sus efectos (Tuomi, 2018).

El impacto de la IA en educación, precisamente, está permitiendo una interesante revisión del concepto, funcionalidades y aplicación de las CD. Estas han dejado de ser solo un objeto de disciplinas académicas (como las multialfabetizaciones) para ser, también, un instrumento de los agentes políticos, sociales y educativos en el avance de la sociedad del conocimiento y de un nuevo modelo de desarrollo. En 2021, la Unesco, en un documento de trabajo, Recomendaciones sobre la ética de la inteligencia artificial, aceptaba integrar los modelos y algoritmos que puede proporcionar la IA susceptibles de generar capacidades para aprender y realizar tareas cognitivas. Emergen, por ejemplo, las atractivas tecnologías inteligentes en educación con el objetivo de armonizar e impulsar sinergias para lograr un mayor efecto de todas las investigaciones aplicadas que la IA proporcione en ese ámbito. Un posible efecto educativo es el origen de planes de estudio con una dimensión transdisciplinar que no esté apegada a un diseño curricular ni a la realidad tangible, sino a experiencias virtuales y transversales. Es el fundamento de lo que comienza a llamarse Educación 4.0.

Han sido García Martínez, Fernández Batanero, Fernández Cerero y León (2023) quienes han presentado una exhaustiva investigación sobre la implicación de la IA en educación, denominándola EAI (educational artificial intelligence). En ella, se hacen eco de estudios preliminares sobre este objeto (exponen los trabajos desde Roll y Wylie en 2016, Hooshyar y Lim, y Zawacki Richter, Bond y Gouverneur en 2019 hasta los de Song y Wang en 2020) con especial hincapié en aquellos

aspectos donde es más apreciable esta implicación, como la robótica, las aplicaciones a smartphones o la RV y la RA.

4. La innovación educativa desde las competencias digitales en la visual literacy y la inteligencia artificial

No cabe duda de que la innovación educativa debe ser una de las mayores propiedades de la educación digital y la Educación 4.0, fundamento para el aprendizaje permanente, transversal y multimedial. Las CD son, como llevamos argumentando, la herramienta, por lo que conviene presentar ahora cómo cumplen mejor esta función mediante su acción cooperativa con la VL y la IA desde dos planos: las propuestas a partir de los desafíos que plantean la VL y la IA y los modelos educativos que se apuntan a partir de estas propuestas.

4.1. Desafíos y propuestas desde la visual literacy y la inteligencia artificial

Los contenidos multimedia y recursos informativos web se nutren cada vez de forma más potente de imágenes, desde su comunicación como ilustraciones hasta sus formatos 3D, RV y RA; incluso la arquitectura de los contenidos en sitios web tiene en la imagen su potencial más firme. Los repositorios digitales de las bibliotecas y los centros de recursos universitarios manifiestan el creciente poder educativo de los recursos multimedia (Denda, 2015), de modo que se organizan archivos digitales de RV y RA para apoyar el desempeño en las currículas y hacer más atractivas implementaciones (Bonasio, 2019), mediante visualizaciones volumétricas y edición de objetos digitales educativos (en adelante ODE) potentes por su carácter inmersivo e interactivo. Las imágenes virtuales e inmersivas, derivadas en realidades extendidas, se convierten en un importante desafío para la generación de conocimiento (Rubio Tamayo, 2019).

En todo caso, comienzan a sumarse distintas experiencias de buenas prácticas sobre aplicaciones de la RA en la docencia universitaria: la Universidad de Leeds ha desarrollado una aplicación para docencia en medicina y su Centro de Tecnologías Inmersivas utiliza RV y RA para apoyo de investigación, docencia y

proyectos con empresas; la Universidad de Cornell, en veterinaria; la Universidad de Sevilla, para preparar a los futuros docentes en el uso de la RA desde smartphones, mientras su servicio de Recursos Audiovisuales y Nuevas Tecnologías mantiene una web para estimular el uso de RV y RA; y la Universidad de La Laguna, para ejercitar el uso de maquinaria entre los estudiantes de ingeniería a través de una aplicación propia.

Los beneficios educativos de las realidades extendidas y los éxitos evidentes de sus primeras aplicaciones han hecho que sean objeto de los planes en diferentes universidades. En la Universidad de La Laguna, el grupo de investigación de Aplicación de Tecnologías de Realidad Aumentada en Educación (Atrae) mantiene una línea de investigación sobre RA, un objeto de investigación también enunciado para el grupo de investigación Avanzada y Expansión Tecnológico en Gráficos por Computador (Artec, por sus siglas en inglés) de la Universidad de Valencia, participante en el proyecto europeo Safe earthworks training with the use of augmented reality (Setar, por sus siglas en inglés) sobre uso de RA para reducir accidentes laborales. Una alianza entre la Universidad Autónoma de Madrid, la Pablo de Olavide y las de Sevilla, País Vasco, Jaén, Alicante, Santiago de Compostela y Málaga ha permitido trabajar, por lo demás, en conjunto para concluir sobre los problemas que podría plantear la integración curricular de la RA en educación superior (Gómez Llano, 2022).

La IA, por su carácter decididamente nuevo, innovador y con unas potencialidades aún por descubrir, presenta desafíos y propuestas más llamativos. Entre los desafíos con mayor potencial educativo podemos detenernos en la humanidad mejorada como proceso de implementación de las capacidades humanas en su condición y naturaleza como ente individual (Barrios-Tao, Díaz y Guerra, 2021), pero también como ente social mediante la autodeterminación individual basada en la formación en pensamiento crítico y conciencia de la propia imagen e identidad web. Esto ha provocado el origen de:

- a) la filosofía transhumanista, según la cual la condición humana se vería multiplicada por los efectos conjuntos de nanotecnología, biogenética, informática, ciencias cognitivas, robótica e IA (Floridi et al., 2018);

- b) los derechos emergentes, afectados por las TIC, que deben defender contra la llamada pobreza algorítmica ante el poder de las herramientas de la IA, sin un control claro por parte de una nueva gobernanza digital, lo que reclama una redefinición de estos derechos en web (Solar, 2021);
- c) el desarrollo de un pensamiento computacional, dirigido a comprender e interpretar el funcionamiento y comportamiento de los agentes de la IA mediante competencias transversales específicas (Flogie y Aberšek, 2021);
- d) los usos éticos, por cuanto las herramientas de la IA se orientan a reproducir tareas cognitivas, de modo que se hace necesario un profundo estudio sobre las implicaciones de su uso educativo y debe ejercitarse, en educación, mediante una alfabetización algorítmica destinada a desarrollar sus competencias conforme a unos indicadores adecuados y con dimensión ética (Long y Magerko, 2020);
- e) la autoría y la propiedad intelectual sobre una obra producida por la IA, para lo que hoy hay sentencias en sentidos opuestos, porque depende de si se unen o separan los conceptos de propiedad intelectual y propiedad industrial, si derivan de personas físicas o jurídicas o si afectan al soporte de la creación o a su originalidad (Villalobos, 2022);
- f) el fomento muy notorio de la interdisciplinariedad, por el desarrollo de poderosos instrumentos cooperativos a partir de análisis de datos y procesamiento de lenguaje natural (Urbina y De la Calleja, 2017).

4.2. Modelos educativos emergentes

No cabe duda de que la integración curricular de la virtualidad y de la IA se está realizando conforme a parámetros pedagógicos y didácticos, pero, además, produce la emergencia de nuevos modelos educativos.

Bien es cierto que la virtualización, de la mano de la VL, tiene una dimensión más aplicativa y práctica que teórica. Sus potencialidades educativas, enmarcadas en un contexto pedagógico y didáctico, cuentan con un campo de reflexión importante desde el uso de la gamificación y de Second Life hasta las posibilidades que puede ofrecer el metaverso.

De hecho, diferentes informes sobre tecnologías en educación como el Instituto de Educación Internacional, OCDE o UNESCO, acusan recibo de la aparición de un nuevo contexto educativo a causa de las realidades mixtas, e incluso en el informe Horizon (Johnson, Adams, Cummins, Estrada, Freeman y Hall, 2016), elaborado por el New Media Consortium, se destacaba a la RA como un fenómeno tecnológico con uno de los mayores impactos educativos; afirmación que se basaba en estudios sobre las tendencias que la RA estaba provocando en educación (Bacca, Baldiris, Fabregat, Graf y Kinshuk, 2014). Uno de ellos es, sin duda, el BYOD (Bring Your Own Device) —como marco educativo en que los estudiantes hacen uso personalizado (con aprendizaje individualizado) de los dispositivos móviles, con especial atención a la gamificación— si bien es cierto que es una metodología didáctica que atiende más a los aspectos técnicos (Saorín et al., 2017).

Sin embargo, de metodologías como esta se han desarrollado los entornos personales de aprendizaje (PLE, Personal Learning Environment), que enfatizan la construcción colaborativa del conocimiento, dentro de la pedagogía de la coasociación. En todo caso, es un modelo que ha impulsado mucho el uso didáctico de la gamificación y, con ella, la virtualización (Mascarell Palau y Blasco Magraner, 2021). Cabero Almenara y Pérez Díez de los Ríos (2018) han presentado, por su parte, un interesante estudio de caso acerca del modelo TAM (Technology Acceptance Model) sobre la atractiva usabilidad de las realidades extendidas por el empleo eficaz de las variables utilidad percibida (perceived usefulness) y facilidad de uso percibida (perceived ease of use).

No obstante, es en las ciencias biosanitarias que la reflexión sobre los beneficios de los modelos educativos planteados por la RA son más abundantes y fundamentados (Dhar, Rocks, Samarasinghe, Stephenson y Smith, 2021) y han acreditado la adquisición por los estudiantes de competencias digitales tan relevantes como la comprensión de las relaciones espaciales, la construcción de representaciones mentales en 3D y la retención de aprendizaje a largo plazo y con una dinámica propia (Gerup, Soerensen y Dieckmann, 2020). Por su parte, Barteit, Lanfermann, Bärnighausen, Neuhann y Beiersmann (2021) han hecho una

revisión de la literatura científica sobre los modos más eficaces de aplicar las realidades mixtas en la formación de médicos.

El impacto de la IA sobre las CD en los contextos educativos viene dado por su proyección sobre el comportamiento de los agentes educativos por cuanto sus herramientas buscan imitar la inteligencia humana mediante deep learning, data minig, computer vision, natural language processing y generation, speech recognition, virtual agents, emotion e images recognition. Un análisis sobre lo que se espera de la IA respecto del comportamiento de los agentes educativos se nos ofrece en el informe para el Reino Unido de Baker, Smith y Anissa (2019) que analiza los comportamientos más saludables para las autoridades educativas, educadores y educandos.

Las autoridades educativas deben atender a la publicación y el sostenimiento de una política pública de inversiones I+D con especial atención en dotar de medios a los educadores y crear un sitio web específico para experiencias. Para los educadores se recomienda crear plataformas digitales especializadas en el uso de IA para desarrollar un aprendizaje individualizado, seleccionar materiales didácticos web especiales y ayudar en las tareas docentes más mecanizables (aplicación de evaluación, tutorías virtuales, control de plagio), tener un espectro del progreso de cada alumno y sostener la innovación educativa. Bien es cierto que respecto de los docentes se advierten muchos más riesgos por los ensayos para implantar robots en el proceso educativo. Se percibe a los educandos como los más beneficiados por la IA por el fomento del aprendizaje múltiple (Munnerley et al., 2014), el pensamiento computacional colaborativo (Yadav, Good, Voogt y Fisser, 2016) y el aprendizaje personalizado y adaptativo (Deng, Benckendorff y Gannaway, 2019). García Martínez, Fernández Batanero, Fernández Cerero y León (2023) nos presentan un atractivo estado del arte sobre la calidad y los rendimientos por la aplicación de la IA en distintos niveles educativos, incluso en su función para impulsar nuevos modelos.

El impacto de la IA se convierte en un firme fundamento para la Educación 4.0, que se centra con especial énfasis en la calidad del aprendizaje, para lo que propone tres modelos educativos emergentes desde la EAI (educational artificial intelligence):

- a) machine learning (ML) y deep learning (DL): la ML acoge tres categorías de aprendizaje —el aprendizaje supervisado (el algoritmo aprende desde las variables explicativas asociadas a una variable respuesta para luego predecir el valor de esta variable como salidas etiquetadas), el aprendizaje no supervisado (predice por identificación de patrones a partir de similitudes) y el aprendizaje de refuerzo (el algoritmo aprende por acierto y error)—, mientras que la DL funciona como redes neuronales (porque los algoritmos aprenden por niveles múltiples de representación de datos por jerarquía en cascada);
- b) interacción aprendiz-interfaz: por la interacción entre el estudiante y la máquina, un campo en el que han publicado un estado del arte Gunsekera, Bao y Kibelloh (2019), pero sobre el que existe un profundo debate porque se está desarrollando sin una aportación necesaria y fundamentada desde la tecnología educativa. Un desafío al que tratan de dar respuesta Nacu, Martin y Pinkard (2018) cuando plantean vías para asegurar esta aportación (métodos de evaluación de usabilidad e instruccionalidad de las interfaces con finalidad educativa, o perfeccionar capacidades de los agentes inteligentes en la comunicación hombre-máquina);
- c) agentes de software conversacionales inteligentes (chatbots): muy útiles en tutorías virtuales y sistemas de evaluación, recomendaciones sobre repositorios de ODE (Salazar Ospina, Rodríguez Marín, Ovalle Carranza y Duque Méndez, 2017) y plataformas digitales de aprendizaje (Billis y Cubenas, 2020).

5. Diseño de programas competenciales

Hasta aquí hemos argumentado la fundamentación conceptual y metodológica sobre los escenarios de las realidades mixtas y la IA, a través de las CD, que justifican el impacto e innovaciones que ambas tienen en la educación.

5.1. Propuestas de métodos y modelos

Parece conveniente ahora tratar de ofrecer un panorama sobre las líneas que están impulsando su proyección aplicativa y que sustentan el diseño de programas competenciales. Procederemos con un doble método: una aproximación más de investigación aplicada en el caso de la VL, por tener un desarrollo mucho mayor en el tiempo y poder así plantear experiencias más concretas, y una aproximación más conceptual en el caso de la IA, por ser un fenómeno más reciente y, sobre todo, con posibilidades y efectos aún ignotos.

Para el caso de la VL, especialmente el diseño de programas competenciales que utilizan la RA, los precedentes y buenas prácticas están muy asentadas en las áreas biosanitarias, una senda en la que seguiremos la investigación de Gómez (2022). La investigadora y bibliotecaria encuentra como ámbito idóneo para el diseño de programas competenciales las posibilidades que brindan los proyectos de innovación docente que ofrecen las universidades españolas, muy atentas al desempeño de competencias transversales a partir del impulso de la innovación y la calidad docentes. Es bien cierto que estas propuestas no pretenden una reformulación del modelo educativo, pero sí permiten innovaciones en recursos educativos en abierto y en enseñanza virtual. Para obtener la aprobación de un proyecto de innovación docente, además, se precisa una solicitud, cuyo formato nos es muy útil a efectos de este estudio. La estructura que nos facilita presentar la propuesta de diseño de programa competenciales en RA requiere:

- a) Fundamentación, objetivos y metodología. La fundamentación debe definir las CD que se desarrollarán, en este caso muy orientadas a la toma de decisiones, ejercitación de procedimientos prácticos, aprendizaje autónomo y colaborativo, capacidad experta, visión tridimensional por uso de tecnologías inmersivas para la comprensión de relaciones espaciales, construcción de modelos mentales en 3D y asimilación eficaz de contenidos. Los objetivos generales deben plantearse en referencia a incorporar ODE basados en RA y modelos 3D como material didáctico, así como en diseñar un método de evaluación apropiado con indicadores competenciales.

Los objetivos específicos, en concordancia con los generales, deben recoger la finalidad de establecer un sistema para la selección de ODE en RA y modelos 3D que midan su efectividad educativa, la programación de prácticas con estos ODE y la definición de indicadores competenciales ad hoc.

La metodología estará fundamentada en el TBL (thinking based learning) o aprendizaje basado en el pensamiento, un aprendizaje que prioriza el razonamiento, desarrollado en el modelo Flipped Classroom. La metodología, en todo caso, debe priorizar el diseño de prácticas para las que se reconocen como tareas una prueba inicial, a modo de cuestionario, que muestre el dominio de los conceptos teóricos y el diseño de actividades para el dominio experto de competencias desde la VL en el uso de la RA.

- b) Diseño instructivo y planificación. Se programan las CD necesarias para el aprendizaje. Por esta razón se contemplará un módulo teórico sobre usos de RA, para la explicación de editores de RA como Aumentaty Creator y Aumentaty Scope, e instrucciones sobre la integración de estas técnicas en el proceso de aprendizaje. Las prácticas y sus actividades precisan una edición explícita, por lo que son aconsejables un escáner para la superficie de las muestras; software para el procesado de las imágenes Dicom, para la creación de la malla digital para la impresión en 3D del tipo Meshmixer de Autodesk, de análisis de mallas digitales del tipo Autodesk 3D Studio Max 2021 y Netfabb de Autodesk para la reparación de archivos STL; programas de conversión de formato STL a OBJ, DAE, FBX y 3D del tipo pCon.planner, Blender, etc., y aplicaciones de realidad aumentada Aumentaty Creator y Aumentaty Scope para teléfonos móviles. La edición de los materiales debe ser procesada en la plataforma Moodle.
- c) Diseño didáctico. Su estructura modular será la forma de unidad didáctica que siga los requisitos de multimodalidad de Nigay y Coutaz (1993). El diseño, pues, debe distinguir entre los objetivos didácticos, con prioridad en la ejercitación de las competencias visuales como parte de las competencias digitales, y su finalidad didáctica, que consiste en la cualificación en el aprendizaje de contenidos de la materia en la que se

aplica. Para la evaluación se aplicará el cuadro de indicadores competenciales definidos por Solimine y Marzal (2020).

Por su parte, Jara y Ochoa (2020) presentan el campo en el que la IA tiene una mayor conexión con las CD y destacan el impulso a los sistemas de enseñanza y aprendizaje adaptativos por la gestión masiva de datos y su aplicación en ritmos de aprendizaje diferenciados (Dorca, 2015) junto con los sistemas de aprendizaje colaborativo. Sus objetivos formativos se orientan a gestionar chats y a fomentar la capacidad argumentativa en el discurso electrónico e incorporar con eficacia plataformas de gaming y gamificación (Westera et al., 2020) como modo de desarrollar el llamado pensamiento computacional. Precisamente, en este cometido se ha hecho un relevante esfuerzo mediante la robótica educativa (García Valcárcel y Caballero González, 2019), un campo sobre el que han publicado un interesante estado del arte González Fernández, Flores González y Muñoz López (2021).

El gran debate sobre los objetivos educativos de la IA, en todo caso, se encuentra en torno al tipo y a los métodos necesarios para el desarrollo de habilidades digitales idóneas en entornos profesionales que permitan obtener la competencia y luego representar el conocimiento. Bakhshi, Downing, Osborne y Schneider (2017) han llegado a definir ciento veinte competencias necesarias para el empleo en 2030, para cuya obtención Scoular, Care y Hesse (2017) proponen las herramientas de la IA por su sofisticado trabajo en datos masivos y análisis cuantitativo para el diseño de plataformas digitales que integren los modelos del contexto pedagógico, de representación de conocimiento y del alumno.

