

PIXEL BIT

Nº 66 ENERO 2023
CUATRIMESTRAL

e-ISSN:2171-7966
ISSN:1133-8482

Revista de Medios y Educación





FECS 166/2022
Acta de acreditación: 4 de Septiembre 2016
Válida hasta: 22 de julio de 2023



PIXEL-BIT

REVISTA DE MEDIOS Y EDUCACIÓN

Nº 66 - ENERO - 2023

<https://revistapixelbit.com>



EDITORIAL
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

EQUIPO EDITORIAL (EDITORIAL BOARD)

EDITOR JEFE (EDITOR IN CHIEF)

Dr. Julio Cabero Almenara, Departamento de Didáctica y Organización Educativa, Facultad de CC de la Educación, Director del Grupo de Investigación Didáctica. Universidad de Sevilla (España)

EDITOR ADJUNTO (ASSISTANT EDITOR)

Dr. Juan Jesús Gutiérrez Castillo, Departamento de Didáctica y Organización Educativa. Facultad de CC de la Educación, Universidad de Sevilla (España)

Dr. Óscar M. Gallego Pérez, Grupo de Investigación Didáctica, Universidad de Sevilla (España)

EDITORES ASOCIADOS

Dra. Urtza Garay Ruiz, Universidad del País Vasco. (España)

Dra. Ivanovna Milqueya Cruz Pichardo, Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra. (República Dominicana)

CONSEJO METODOLÓGICO

Dr. José González Such, Universidad de Valencia (España)

Dr. Antonio Matas Terrón, Universidad de Málaga (España)

Dra. Cynthia Martínez-Garrido, Universidad Autónoma de Madrid (España)

Dr. Clemente Rodríguez Sabote, Universidad de Granada (España)

Dr. