

Imbricación del Metaverso en la complejidad de la educación 4.0: Aproximación desde un análisis de la literatura

Imbrication of the Metaverse in the complexity of education 4.0: Approach from an analysis of the literature

 **Dr. Carlos Enrique George-Reyes**

PhD Education Sciences. Tecnológico de Monterrey. México

 **Dra. María Soledad Ramírez Montoya**

PhD Filosofía y Ciencias de la Educación. Tecnológico de Monterrey. México

 **Dr. Edgar Omar López-Caudana**

PhD in Communications and Electronics. Tecnológico de Monterrey. México

Recibido: 2022/10/11; **Revisado:** 2022/10/29; **Aceptado:** 2022/11/30; **Preprint:** 2022/12/20; **Publicado:** 2023/01/07

RESUMEN

El Metaverso como objeto de estudio se ha incrementado debido a su potencial para crear entornos inmersivos para acercar a las personas a realidades alternas. Aunque las investigaciones realizadas permiten conocer aspectos conceptuales y de aplicación, existe un conocimiento limitado sobre cómo se imbrica con la complejidad de la educación 4.0. En este estudio se realizó una revisión sistemática de la literatura (SLR) con 231 investigaciones recopiladas de Scopus y Web of Science en las que se imbricó el Metaverso con los componentes de la educación 4.0. Los resultados evidenciaron: (a) un amplio crecimiento de las publicaciones desde el año 2022, (b) el predominio del uso del Metaverso en la industria del diseño de algoritmos y las ventas al detalle, (c) una fuerte colaboración para desarrollar infraestructura 4.0 entre investigadores de Estados Unidos de Norteamérica, Corea del Sur, China, Reino Unido y Japón, (d) la aplicación del Metaverso utilizando tecnologías inmersivas, aumentadas y el diseño de avatares, así como su aplicación como estrategia de elearning. Se concluye que el tema ha despertado interés en la academia, no solo por su incidencia en el conocimiento de las tecnologías emergentes, sino también por su trascendencia en la evolución de ecosistemas digitales.

ABSTRACT

The Metaverse as an object of study has increased due to its potential to create immersive environments to bring people closer to alternate realities. Although the research carried out allows us to know conceptual and application aspects, there is limited knowledge about how it is intertwined with the complexity of education 4.0. In this study, a systematic review of the literature (SLR) was carried out with 231 investigations compiled from Scopus and Web of Science in which the Metaverse was interwoven with the components of education 4.0. The results evidenced: (a) a large growth in publications since 2022, (b) the predominance of the use of the Metaverse in the industry of algorithm design and retail sales, (c) a strong collaboration to develop infrastructure 4.0 among researchers from the United States of America, South Korea, China, the United Kingdom and Japan, (d) the application of the Metaverse using immersive, augmented technologies and the design of avatars, as well as its application as an e-learning strategy. It is concluded that the subject has aroused interest in the academy, not only because of its impact on the knowledge of emerging technologies, but also because of its importance in the evolution of digital ecosystems.

PALABRAS CLAVES - KEYWORDS

educación 4.0, educación superior, innovación educativa, metaverso, pensamiento complejo, realidad extendida.
education 4.0, higher education, educational innovation, metaverse, complex thinking, extended reality.

1. Introducción

El uso de las tecnologías digitales para contribuir con la mejora de la calidad de la educación, así como para acercar la formación profesional a una mayor cantidad de estudiantes ha sido un tema de estudio en las décadas recientes (Cabero & Martínez, 2019; Cabero, 2020; UNESCO, 2019). Sin embargo, la aparición del Covid19 en el continente americano representó no solamente trasladar la formación a escenarios virtuales basados en el uso de herramientas de videoconferencias, plataformas de aprendizaje y contenidos en formato digital (García et al., 2020; Sepulveda & Morrison, 2020), sino también fortalecer el uso de estas tecnologías y generar estrategias de enseñanza que permitieran romper el paradigma que indica que la educación debe prevalecer de forma permanente en las aulas físicas (Means & Neisler, 2021).

Los procesos de formación deben responder a los desafíos de los escenarios educativos emergentes, que como se está observando en el contexto de la pandemia pueden ser cambiantes y no necesariamente presentarse en formatos presenciales. Por otra parte, es imperativo aprovechar las oportunidades que ofrecen las tendencias tecnológicas, no solo en situaciones de emergencia, sino también para lograr una transformación que convierta al uso de las tecnologías en la educación en un componente indispensable para lograr el aprendizaje disruptivo. En especial los ambientes educativos traen consigo nuevos requerimientos para la educación digital, con requerimientos de inclusión, diversidad y uso de tecnologías de última generación para integrarse en la complejidad de los entornos cambiantes y de crisis (Ramírez-Montoya et al., 2022a). Durante el intercambio entre la enseñanza presencial y no presencial millones de estudiantes habilitaron sus competencias digitales para participar en los procesos de formación (Darling & Hyler, 2020), y muy probablemente lo seguirán haciendo de forma constante ante la evolución y la integración de tecnologías disruptivas, competencias e infraestructura para dar soporte a la enseñanza en los ecosistemas digitales, en este sentido, la utilización de herramientas virtuales para afrontar situaciones de enseñanza emergente se ha considerado como una alternativa exitosa para ampliar los escenarios de aprendizaje a corto y mediano plazo (Arnove, 2020; Maier et al., 2020).

Los mundos virtuales han sido impulsados para ofrecer experiencias inmersivas que agilizan y flexibilizan el acceso a los conocimientos, provocando con ello interacciones más participativas y sostenibles (Díaz, 2020; Lee & Hwang, 2022). En particular, el metaverso, entendido como un mundo virtual basado en la madurez de varias tecnologías digitales como la realidad virtual (VR), la realidad aumentada (AR), big data y blockchain representa el siguiente paso en el futuro de la educación (Gu & Gao, 2022), sobre todo en aquellos procesos formativos en los que están presentes estrategias de enseñanza basadas en la colaboración en mundos alternos mediante el diseño de avatares que interactúan con otras personas y con el entorno, así, el Metaverso se está constituyendo como un espacio alternativo de enseñanza-aprendizaje para las nuevas generaciones (Lee et al., 2022).

2. La imbricación del metaverso en el espacio de la educación 4.0

El metaverso se ha posicionado como un tema de debate en la educación, en parte debido a la popularidad que ha generado el anuncio de la empresa Facebook respecto a la transición a Meta, un ecosistema unificado de entornos virtuales que permite a los usuarios no solamente socializar, colaborar y divertirse, sino también formar parte del aprendizaje mediante el desarrollo de realidades extendidas y el financiamiento de experiencias inmersivas de alta calidad (Meta, 2022).

Sin embargo, el concepto ya se había esbozado desde hace muchas décadas por Stephenson en su novela *Snow Crash* (1992), en donde los personajes coexisten tanto en el mundo real como en el ciberespacio mediante avatares que interactúan y desarrollan historias alternativas. Así, el metaverso representa la evolución de un internet de hipervínculos a otro basado en entornos de realidad virtual. El término metaverso recibió un fuerte impulso en el año 2003 al salir al mercado la plataforma *Second Life* (SL), que se puede considerarse como el primer mundo virtual en donde mediante un avatar una persona podía ingresar a un universo paralelo y vivir situaciones simuladas en un mundo alternativo.

En esa época, SL se convirtió en un espacio inmersivo en donde los profesores tuvieron por primera vez la posibilidad de construir escenarios de trabajo simulados como laboratorios y aulas sin muros (Brenen & de la Cerna, 2010; Beaumont et al., 2014), en donde por medio de la demostración, el aprendizaje basado en problemas, el juego de roles o el ejercicio práctico se desarrollaban actividades formativas curriculares (Anacona et al., 2019). Durante el surgimiento del metaverso como una opción para participar en realidades alternas, este se describió como la convergencia entre la realidad física virtualmente mejorada y el espacio virtual físicamente persistente, es decir, como espejos digitales del mundo real que coexisten junto con mundos digitales en los que se generan interacciones, comunicación e intercambio de información en el entorno de internet (Collins, 2008), también se ha descrito como un conjunto de iteraciones de internet en espacios tridimensionales persistentes y compartidos (Hackl, 2021).

En el contexto de la educación 4.0, el concepto de metaverso es mucho más amplio que utilizar lentes de realidad virtual e interactuar con avatares, ya que se vincula con las necesidades de la Industria 4.0 como la cooperación, creación, difusión, gestión del conocimiento y fortalecimiento del pensamiento complejo (García-González & Ramírez-Montoya, 2019; Kipper et al., 2021; Miranda et al., 2021), y se relaciona con experiencias formativas que utilizan una amplia diversidad de herramientas digitales como por ejemplo, HoloLens con los que se pueden explorar modelos anatómicos de enfermedades utilizando realidades aumentadas y virtuales (Stromberga et al., 2021), plataformas de realidad virtual y aumentada para construir modelos moleculares (Cortés et al., 2022), así como experiencias de gamificación en espacios simulados que motivan el aprendizaje (Park & Kim, 2022).

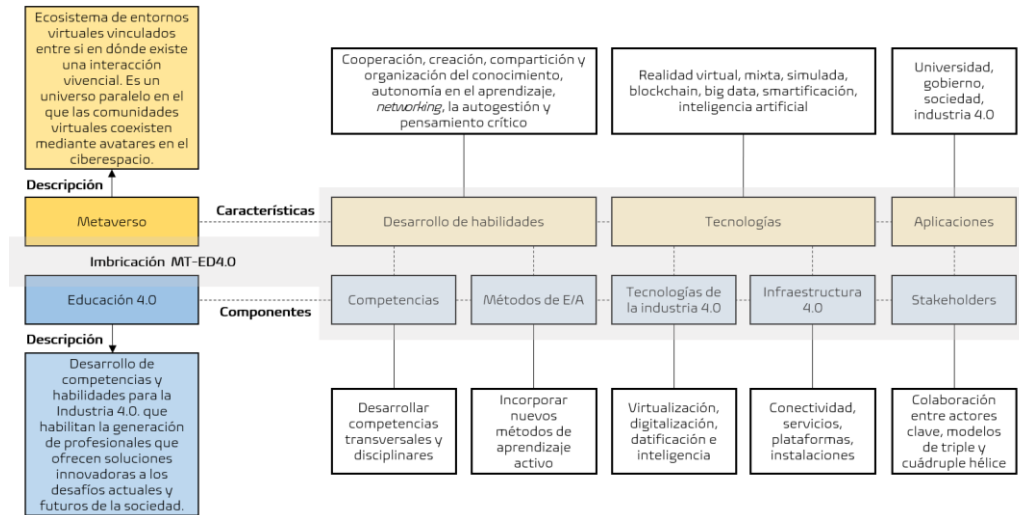
En el entorno de la realidad virtual basada en web (WebVR) se puede señalar como ejemplo el Virtual Campus del Tecnológico de Monterrey, que es un entorno especialmente diseñado para que los estudiantes asistan a clases con sus avatares personalizados (TecReview, 2021), en este espacio se han realizado tanto sesiones temáticas como cursos completos en el metaverso (CONECTA, 2021). Adicionalmente, investigadores de esta universidad diseñaron e implementaron un instrumento para evaluar la aceptación de esta herramienta entre docentes y estudiantes, que demostró que el metaverso es una herramienta en la que no solamente se pueden generar experiencias de aprendizaje interactivas y dinámicas, sino que también contribuye al fortalecimiento de competencias como transformación digital, razonamiento para la complejidad, inteligencia social y comunicación (Rocha et al., 2022).

Por lo anterior, el metaverso y la educación 4.0 se imbrican para ofrecer un valor agregado a los procesos formativos para generar nuevas experiencias de pedagogía digital (Abdul Bujang et al., 2020) y difusión de conocimientos en ecologías de aprendizaje activas e híbridas (Vodovozov et al., 2021; Wasilah et al., 2021). Al respecto, Ramírez-Montoya et al. (2022b) han elaborado un marco de referencia para comprender la aportación de la

educación 4.0 para el diseño de estrategias pedagógicas innovadoras, en la Figura 1, se puede observar una primera aproximación a la imbricación ya mencionada.

Figura 1

Primera aproximación a la imbricación Metaverso-Educación 4.0



La llegada del metaverso a la educación significa poder participar en un entorno de aprendizaje más disruptivo que se basa en el cambio de un paradigma que implica pasar de dinámicas de formación en modalidades presencial, híbrida o digital mediada por el uso de contenidos digitales, videoconferencias y plataformas educativas a un proceso educativo 4.0 totalmente inmersivo que requiere de un cambio en los formatos de entrega de contenidos y mejora en la formación de conocimientos.

Así, este artículo tiene como objetivo presentar los resultados una investigación bibliométrica que se centra en identificar estudios que consideren la relación entre la infraestructura, las competencias y las tecnologías de la industria 4.0, con los stakeholders (grupos de interés) y los métodos de enseñanza y aprendizaje con el metaverso. Para ello se elaboró una revisión sistemática de la literatura (RSL) utilizando las bases de datos SCOPUS y Web of Science (WoS) con el fin de proporcionar una visión amplia y fijar un horizonte para futuras investigaciones.

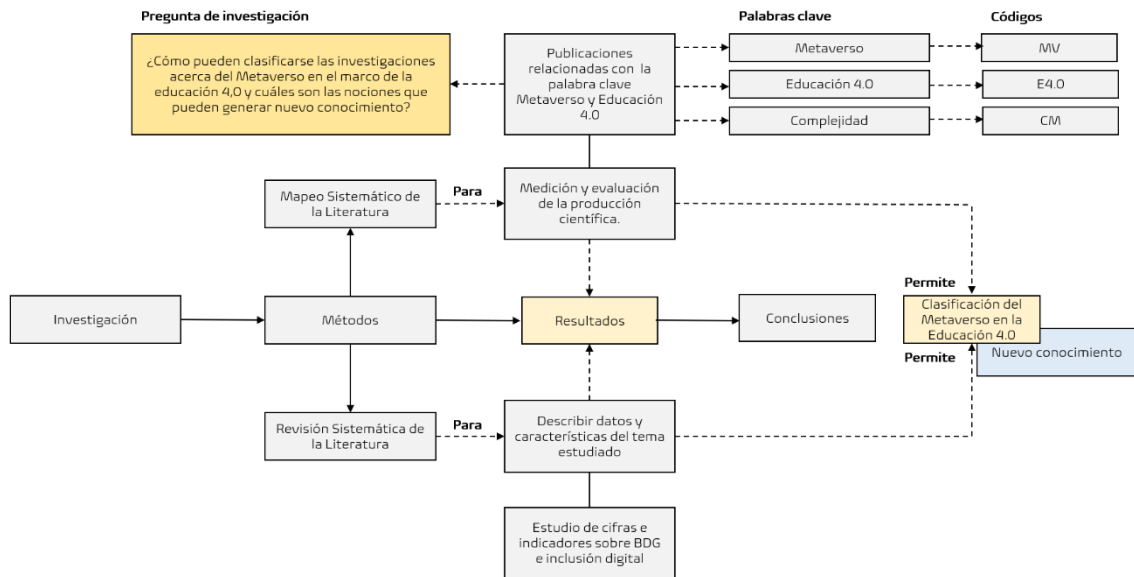
3. Metodología

En este apartado, se definen las etapas y las técnicas para llevar a cabo la RSL con el fin de responder a la pregunta de investigación ¿Cómo pueden clasificarse las investigaciones acerca del Metaverso en el marco de la educación 4.0 y cuáles son las nociones que pueden generar nuevo conocimiento? Para responder la interrogante se realizó la búsqueda y selección de literatura en la base de datos Scopus y WoS para conocer los aportes de las investigaciones relacionadas con el Metaverso y los componentes de la educación 4.0, su evolución en el tiempo y de esta forma analizar el tema desde una visión comprensiva del fenómeno estudiado (Donthu et al. 2021; Baena et

al., 2022). La investigación es descriptiva, ya que recopila información para analizar el fenómeno social del Metaverso y cómo se imbrica con la educación 4.0 (Shields, 2020). Para buscar la producción científica se utilizaron los términos *metaverso* (MV) como palabra clave y *educación 4.0* (E4.0) y *complejidad* (CM) como términos contextuales, también fueron buscados en inglés para garantizar su aparición en las bases de datos. El periodo de tiempo que abarcó el análisis fue de 2000-2022, se utilizó el método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Page et al., 2021) que consta de dos etapas: planificación y acción (Vázquez et al., 2022). En la Figura 2 se puede apreciar con detalle la estrategia utilizada.

Figura 2

Estrategia aplicada para el buscar información



3.1. Objetivo de la RSL

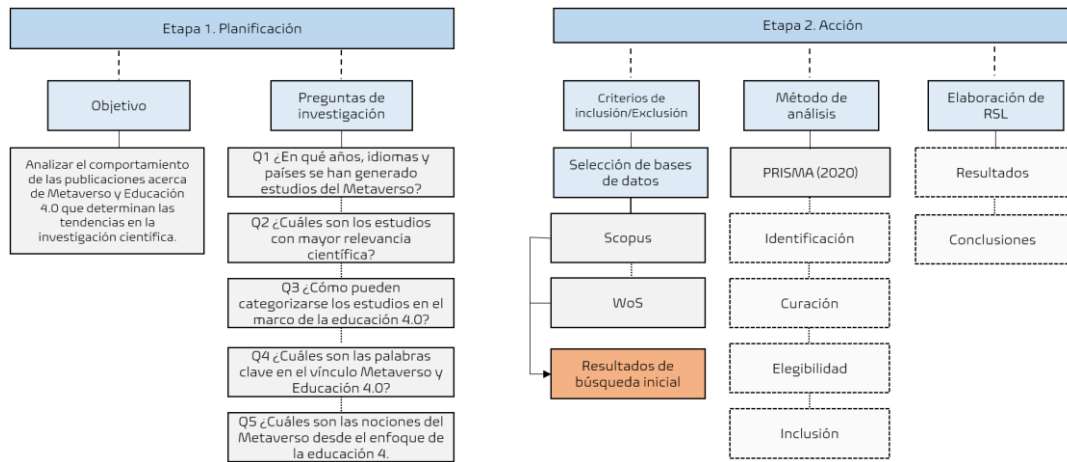
El objetivo de la RSL fue analizar el comportamiento de las publicaciones acerca del tema del Metaverso en el marco de referencia de la educación 4.0 con el fin de identificar sus contribuciones para generar nuevos conocimientos.

3.2 Preguntas de investigación

Las preguntas de investigación estuvieron guiadas por el sentido de la complejidad que implica la transformación de los ecosistemas digitales (García-González & Ramírez-Montoya, 2019; Ramírez-Montoya et al., 2022a). En la Figura 4 puede observarse la redacción de las preguntas, mismas que orientaron el análisis realizado, así como las etapas de planificación y acción del método PRISMA utilizado.

Figura 3

Etapas para llevar a cabo el estudio



3.3 Criterios de inclusión y selección de bases de datos

Se eligieron dos bases de datos para realizar la búsqueda y selección de la información: Scopus como principal y Web of Science (Wos) como complementaria, se hizo énfasis en la utilización de Scopus debido a que se considera una de las bases de datos más grandes y prestigiosas de citas y literatura revisada por pares (Ball, 2021). El primer paso en esta etapa fue realizar la búsqueda de las palabras clave seleccionadas (MV-E4.0-CM), en la Tabla 1 se muestran los descriptores.

Tabla 1

Descriptores para la búsqueda en bases de datos

Base de datos	Descriptor
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (“Metaverse”) AND TITLE-ABS-KEY (“Education 4.0”) AND TITLE-ABS-KEY (“Complexity”))
Web of Science	(“Metaverse”) AND (“Education 4.0”) AND Complexity

El resultado fue la identificación de 390 artículos, posteriormente se realizó la curación de los documentos aplicando los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- Se incluyeron documentos de investigación, divulgación científica, revisión sistemática de la literatura, metodológicos y de metaanálisis. Publicaciones con título, resumen o palabras clave que contuvieran los códigos MV-E4.0-CM.
- Se excluyeron editoriales, erratas y documentos sin relación estrecha con el tema de estudio, así como publicaciones sin título, resumen o palabras clave.

Como criterios de calidad se estableció que fueran artículos publicados en el periodo 2010-2022, con acceso a texto completo, escritos en inglés o español y cuyo enfoque se encontrara en el estudio del metaverso y cuyas temáticas pudieran ser ubicadas en alguno de los componentes de la educación 4.0.

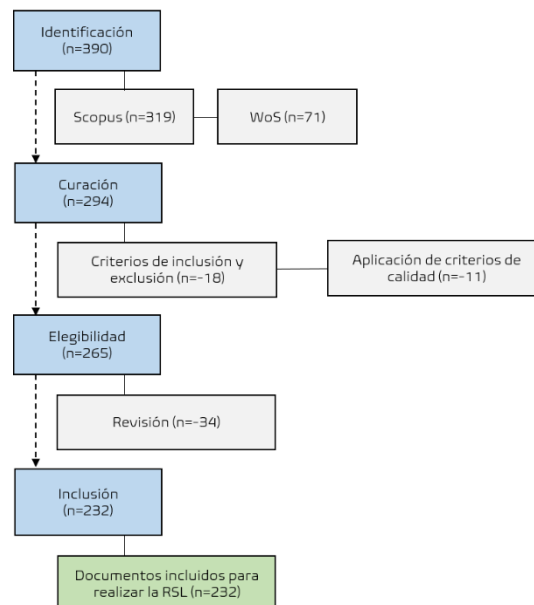
3.4 Método de análisis

El método de análisis seleccionado fue PRISMA (Page et al., 2021), que consiste identificar y seleccionar los documentos científicos, llevar a cabo su curación eliminando los duplicados y aplicando los criterios inclusión, exclusión y de calidad. Finalmente se llevó a cabo la lectura del resumen de los documentos para incluir a aquellos que fueran relevantes para realizar los análisis cuantitativos y cualitativos. El resultado fue la clasificación de los documentos en alguna de las categorías relacionadas con los componentes de la educación 4.0: competencias, métodos de enseñanza-aprendizaje, stakeholders, industria 4.0 e infraestructura 4.0.

Lo anterior generó un total de 232 documentos (ver Figura 4), a los que se les asignó una numeración secuencial y se colocaron en una base de datos bibliográfica utilizando software Excel con los siguientes campos: a) autor(es), b) título de trabajo, c) año, d) tipo de documento, e) revista o editor, f) país de los autores, g) instituciones u organizaciones, h) DOI, i) datos bibliográficos en estilo APA, j) resúmenes, k) palabras clave, l) idioma y m) tipo de acceso.

Figura 4

Aplicación del método PRISMA para la elaboración del estudio

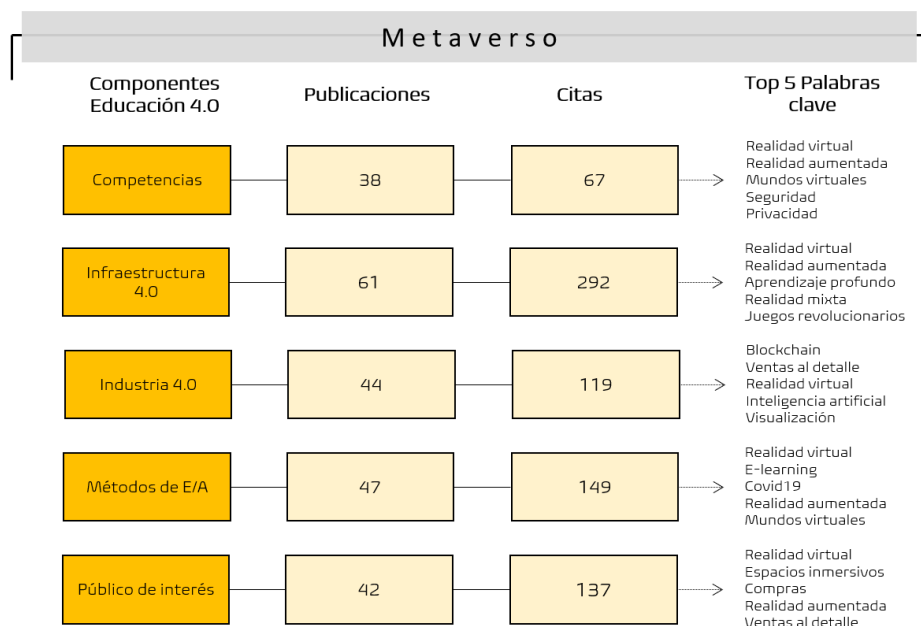


3. Análisis y resultados

A continuación se presenta un análisis panorámico del total de las publicaciones encontradas en Scopus y Web of Science y la forma en las que se clasificaron de acuerdo con su contenido en alguno de los componentes de la Educación 4.0, así como el número de citas y las palabras clave que se presentan con mayor frecuencia. En la Figura 5 se puede observar que el Metaverso ha encontrado mayor impacto en la producción científica relacionada con la Infraestructura 4.0 con 61 publicaciones y 292 citas, a estas publicaciones se asocian las palabras clave *realidad virtual, aumentada, aprendizaje profundo, realidad mixta* y juegos revolucionarios, lo cual demuestra que el conocimiento acerca del metaverso se enfoca en explorar las tendencias tecnológicas que han logrado incorporarse en la educación y la industria. Engeneral las palabras más frecuentes son: *realidad virtual y aumentada, seguridad digital y ventas al detalle*.