Se esboza un nuevo escenario educativo por lo que empiezan a surgir propuestas de modelos educativos que sean apropiados, si no idóneos, y que Bonami, Piazzentini y Dala-Possa (2020) estructuran en cuatro:

- a) Netnografía, modelo renovado por Kozinets (2015), destinado a comprender quiénes participan en redes y plataformas digitales y cómo se comportan en la producción del conocimiento.
- b) El modelo Gervais, en el que el dominio de competencias se mide por resultados mediante la evaluación del esfuerzo.

- c) De cuatro dimensiones, de Fadel y Groff (2019), más dirigido a la programación de planes multidisciplinarios para desarrollar competencias individuales y transversales a partir de la robótica, los sistemas biológicos, los sistemas sociales, el bienestar, el emprendimiento y los medios.
- d) Brújula Digital 2030: el enfoque de Europa para el Decenio Digital (2020), publicada por la Comisión Europea, que propone un plan de estudios que se centre en fundamentos básicos como la alfabetización digital, competencias transformadoras (nuevos valores y responsabilidades) y ciclo de anticipación-acción-reflexión (aprendizaje continuo y permanente).

Por su carácter competencial, estos modelos llevan implícita la necesidad de incorporar un modelo de evaluación pertinente. Bonami, Piazzentini y Dala-Possa (2020) presentan el modelo de multimodalidad (por las distintas modalidades de canales de comunicación empleables) basado en indicadores cualitativos que permitan la gestión de datos masivos en la nube para hacer mediciones de alta frecuencia y granularidad en diferentes microniveles. Marciniak y Gairín Sallán (2018) han ensayado una metodología para analizar modelos de evaluación de calidad y, a partir del análisis, obtener hasta cuarenta y dos categorías evaluativas, que conformarían un nuevo sistema.

5.2. Convergencia educativa de inteligencia artificial y visual literacy

Una tendencia observable en todos estos modelos y sistemas es la implementación de un modelo educativo computacional mediante los beneficios de la IA con un alto contenido virtual y multimedia (Vlachopoulos y Makri, 2017), una línea de investigación que se adivina en los estudios sobre las tendencias de los usos educativos de la IA (Zhai et al., 2021). En las propuestas, los estudios muestran la importancia que se da a las simulaciones mediante la RV, la RA y la RM con auxilio de la IA (Lau y Lee, 2015) por su efectividad en construir un conocimiento a partir de imágenes, movimiento e interacciones (Beck, 2019).

Educause (2020), de hecho, pone el acento en el innegable efecto educativo que van a tener las tecnologías inmersivas, con el apoyo de la IA, a través de las realidades extendidas, una denominación que engloba las tecnologías inmersivas (RV, RA y RM) referidas a un proceso que se inicia con la realidad física y finalizaría con una RV y cuyos estadios intermedios serían la RA primero y, luego, la RV.

El proceso para la creación y la gestión de conocimiento varía muy sustancialmente. La experimentación investigativa y el conocimiento derivado se realizan por el tratamiento y procesamiento de objetos físicos cuyos datos se digitalizan y visualizan como objetos virtuales de modo que su representación se manifiesta como objetos que compaginan los datos físicos, visuales y virtuales (Mesa Flórez, 2019). Este fenómeno ha despertado el interés de las universidades por su dimensión en docencia e investigación, por lo que han tomado medidas para la organización de grandes repositorios de ODE en RA, RV y RM de manera que permitan generar espacios simulados como laboratorios experimentales, muy valiosos por su potencial visual, inmersivo e interactivo, junto con un poderoso desarrollo del m-learning inmersivo, para el que Fombona, Pascual-Sevillano y González Videgaray (2017) han publicado un interesante estado del arte. Es relevante destacar, sin duda, que la efectividad de estas realidades extendidas en el mundo académico viene de la mano de su estrecha cooperación con la gamificación, por las competencias que es capaz de inculcar (Villagrasa, Fonseca, Redondo y Duran, 2014), tanto para los estudiantes mediante el comportamiento, las habilidades y el aprendizaje colaborativo como para los docentes en su metodología didáctica (Martínez López, Campo Mon, Fueyo Gutiérrez y Dobarro González, 2022).

El uso combinado de las técnicas de gamificación e IA tiene su propio recorrido, como acredita un ilustrativo elenco de experiencias en todos los niveles educativos. La IA auxilia a la gamificación y demuestra su efectividad en matemáticas mediante la plataforma de aprendizaje adaptativo Yixue (Cui, Xue y Thai, 2019), experiencias que han sido recogidas por Binh, Trung y Duy (2021) y Krechetov y Romanenko (2020) en educación superior, un nivel para el que esta cooperación IA-gamificación cuenta con la revisión de literatura científica,

referida a evaluación y tutorías, apoyadas en técnicas de IA, realizada por González Calatayud, Prendes Espinosa y Roig Vila (2021).

6. Los cimientos para una alfabetización en inteligencia artificial: Digcomp 2.2

Como ya hemos expuesto, la Comisión Europea ha procurado el mayor impacto de las CD en educación mediante la actividad de Digcomp —el Digcomp 2.0: The digital competence framework for citizens with eight proficiency levels and examples of use, completado en la versión 2.1— con su estructura bien conocida de información, comunicación y colaboración, creación de contenidos digitales, seguridad y resolución de problemas. Este compromiso educativo ha hecho que también se buscase el dominio experto de las CD entre los educadores, y para ello publicaba el Marco europeo para la competencia digital de los educadores: digcompedu, para todos los niveles y todos los tipos de educación.

El marco propone veintidós competencias elementales, organizadas en seis áreas, con su título y breve descripción: Área 1, sobre el uso de tecnologías digitales por parte de los educadores en interacciones profesionales con colegas, alumnos, padres y otros actores; Área 2, analiza las competencias necesarias para usar, crear y compartir los recursos digitales para el aprendizaje; Área 3, se centra en la gestión y uso de tecnologías digitales en el proceso educativo; Área 4, se dirige a las estrategias digitales para mejorar la evaluación; Área 5, tiene por objetivo prioritario las estrategias centradas en el alumno, y Área 6, muestra los medios para facilitar las CD en los alumnos.

También plantea una progresión de seis etapas para que los educadores puedan evaluar su competencia digital: en las dos etapas iniciales, Novel (A1) y Explorador (A2), los educadores desarrollan prácticas digitales básicas; en las dos etapas medias, Integrador (B1) y Experto (B2), aplican, amplían y estructuran sus prácticas digitales; y en las etapas superiores, Líder (C1) y Pionero (C2), transmiten conocimientos, analizan críticamente las prácticas existentes y diseñan otras nuevas.

Tras las sucesivas crisis que ha provocado en la Unión Europea la aprobación del programa Next Generation EU, para adecuarse a un entorno tecnológico (y socioeconómico) muy cambiante, la comisión actualizó el documento de Digcomp en otra nueva versión (Vuorikari, Kluzer y Punie, 2022) que acoge 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.

El documento —realizado por un grupo de trabajo dirigido por Luis Fernández Sanz, de la Universidad de Alcalá— se organiza en cinco dimensiones: Dimensión 1, recoge las áreas de competencias que componen la CD, con un título; Dimensión 2, detalla los títulos de cada competencia con sus descriptores; Dimensión 3, desglosa los niveles de aptitud de cada competencia; Dimensión 4, describe los ejemplos relativos a IA, teletrabajo y accesibilidad digital; y Dimensión 5, muestra casos de uso en contextos específicos en el proceso educativo.

Nos interesa, por tanto, destacar en cada una de estas cinco dimensiones aquellas que hacen referencia directa a la IA como objeto de programas educativos competenciales propios. Es fundamental advertir que la mención expresa a la IA, naturalmente, se reserva a la Dimensión 4, por ser una exposición de caso. Procedemos, entonces, a una breve sinopsis de los aspectos más relevantes sobre el impacto de la IA en las CD.

La Dimensión 1 se desglosa en varias Áreas:

Área de competencia 1: búsqueda y gestión de información y datos, que recoge como competencias afectadas por la IA: Competencia 1 (navegar, buscar, filtrar datos, información y contenidos digitales) recoge como ejemplos para el conocimiento una comprensión del efecto de los algoritmos en los motores de búsqueda, redes sociales y plataformas digitales, así como ejemplos para las habilidades el dominio de la interacción con agentes conversacionales inteligentes; Competencia 2 (evaluar datos, información y contenidos digitales), dedicada a desarrollar dominio en el reconocimiento de Deep-fakes y estrategias de publicidad y marketing digital, para mejor discernir sus sesgos; Competencia 3 (gestión de datos, información y contenidos digitales) busca desarrollar el

conocimiento y mejor procesamiento en la cesión o control de los propios datos, dentro del desarrollo del fenómeno big data.

Área de competencia 2: comunicación y colaboración, incluye como competencias: Competencia 1 (interactuar a través de tecnologías digitales) para discernir si la interacción es con humano o robot inteligente de la IA, para una más eficaz toma de decisiones; Competencia 2 (compartir tecnologías digitales), ejercita para mejor conocer que todo lo que se comparte en línea puede servir para entrenar sistemas de IA; Competencia 3 (participación ciudadana a través de las tecnologías digitales) destinada a conocer bien que los ciudadanos de la UE tienen derecho a no ver sus gestiones y las decisiones que les afecten sometidas a una total automatización, si bien desarrolla la conciencia sobre los potenciales beneficios e implicaciones éticas; Competencia 6 (gestión de identidad digital), ya que la 4 y 5 no hacen especial hincapié, se orienta a un dominio del propio control de los perfiles y configuraciones personales de cada usuario.

Área de Competencia 3: integración y reelaboración de contenido digital, cuyo objetivo es que el usuario sepa incorporar contenidos digitales editados/manipulados por la IA en su propio trabajo.

Área de Competencia 4: seguridad. Recoge como dominios en las competencias que incluye la protección de datos y privacidad, destinada a ejercitar los modos y medios para asegurar la propia protección de datos y privacidad en el entorno del ambiente generado por la IA; la protección medioambiental, para inculcar un convencimiento de los recursos que el desarrollo de estos nuevos sistemas consume, muy elevados, sin duda.

Área de Competencia 5: resolución de problemas, especialmente destinada a una experiencia suficiente en la resolución de problemas técnicos, la identificación de las necesidades y del tipo de respuestas tecnológicas, así como el uso creativo de la tecnología digital, para llegar a la posibilidad de una autoevaluación sobre la propia capacidad en el dominio y control de los sistemas de IA, algo que debe facultar para el aprendizaje continuo.

Conclusiones

Una vez finalizada la argumentación para abordar los propósitos previstos en este estudio, son varias las conclusiones que pueden deducirse y que presentaremos categorizadas según los hallazgos obtenidos. Si bien desde el punto de vista académico el desarrollo de las multialfabetizaciones (y sus alfabetizaciones integradas) es necesario y se encuentra inmerso en un proceso de estructuración taxonómica, para los agentes sociales y políticos y para la comunidad es el objeto, las CD, el que ocupa el mayor protagonismo e interés.

Sin duda es un proceso y un fenómeno muy relevante: obliga a la comunidad científica a repensar las líneas de investigación, el campo y los objetivos de las multialfabetizaciones y a redefinir su naturaleza académica y su integración curricular en los muy diferentes modelos emergentes de educación.

Las CD tienen un poderoso polo de integración, de modo que no solo acogen bajo su estructura las nuevas competencias en los dominios tecnológicos que emergen, sino que generan dinámicas de cooperación y confluencia. Tal es el caso de las competencias visuales trabajadas por la VL y las competencias de pensamiento computacional, por la IA; si bien se hace necesaria la existencia de un ambiente de coordinación. Para la IA y la VL, es la educación.

El firme desarrollo de las técnicas digitales inmersivas por la visualización y virtualización de datos ha hecho que la confluencia de VL e IA tenga unos efectos realmente decisivos en educación. A partir de un impacto coordinado se están planteando nuevos modelos educativos, nuevas metodologías didácticas. En especial, con mayor interés en el comienzo de disciplinas como las tecnologías educativas inteligentes y, específicamente, la Educación 4.0.

La convergencia entre los dos tipos de competencias se produce de forma natural y metódica: las aportaciones visuales se hacen a partir de una muy eficiente derivación de la gamificación y la IA aporta un poder extraordinario en conceder una semántica a la gestión y aplicación de datos, pero también de sus estilos multimodales de procesar estos datos en cualquier formato.

Nos encontramos en un momento en que los fundamentos de una Educación 4.0 ya están echados y lo que la comunidad espera de unas CD enriquecidas es un uso eficiente para un nuevo progreso. Por ello, los esfuerzos se concentran, y deben concentrarse, en el diseño y la formulación de programas educativos y formativos competenciales para la asimilación cotidiana de estos nuevos saberes, como ya parece ser la intención de distintos agentes sociales, uno de cuyos mejores ejemplos es Digcomp 2.2. Desde nuestro punto de vista ofrece una guía y unas pautas muy saludables para comenzar a generar este tipo de programas. Todo un desafío y una oportunidad.