Figura 5

Clasificación del MV en el entorno de la E4



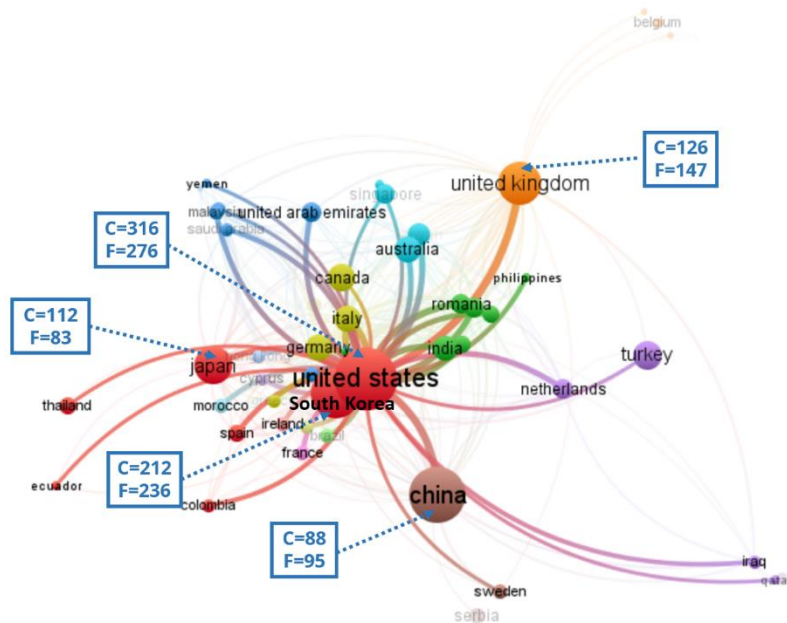
3.1. Q1 ¿En qué años, idiomas y países se han generado estudios del Metaverso?

En la Figura 6 se observa que la producción científica se ha incrementado de en el año 2022 con 170 publicaciones, lo anterior representa un aumento de 156 más que el año anterior (14 documentos). Esto puede explicarse debido a dos factores: el primero relacionado con el aumento de las estrategias para utilizar herramientas disruptivas para dar continuidad a las actividades escolares y laborales en entornos digitales debido a la transición de la presencialidad a la no presencialidad provocada por la pandemia por covid19 (Rocha et al., 2022), y segundo, por el seguimiento mediático que originó en la industria, el anuncio de la creación de Meta por Mark Suckerberg (Fernandez, 2022), lo que

La Figura 8 muestra la estructura de colaboración de los trabajos, como se puede apreciar, la relación más estrecha es entre investigadores de Estados Unidos de Norteamérica (316 citas y fuerza de enlace de 276) y Corea (212 citas y fuerza de enlace de 236), Japón se encuentra en el mismo *cluster* de colaboración (112 citas y fuerza de enlace de 83). De igual forma, se puede observar que los trabajos provenientes del Reino Unido (126 citas y fuerza de enlace de 147) tienen vínculos menos estrechos con los países anteriormente mencionados ya que su producción se relaciona más con Bélgica, Irak, Yemen, Malasia, Arabia Saudita, entre otros.

Figura 8

Colaboración científica por país



3.2. Q2 ¿Cuáles son los estudios con mayor relevancia científica?

Los documentos con mayor frecuencia de publicación son los artículos (138), seguidos por *papers* de conferencia (86) y finalmente capítulos de libro (6). En cuanto a la relevancia, en la Tabla 2 se muestra que las revistas y congresos tienen mayor número de citas. La información está clasificada de acuerdo con los componentes de la educación 4.0 (E4.0): Infraestructura 4.0 (IFR), Industria 4.0 (IND), Stakeholders (ST), Competencias (CT), y Métodos de enseñanza y aprendizaje (MTE).

El artículo mejor posicionado en la lista se llama *3D virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities*, ha sido citado 62 veces en el año 2022, es decir más del doble de las que fue citado a partir de su publicación en 2013 (53), lo que indica que se ha convertido en un referente para diversos investigadores ya que explora cuatro dimensiones atribuibles al metaverso: realismo inmersivo, ubicuidad de acceso e identidad, interoperabilidad y escalabilidad, así como el vínculo con la E4.0 desde la infraestructura digital y la industria.

Por otra parte, el documento de conferencia *A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges*, ha sido citado en 55 ocasiones en el mismo año de su

aparición (2022), esto indica que tiene una alta relevancia en el campo científico, en particular por la temática que aborda, relacionada con una redefinición del Metaverso basada en la evolución del hardware, software y los contenidos, así como desde los enfoques de interacción con el usuario, implementación y aplicación.

Tabla 2

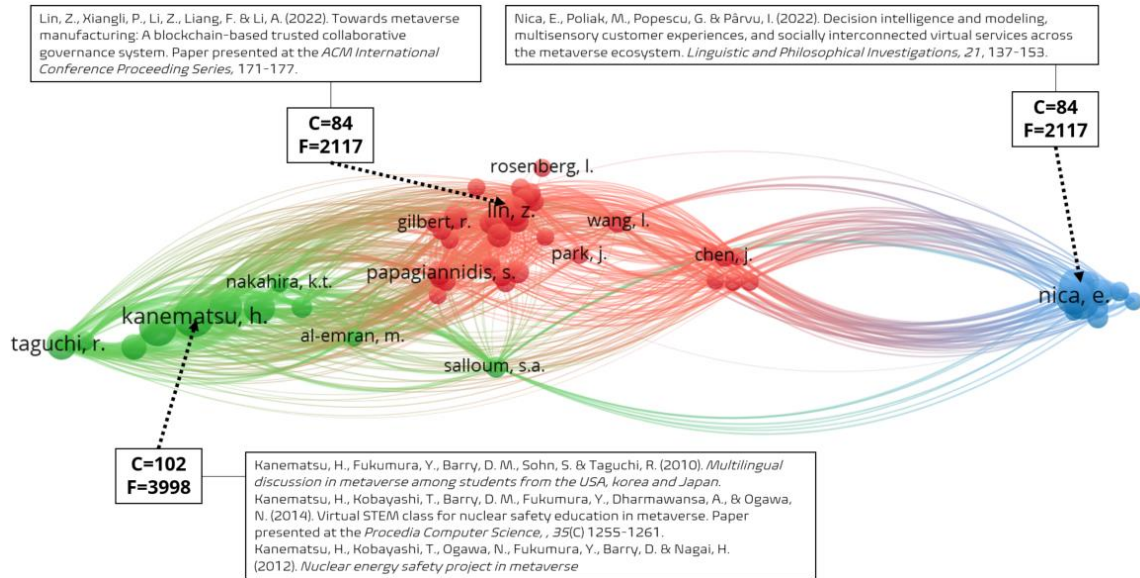
Documentos con mayor relevancia científica.