Referencias bibliográficas

- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S. y Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.17.4.133>
- Baker, T., Smith, L. y Anissa, N. (2019). Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges. Londres: Nesta.
- Bakhshi, H., Downing, J., Osborne, M. y Schneider, P. (2017). *The Future of skills: Employment in 2030*. Londres: Pearson-Nesta.
- Barrios-Tao, H., Díaz, V. y Guerra, Y. M. (2021). Propósitos de la educación frente a desarrollos de inteligencia artificial. *Cadernos de Pesquisa*, 51, e07767. doi: <https://doi.org/10.1590/198053147767>
- Barteit, S., Lanfermann, L., Bärnighausen, T., Neuhann, F. y Beiersmann, C. (2021). Augmented, mixed, and virtual reality based head mounted devices for medical education: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research Serious Games*, 9(3), e29080. doi: <https://doi.org/10.2196/29080>
- Beck, D. (2019). Augmented and virtual reality in education: Immersive learning research. *Journal of Educational Computing Research*, 57(7), 1619-1625. doi: <https://doi.org/10.1177/0735633119854035>
- Billis, S. y Cubenas, O. (2019). Assessing collaborative learning with e-tools in engineering and computer science programs. En K. Arai, R. Bhatia y S. Kapoor (Eds.), *Advances in intelligent systems and computing*, 1070.

Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC) 2019, 2, 848-854. Cham: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-32523-7_62

- Binh, H. T., Trung, N. Q. y Duy, B. T. (2021). Responsive student model in an intelligent tutoring system and its evaluation. *Education and Information Technologies*, 26, 4969-4991. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10485-4>
- Bonami, B., Piazzentini, L. y Dala-Possa, A. (2020). Educación, big data e inteligencia artificial: metodologías mixtas en plataformas digitales. *Comunicar*, 28(65), 43-52. doi: <https://doi.org/10.3916/C65-2020-04>
- Bonasio, A. (2019). *Immersive experiences in education: New places and spaces for learning*. Microsoft. Recuperado de https://edudownloads.azureedge.net/msdownloads/MicrosoftEducation_Immersive_Experiences_Education_2019.pdf
- Cabero Almenara, J. y Barroso Osuna, J. (2016). The educational possibilities of augmented reality. *New Approaches in Educational Research*, 5(1), 44-50. doi: <https://doi.org/10.7821/naer.2016.1.140>
- Cabero Almenara, J. y Barroso Osuna, J. (2018). Los escenarios tecnológicos en realidad aumentada (RA): posibilidades educativas. *Aula Abierta*, 47(3), 327-336. doi: <https://doi.org/10.17811/rifie.47.3.2018.327-336>
- Cabero Almenara, J. y Pérez Díez de los Ríos, J. (2018). Validación del modelo TAM de adopción de la realidad aumentada mediante ecuaciones estructurales. *Estudios sobre Educación*, 34, 129-153. doi: <https://doi.org/10.15581/004.34.129-153>
- Cárdenas Ruiz, H. A., Mesa Jiménez, F. Y. y Suárez Barón, M. J. (2018). Realidad aumentada (RA): aplicaciones y desafíos para su uso en el aula de clase. *Educación y Ciudad*, 35, 137-148. doi: <https://doi.org/10.36737/01230425.v0.n35.2018.1969>
- Carrera Hernández, C. y Marín Uribe, R. (2011). Modelo pedagógico para el desarrollo de competencias en educación superior. *Actualidades Investigativas en Educación*, 11(1), 1-32. doi: <https://www.redalyc.org/pdf/447/44718060003.pdf>
- Cavalcante Pimentel, F. S., Morais Marques, M. y Barbosa de Sales, V. (2022). Estrategias de aprendizaje a través de los juegos digitales en un contexto universitario. *Comunicar*, 30(73), 83-93. doi: <https://doi.org/10.3916/C73-2022-07>

- Chan, B., Churchill, D. y Chiu, T. (2017). Digital literacy learning in higher education through digital storytelling approach. *Journal of International Education Research*, 13(1), 1-16. doi: <https://doi.org/10.19030/jier.v13i1.9907>
- Cheng, C. y Tsai, Y. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59(2), 638-652. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.001>
- Comisión Europea (2020). Brújula Digital 2030: el enfoque de Europa para el Decenio Digital. Bruselas: COM 2021 118 final. <https://espanadigital.gob.es/sites/espanadigital/files/2022-06/Br%C3%BAjula%20Digital%202030.pdf>
- Comisión Europea. (2022). *Joint Research Centre's publications*. Luxemburgo: JRC Publications. Recuperado de <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/about>
- Criollo, S. y Luján, S. (2018). Encouraging student motivation through gamification in engineering education. En M. Auer y T. Tsiatsos (Eds.), *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 909. *Interactive Mobile Communication Learning 2018. Mobile Technologies and Applications for the Internet of Things* (204-211). Cham: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-11434-3_24
- Cui, W., Xue, Z. y Thai, K. (2019). Performance comparison of an AI based adaptive learning system in China. En Institute of Electrical and Electronic Engineers (Eds.), *Proceedings 2018 Chinese Automation Congress* (pp. 3170-3175). doi: <https://doi.org/10.1109/cac.2018.8623327>
- Cukurova, M., Kent, C. y Luckin, R. (2019). Artificial intelligence and multimodal data in the service of human decision making: A case study in debate tutoring. *BJET. British Journal of Educational Technology*, 50(6), 3032-3046. doi: <https://doi.org/10.1111/bjet.12829>
- Denda, K. (2015). Developing interview skills and visual literacy: A new model of engagement for academic libraries. *Portal: Libraries & the Academy*, 15(2), 299-314. doi: <https://doi.org/10.1353/pla.2015.0024>
- Deng, R., Benckendorff, P. y Gannaway, D. (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>
- Dhar, P., Rocks, T., Samarasinghe, R. M., Stephenson, G. y Smith, C. (2021). Augmented reality in medical education: Students' experiences and