Título	E4.0	Año	Revista/Conferencia	Citas	Tipo
3D virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities	IFR	2013	ACM Computing Surveys	115	Article
A content service deployment plan for metaverse museum exhibitions—Centering on the combination of beacons and HMDs	ST	2017	International Journal of Information Management	51	Article
A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges	IFR	2022	IEEE Access	55	Conference Paper
Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype	IFR	2021	MM 2021 - Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia	45	Conference Paper
Retail spatial evolution: Paving the way from traditional to metaverse retailing	IND	2009	Electronic Commerce Research	43	Article
The Metaverse - A networked collection of inexpensive, self-configuring, immersive environments	IFR	2003	Proceedings of the Workshop on Virtual Environments, EGVE'03	27	Conference Paper
The challenges of entering the metaverse: An experiment on the effect of extended reality on workload	IND	2022	Information Systems Frontiers	20	Article
The Social Metaverse: Battle for Privacy	CT	2018	IEEE Technology and Society Magazine	16	Article
Towards aircraft maintenance metaverse using speech interactions with virtual objects in mixed reality	IND	2021	Sensors	16	Article
Evaluation for students' learning manner using eye blinking system in Metaverse	MTE	2015	Procedia Computer Science	15	Conference Paper

En cuanto a la relevancia por autor, en la Figura 8 se muestra un análisis de co-citación entre los principales investigadores. Los resultados muestran que al menos 3 autores han colaborado en el desarrollo de los fundamentos teóricos sobre el tema de estudio. Se puede observar que el trabajo *Decision Intelligence and Modeling, Multisensory Customer Experiences, and Socially Interconnected Virtual Services across the Metaverse Ecosystem* de Elvira Nica (Nica et al., 2022) ha servido como puente de colaboración en obras como *Multimedia research toward the metaverse* (Cheng. 2022) y *A survey on metaverse: Fundamentals, security, and privacy* (Wang et al., 2022).

Figura 9

Colaboración científica por autor



3.3 Q3 ¿Cómo pueden categorizarse los estudios en el marco de la educación 4.0?

Para responder la pregunta se elaboró una clasificación enfocada en los componentes de la educación 4.0 (ver Tabla 3). En cuanto a las competencias, se afirma que uno de los retos del metaverso es habilitar a los estudiantes para que cultiven estrategias de ciberseguridad que permitan la interacción saludable en los escenarios virtuales, por otra parte, se construyó el término *immersive netnography* para estudiar desde el enfoque cualitativo-fenomenológico las experiencias de realidad aumentada y virtual.

La industria 4.0 se relaciona con el metaverso desde el enfoque de la evolución de los espacios de ventas al detalle, que están empezando a trasladarse de los espacios de exposición en entornos físicos a mundos virtuales en los que se logra tener una visión realista de los productos y servicios ofrecidos diferentes tipos de distribuidores, asimismo se afirma que metaverso facilita cada vez más el trabajo la educación, salud, consumo y entretenimiento.

En cuanto a la infraestructura 4.0, los estudios más importantes tienen como foco de atención el diseño y desarrollo de los campus virtuales así como los retos, posibilidades y desafíos para incorporar las realidades extendidas en los espacios educativos, el componente anterior tiene estrecha relación con las metodologías de enseñanza-aprendizaje en donde se indaga acerca de los formatos de entrega y evaluación relacionados con estrategias STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), así como el uso de sistemas biométricos para medir la atención de los estudiantes.

Finalmente, en cuanto a los stakeholders, los estudios del metaverso consideran la implementación de contenido para distintos tipos de exhibición de servicios basados en la realidad virtual, mixta y aumentada, también para evaluar la calidad del servicio ofrecido por

los minoristas. Si bien, en las investigaciones del año 2022 se enfatiza el análisis de la experiencia del consumidor, también se explora la incorporación de la sociedad y el gobierno en experiencias del metaverso.

Tabla 3

Categorización de estudios del metaverso en los componentes de la educación 4.0

E4.0	Autores	Título	Publicación	Citas	Universidades
	Falchuk, Loeb & Neff (2018)	The Social Metaverse: Battle for Privacy	IEEE Technology and Society Magazine	16	Vencore LabsNJ, Open Ventures LLC.NJ, InterDigital Inc.
CT	Kozinets (2022)	Immersive netnography: a novel method for service experience research in virtual reality, augmented reality and metaverse contexts	Journal of Service Management	11	University of Southern California
	Zyda (2022)	Let's Rename Everything 'the Metaverse!'	Computer	8	University of Southern California
	Bourlakis & Papagiannidis (2009)	Retail spatial evolution: Paving the way from traditional to metaverse retailing	Electronic Commerce Research	43	Brunel University, Newcastle University.
IND	Xi, et al. (2022)	The challenges of entering the metaverse: An experiment on the effect of extended reality on workload	Information Systems Frontiers	20	Tampere University, University of Vaasa, Anhui University of Finance and Economics, Technical University of Berlin
	Siyaeve & Jo (2021)	Towards aircraft maintenance metaverse using speech interactions with virtual objects in mixed reality	Sensors	16	Inha University
	Dionisio, Burns & Gilbert (2013)	3D virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities	ACM Computing Surveys	108	Loyola Marymount University.
IFR	Park & Kim (2022)	A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges	IEEE Access	48	Korea University, Sejong University.
	Duan, Li, Fan, Lin, Wu & Cai (2021)	Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype	MM 2021 - Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia	45	The Chinese University of Hong Kong.
	Barry et al. (2015)	Evaluation for students' learning manner using eye blinking system in Metaverse	Procedia Computer Science	15	Clarkson University, Gifu College, Nagoka University of Technology, National Institute of Technology, Nagoka University of Technology, Sendai College, Tsuyama College, Japan
MTE	Kanematsu et al. (2014)	Virtual STEM class for nuclear safety education in metaverse	Procedia Computer Science	15	Suzuka National College of Technology, Nagaoka University of Technology, Gifu National College of Technology.
	Kanematsu et al. (2012)	Nuclear Energy Safety Project in Metaverse	Smart Innovation, Systems and Technologies	15	Suzuka National College of Technology, Tsuyama National College of Technology, Gifu National College of Technology, Nagaoka University of Technology, Clarkson University.
ST	Choi & Kim (2017)	A content service deployment plan for	International Journal of Information Management	51	Sangmyung University.

Gadalla, Keeling & Abosag (2013)	metaverse museum exhibitions—Centering on the combination of beacons and HMDs Metaverse-retail service quality: A future framework for retail service quality in the 3D internet	Journal of Marketing Management	14	University of Manchester
Han, Bergs & Moorhouse (2022)	Virtual reality consumer experience escapes: preparing for the metaverse	Virtual Reality	14	Breda University of Applied Sciences, Zuyd University of Applied Sciences, Manchester Metropolitan University.