- learning outcomes. *Medical Education Online*, 26(1), 1953953. doi: <https://doi.org/10.1080/10872981.2021.1953953>
- Dorca, F. (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*, v. 25, p. 319-345. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0037-0>
- Educause. (2020). *2020 Educause horizon report: Teaching and learning edition*. Recuperado de <https://library.educause.edu/resources/2020/3/2020-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>
- Fadel, C. y Groff, J. (2019). Four dimensional education for sustainable societies. En J. Cook (Ed.), *Sustainability, human well being, and the future of education* (pp. 269-281). Cham: Palgrave Macmillan. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-78580-6_8
- Flogie, A. y Aberšek, B. (2021). Artificial intelligence in education. En O. Lutsenko y G. Lutsenko (Eds.), *Active learning: Theory and practice*. Londres: IntechOpen. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.96498>
- Floridi, L., Cows, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V.,... Vayena, E. (2018). AI4people. An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles and recommendations. *Minds & Machines*, 28, 689-707. doi: <https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5>
- Fombona, J., Pascual-Sevillano, M. A. y González Videgaray, M. C. (2017). M-learning y realidad aumentada: revisión de literatura científica en el repositorio WoS. *Comunicar*, 25(52), 63-72. doi: <http://dx.doi.org/10.3916/C52-2017-06>
- García Martínez, I., Fernández Batanero, J. M., Fernández Cerero, J. y León, S. P. (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. doi: <https://doi.org/10.7821/naer.2023.1.1240>
- García Valcárcel, A. y Caballero González, Y. (2019). Robótica para desarrollar el pensamiento computacional en educación infantil. *Comunicar*, 59(27), 63-72. doi: <https://doi.org/10.3916/C59-2019-06>
- Gerup, J., Soerensen, C. B. y Dieckmann, P. (2020). Augmented reality and mixed reality for healthcare education beyond surgery: An integrative review. *International Journal of Medical Education*, 11, 1-18. doi: <https://doi.org/10.5116/ijme.5e01.eb1a>

- Gómez Llano, M. C. (2022). Uso de la realidad aumentada como apoyo a la docencia en bibliotecas universitarias en el ámbito de la biomedicina. eArchivo UC3M: TFM, Master de Bibliotecas, Archivos y Continuidad Digital
- González Calatayud, V., Prendes Espinosa, P. y Roig Vila, R. (2021). Artificial Intelligence for student assessment: A systematic review. *Applied Sciences*, 11(12), 5467. doi: <https://doi.org/10.3390/app11125467>
- González Fernández, M. O., Flores González, Y. A. y Muñoz López, C. (2021). Panorama de la robótica educativa a favor del aprendizaje STEAM. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(2), 2301-1-2301-19. doi: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2301
- Gunsekera, A. I., Bao, Y. y Kibelloh, M. (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. doi: <https://doi.org/10.1108/JSIT-02-2019-0024>
- Hattwig, D., Bussert, K., Medaille, A. y Burgess, J. (2013). Visual literacy standards in higher education: New opportunities for libraries and student learning. *Portal: Libraries and the Academy*, 13(1), 61-89. doi: https://digital.lib.washington.edu/researchworks/bitstream/handle/1773/25328/Hattwig_etal_VisualLiteracy_portal2013.pdf
- Hidalgo Suárez, C. G., Llanos Mosquera, J. M. y Bucheli Guerrero, V. A. (2021). Una revisión sistemática sobre aula invertida y aprendizaje colaborativo apoyados en inteligencia artificial para el aprendizaje de programación. *Tecnura*, 25(69), 196-214. doi: <https://doi.org/10.14483/22487638.16934>
- Instefjord, E. J. y Munthe, E. (2017). Educating digitally competent teachers: A study of integration of professional digital competence in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 67, 37-45. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.05.016>
- Jara, I. y Ochoa, J. M. (2020). *Usos y efectos de la inteligencia artificial en educación* (IDB-DP 00776). Banco Interamericano de Desarrollo. Sector Social. División de Educación. doi: <http://dx.doi.org/10.18235/0002380>
- Johnson, L., Adams, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A. y Hall, C. (2016). *NMC Horizon Report: 2016 edición Educación Superior*. Austin: The New Media Consortium.

- Kozinets, R. V. (2015). Netnography: Understanding networked communication society. En A. Quan-Haase y L. Sloan (Eds.), *The SAGE Handbook of Social Media Research Methods*. SAGE. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118767771.wbiedcs067>
- Krechetov, I. y Romanenko, V. (2020). Implementing the adaptive learning techniques. *Voprosy Obrazovaniya*, 2, 252-277. doi: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2020-2-252-277>
- Lai, Ch. L. (2020). Trends of mobile learning: A review of the top 100 highly cited papers. *BJET. British Journal of Educational Technology*, 51(3), 721-742. doi: <https://doi.org/10.1111/bjet.12884>
- Lau, K. W. y Lee, P. Y. (2015). The use of virtual reality for creating unusual environmental stimulation to motivate students to explore creative ideas. *Interactive Learning Environments*, 23(1), 3-18. doi: <https://doi.org/10.1080/10494820.2012.745426>
- Long, D. y Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. En Association for Computing Machinery (Eds.), *CHI '20: Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-16. Nueva York: Association for Computing Machinery. doi: <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M. y Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Londres: Pearson.
- Marciniak, R. y Gairín Sallán, J. (2018). Dimensiones de evaluación de calidad de educación virtual: revisión de modelos referentes. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(1), 217-238. doi: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.21.1.16182>
- Marín Suelves, M., Vidal Esteve, M. I., Donato, D. y Granados Saiz, J. (2021). Análisis del estado del arte sobre el uso de los videojuegos en Educación Infantil y Primaria. *Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation*, 7(2), 4-18. doi: <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2021.v7i2.11541>
- Martínez López, V., Campo Mon, M. A., Fueyo Gutiérrez, E. y Dobarro González, A. (2022). La herramienta Kahoot! como propuesta innovadora de gamificación educativa en educación superior. *Digital Education Review*, 42, 34-49. doi: <https://doi.org/10.1344/der.2022.42.34-49>
- Martínez Sala, A. M. y Alemany Martínez, D. (2022). Redes sociales educativas para la adquisición de competencias digitales en educación superior.

Revista Mexicana de Investigación Educativa, 27(92), 209-234. doi:
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v27n92/1405-6666-rmie-27-92-209.pdf>

Mascarell Palau, D. y Blasco Magraner, J. S. (2021). Escenarios tecnológicos con dispositivos móviles para la acción educativa: tendencias y vínculos con la imagen. *Dedica. Revista de Educação e Humanidades*, 19, 289-310. doi:
<http://doi.org/10.30827/dreh.vi19.21704>

Mesa Flórez, M. (2019). Una propuesta metodológica para orientar el laboratorio de física haciendo uso de tecnologías emergentes y el enfoque STEM. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31[número extra], 525-530. doi:
<https://bit.ly/2Kh1irk>

Michelson, A. (2017). A short history of visual literacy: The first five decades. *Art Libraries Journal*, 42(2), 95-98. doi: <https://doi.org/10.1017/alj.2017.10>

Ministerio de Educación y Formación Profesional (España). (2022). *Educagob: competencia digital*. Madrid: Gobierno de España. Recuperado de <https://educagob.educacionyfp.gob.es/curriculo/curriculo-lomloe/menu-curriculos-basicos/bachillerato/competencias-clave/digital.html>

Munnerley, D., Bacon, M., Fitzgerald, R., Wilson, A., Hedberg, J. y Steele, J. (2014). *Augmented reality: Application in Higher Education*. Sídney: Australian Government; Office for Learning & Teaching.

Nacu, D., Martin, C. K. y Pinkard, N. (2018). Designing for 21st century learning online: A heuristic method to enable educator learning support roles. *Educational Technology Research and Development*, 66, 1029-1049. doi:
<http://doi.org/10.1007/s11423-018-9603-0>

Nigay, L. y Coutaz, J. (1993). A design space for multimodal systems: Concurrent processing and data fusion. En Association for Computing Machinery (Eds.), *CHI '93: Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 172-178. Nueva York: Association for Computing Machinery. doi:
<https://doi.org/10.1145/169059.169143>

Papadokostaki, K., Panagiotakis, S., Malamos, A. y Vassilakis, K. (2020). Mobile learning in the era of IoT: Is ubiquitous learning the future of learning? En S. Papadakis y M. Kalogiannakis (Eds.), *Mobile learning applications in Early Childhood Education* (pp. 252-280). Hershey: IGI Global. doi:
<http://doi.org/10.4018/978-1-7998-1486-3.ch013>

- Red de Bibliotecas Universitarias Españolas [Rebiun]. (2023). *Objetivo 4: Innovación docente y competencias digitales*. Madrid: Red de Bibliotecas Universitarias Españolas. Recuperado de https://www.rebiun.org/grupos-de-trabajo/linea-2/Innovaci%C3%B3n_docente_y_competencias_digitales
- Rodríguez García, A. M., Raso Sánchez, F. y Ruiz Palmero, J. (2019). Competencia digital, educación superior y formación del profesorado: un estudio de metaanálisis en la Web of Science. *Píxel-BIT Revista de Medios y Educación*, 54, 65-81. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2019.i54.04>
- Rubio Tamayo, J. L. (2019). Realidad extendida, interactividad y entornos inmersivos 3D: revisión de la literatura y proyecciones. *Actas Icono 14*, 1(1), 396-415. doi: <https://icono14.net/ojs/index.php/actas/article/view/1330>
- Salazar Ospina, O. M., Rodríguez Marín, P. A., Ovalle Carranza, D. A. y Duque Méndez, N. D. (2017). Interfaces adaptativas personalizadas para brindar recomendaciones en repositorios de objetos de aprendizaje. *Tecnura*, 21(53), 107-118. doi: <https://doi.org/10.14483/22487638.9287>
- Saorín, J. L., Meier, C., De la Torre Cantero, J., Carbonell Carrera, C., Melián Díaz, D. y Bonnet de León, A. (2017). Competencia digital: uso y manejo de modelos 3D tridimensionales digitales e impresos en 3D. *Edmetic, Revista de Educación Mediática y TIC*, 6(2), 27-46. doi: <https://doi.org/10.21071/edmetic.v6i2.6187>
- Scoular, C., Care, E. y Hesse, F. W. (2017). Designs for operationalizing collaborative problem solving for automated assessment. *Journal of Educational Measurement*, 54(1), 12-35. doi: <https://doi.org/10.1111/jedm.12130>
- Søe, S. O. (2018). Algorithmic detection of misinformation and disinformation: Gricean perspectives. *Journal of Documentation*, 74(2), 309-332. doi: <https://doi.org/10.1108/jd-05-2017-0075>
- Solar, J. (2021). Inteligencia artificial en la abogacía: el futuro ya está aquí. En F. Llano Alonso y J. Garrido Martín (Eds.), *Inteligencia artificial y derecho: el jurista ante los retos de la era digital* (pp. 331-365). Pamplona: Aranzadi.
- Solimine, G. y Marzal, M. A. (2020). Proposal of visual literacy indicators for competencies courses: An academic literacy perspective for academic excellence. *Italian Journal of Library, Archives and Information Science*, 11(1), 17-35. doi: [10.4403/JLIS.IT-12577](https://doi.org/10.4403/JLIS.IT-12577)

- Tuomi, I. (2018). The impact of artificial intelligence on learning, teaching, and education. Luxemburgo: Publications Office of the European Union. doi: <https://doi.org/doi:10.2760/12297>
- Troussas, C., Krouska, A. y Sgouropoulou, C. (2020). Collaboration and fuzzy modeled personalization for mobile game based learning in higher education. *Computers & Education*, 144, 103698. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103698>
- Urbina, A. B. y De la Calleja, J. (2017). Brief review of educational applications using data mining and machine learning. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 19(4), 84-96. doi: <https://doi.org/10.24320/redie.2017.19.4.1305>
- Vargas, M., Biggs, D., Larraín, T., Alvear, A. y Pedemonte, J. C. (2022). Inteligencia artificial en medicina: métodos de modelamiento (Parte I). *Revista Chilena de Anestesia*, 51(5), 527-534. doi: <https://doi.org/10.25237/revchilanestv5129061230>
- Villagrasa, S., Fonseca, D., Redondo, E. y Duran, J. (2014). Teaching case of gamification and visual technologies for education. *Journal of Cases on Information Technology*, 16(4), 38-57. doi: <https://doi.org/10.4018/jcit.2014100104>
- Villalobos, J. (2022). La autoría de la inteligencia artificial en el derecho español. *Revista Justicia & Derecho*, 5(1), 1-19. doi: <https://doi.org/10.32457/rjyd.v5i1.1840>
- Vlachopoulos, D. y Makri, A. (2017). The effect of games and simulations on higher education: A systematic literature review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14, 22. doi: <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0062-1>
- Vuorikari, R., Kluzer, S. y Punie, Y. (2022). Digcomp 2.2, The digital competence framework for citizens: With new examples of knowledge, skills and attitudes. Luxemburgo: Publications Office of the European Union. doi: <https://doi.org/10.2760/490274>
- Westera, W., Prada, R., Mascarenhas, S., Santos, P. A., Dias, J., Guimarães, M.,... Ruseti, S. (2019). Artificial intelligence moving serious gaming: Presenting reusable game AI components. *Education and Information Technologies*, 25, 351-380. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09968-2>

Yadav, A., Good, J., Voogt, J. y Fisser, P. (2016). Computational thinking as an emerging competence domain. En M. Mulder (Ed.), *Technical and vocational education: Vol. 23. Competence based vocational and professional education: Bridging the worlds of work and education* (pp. 1051-1067). Dordrecht: Springer International Publishing AG.

Zhai, X., Chu, X., Ching, Ch., Siu, M., Istenic, A. Spector, M.,... Li, Y. (2021). A review of artificial intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020. *Complexity*, 2021, 8812542. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>

Nota del editor

La editora responsable por la publicación del presente artículo es María Gladys Ceretta.

Nota de contribución autoral

El autor realizó el 100 % de la investigación.