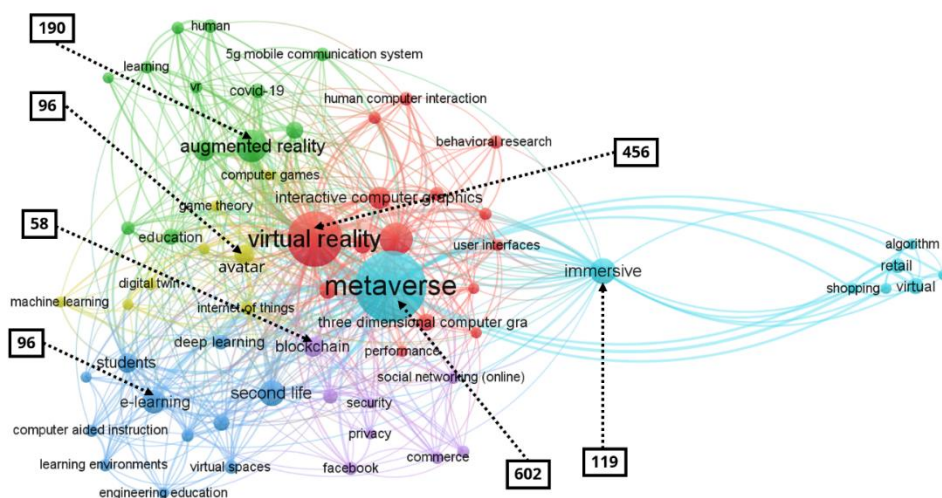
3.4 Q4 ¿Cuáles son las palabras clave en el vínculo Metaverso y Educación 4.0?

El análisis realizado identificó las palabras clave las cuales que se muestran en la Figura 8. Se destacan tres términos con correlación: metaverso (frecuencia=602), realidad virtual (frecuencia=456), realidad aumentada (frecuencia=190) e inmersión (frecuencia=119). Existe una dispersión destacable entre la relación de los espacios inmersivos y la aplicación del metaverso con el diseño de algoritmos, las compras y las ventas al detalle con el uso de entornos virtuales.

Respecto a la realidad virtual, esta encuentra en la investigación del comportamiento y la relación humano-computadora sus líneas de generación de conocimiento más frecuentes. La realidad aumentada se vincula con la evolución de los sistemas de comunicación 5G, así como con el aprendizaje en el entorno de la pandemia por covid19. Se puede encontrar una correlación emergente respecto al blockchain con temas de privacidad y seguridad en internet, lo que invita a generar líneas de investigación en ese campo.

Figura 10

Colaboración científica por país

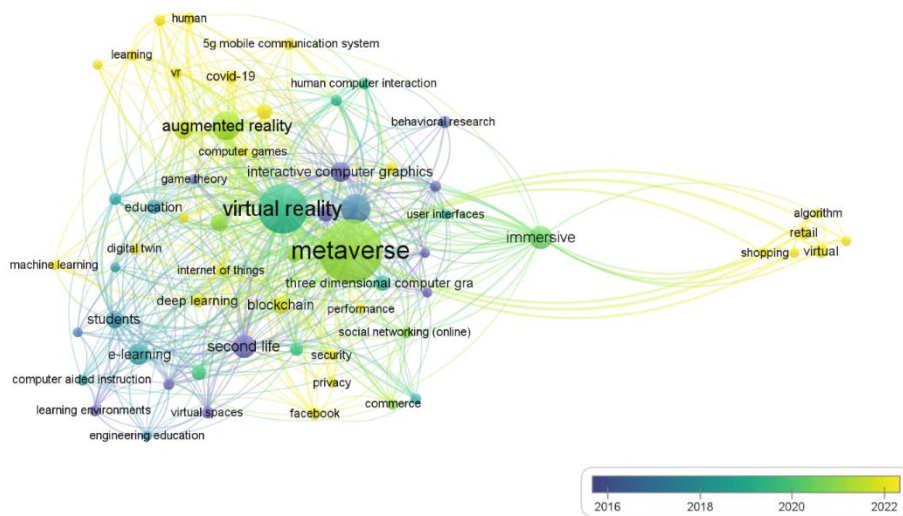


Finalmente, en la Figura 11 se muestra la frecuencia de las palabras clave en el tiempo, se observa que el metaverso evolucionó desde las primeras prácticas llevadas a cabo en el entorno de *Second Life*, el diseño de los primeros espacios virtuales accesibles, así como la creación de ambientes de aprendizaje digitales. A partir del año 2020 el estudio del

metaverso empieza a correlacionarse con las tecnologías de la educación 4.0 como la realidad virtual, aumentada, los ambientes inmersivos, y el *elearning*. También se puede observar que las investigaciones que se han generado en el 2022 exploran temas relacionados con el covid19, las tecnologías 5g, el aprendizaje profundo, el blockchain, el *machine learning*, la seguridad y privacidad en medios como *Facebook*, así como la relación con partes interesadas dedicadas a la elaboración de algoritmos para direccionar ofertas de compra y las ventas al detalle en ecosistemas inmersivos.

Figura 11

Frecuencia temporal de palabras clave



3.5 Q5 ¿Cuáles son las nociones del Metaverso desde el enfoque de la educación 4.0?

El metaverso y su implicación con la educación 4.0 se enfoca en formular propuestas que abordan esquemas complejos de interacción, colaboración, gestión y pensamiento crítico basado en el desarrollo de metodologías activas e híbridas, competencias e infraestructuras para dar soporte al aprendizaje. La imbricación MV-E4.0 encuentra su espacio de acción en entornos mediados por ambientes extendidos como la realidad virtual, aumentada y mixta en donde las personas interactúan de forma simulada pero realista, tanto entre ellas como como con los objetos y espacios tridimensionales.

La noción que surge de la imbricación MV-E4.0 provoca más que definiciones que expliquen la forma en la que el metaverso está incorporándose en cada uno de los componentes de la educación 4.0, por el contrario, preguntas que pueden orientar líneas de investigación tan complejas como la propia evolución de las transformaciones digitales que provocan el surgimiento de nuevas revoluciones industriales.

Para finalizar con los resultados de este estudio, en la Tabla 4 se redactan a manera de preguntas inacabadas y perfectibles algunas nociones que pretender servir para orientar estudios futuros e independientes relacionados con las competencias, industrias e

infraestructura 4.0, así como las metodologías de enseñanza aprendizaje y las aportaciones de los grupos interesados en fortalecer las implicaciones del metaverso en la sociedad.

Tabla 4

Nociones de la imbricación MV-E4.0

Enfoque 4.0	Nociones
CT	¿Cuáles son las competencias 4.0 de alfabetización digital, académicas y de aprendizaje que habilitan a las personas para participar de forma segura y exitosa en el metaverso?
IND	¿Cómo desde la industria 4.0 se pueden construir formas novedosas de telepresencia para agilizar el trabajo, la educación, salud, consumo y entretenimiento reduciendo los costos de operación de la realidad virtual y aumentada?
IFR	¿Qué tecnologías 4.0 deben desarrollarse para transitar de un conjunto de mundos virtuales independientes a una red integrada de mundos virtuales o metaversos que generen realismo inmersivo, ubicuidad de acceso e identidad, interoperabilidad y escalabilidad?
MTE	¿Cuáles son los fines educativos que debe perseguir el metaverso para poder desarrollar metodologías de enseñanza y aprendizaje que provoquen un entendimiento por parte de los profesores y estudiantes que permitan construir pedagogías activas?
ST	¿Cómo por medio de la gobernanza, la academia, la industria y la sociedad se pueden diseñar, desarrollar, implementar y evaluar experiencias inmersivas que provean servicios multidireccionales de entrega de información y contenidos en mundos virtuales?

4. Discusión

Los escenarios analizados para comprender el interés del estudio de metaversos son cada vez más frecuentes y han encontrado un despunte significativo en los últimos 2 años. En la Figura 6 se ha demostrado un claro interés sobre el tema a partir del año 2022, que coincide con las transformaciones de empresas líderes en el desarrollo de la tecnología social como Facebook. A diferencia de estudios incipientes del uso de las tecnologías en general (Cabero & Martínez, 2019), el metaverso se forma de tecnologías disruptivas que al madurar permiten crear escenarios adecuados para la conformación de las demandas de la educación 4.0.

Esta investigación permite reconocer que si bien no existe un área geográfica en la que predomine la producción científica al respecto del metaverso, en la Figura 7 se que existe una colaboración estrecha entre países geográficamente dispersos como Estados

Unidos de Norteamérica y Corea del Sur, lo que denota un tema de interés que trasciende fronteras y que no se concentra específicamente en alguna región geográfica.

Por otra parte, los estudios acerca del metaverso se hace alusión al tema de la transición de los escenarios presenciales a los virtuales por motivo de la expansión del COVID19 y la importancia de la formulación de estrategias adecuadas para para afrontar los retos que la pandemia estableció (Darling & Hyler, 2020), como respuesta, se generaron herramientas y experiencias a nivel mundial que facilitaron el proceso de aprendizaje a distancia, marcando la aceleración del uso de herramientas digitales de la Educación 4.0 que dieron forma a un escenario más complejo como lo es el metaverso.

Durante el desarrollo del artículo se estableció un panorama que aclara la imbricación Metaverso-Educación 4.0 en su camino actual, encontrando que las diferentes herramientas disruptivas propias de la Educación 4.0 permiten la iteración y condiciones necesarias para que el Metaverso sea posible tales como el desarrollo de tecnologías indispensables como la realidad aumentada y el concepto de inmersión. En este sentido, se logró identificar que un entorno virtual inmersivo es una definición adecuada para el entendimiento del Metaverso, sin embargo también emergieron términos como diseño algorítmico.

5. Conclusiones

La digitalización ha creado espacios para la interacción de las personas; estos nuevos escenarios, hasta hace poco inimaginables han permitido la construcción de diversos tipos de relaciones, formas de interacción e instancias de construcción de imaginarios y representaciones sociales. Esta nueva realidad paralela (que se puede convertir en una oportunidad para la enseñanza educativa), hace necesaria una mirada desde la complejidad, donde se derriben los límites educativos tradicionales, para aprender la realidad que brinde soluciones alternativas a los entornos cambiantes. En este sentido, el Metaverso trae consigo la posibilidad de acercar la tecnología a los ambientes de aprendizaje con el fin de reducir la brecha digital entre escuela y sociedad. El objetivo de este artículo se centró en el análisis de la literatura del Metaverso, como escenario alternativo de interacción digital.

El estudio partió de la interrogante acerca de como clasificar las investigaciones del Metaverso en el marco de la educación 4.0 y las nociones que pudieran generar nuevo conocimiento. Como todo nuevo fenómeno social se hace necesario documentar el hecho que ubique las posibles potencialidades, los efectos y el impacto en los diversos entornos de aplicación, con el fin de proyectar alternativas que busquen mejores beneficios.

Los resultados evidenciaron un amplio crecimiento de las publicaciones desde el año 2022, demostrando que el aspecto digital forma parte de la vida cotidiana en diversos aspectos, tanto políticos, social, cultural y económico; específicamente, en el área de la economía, se observa un incremento importante en el área del marketing, ya que el Metaverso se ha transformado en un vehículo importante en las nuevas formas de ofrecer productos y su consecuente consumo, destacando un predominio del uso del Metaverso en la industria del diseño de algoritmos y las ventas al detalle.

La impronta de los nuevos espacios han incrementado la comunicación entre diversas comunidades, resaltando una fuerte colaboración para desarrollar infraestructura 4.0 entre

investigadores de Estados Unidos de Norteamérica, Corea del Sur, China, Reino Unido y Japón; y en el marco de la complejidad, el Metaverso se ha transformado en un espacio más de interacción entre las personas, llevando a instancias que superan procesos comunicativos transformando espacios digitales “artificiales” en escenarios “casi reales” a partir de las características de la interacción, con realidades inmersivas, aumentadas y el diseño de avatares, así como su aplicación como estrategia de elearning.

Las implicaciones para la práctica educativa se vinculan con el interés en la academia, no solo por su incidencia en el conocimiento de las tecnologías emergentes, sino también por su trascendencia en la evolución de los ecosistemas digitales. En especial, los entornos de educación 4.0 promueven el desarrollo de competencias, a partir de nuevas estrategias e infraestructuras, que lleven a la configuración de espacios formativos digitales, tanto en la escuela, como en entornos laborales y en la interacción de las familias. Las implicaciones para la investigación de la innovación educativa, tiene ante sí el fenómeno de una entidad que puede ser analizada desde diversas perspectivas, tanto mega, como macro y micro, según el foco de estudio.

Las limitaciones de esta investigación pudieran considerarse a partir de la sujeción del análisis de la literatura basado en dos sistemas de indización (Scopus y Web of Science), que si bien son los que se consideran de mayor amplitud bibliométrica, se han dejado de lado otros entornos donde, sin duda, se ubica también literatura valiosa. Futuros estudios pudieran ampliar la cadena de búsqueda en esos otros sistemas y abordar el análisis desde cuestionamientos diversos que permitan ampliar el conocimiento del Metaverso y sus potencialidades. Queda con este escrito una invitación para seguir analizando las posibilidades que mejoren la diversidad para el aprendizaje y los entornos educativos, que permitan enriquecer las opciones que abran nuevas vías de construcciones digitales más democráticas.

6. Financiación

Esta publicación es producto del proyecto “OpenResearchLab: innovación con inteligencia artificial y robótica para escalar niveles de dominio de razonamiento para la complejidad” (ID Novus N21-207), financiado por el Instituto para el Futuro de la Educación (IFE), Tecnológico de Monterrey. Se recibió el apoyo financiero del Tecnológico de Monterrey a través del “Challenge-Based Research Funding Program 2022”. ID # I003 - IFE001 - C2-T3 –T, ID # I004 - IFE001 - C2-T3 – T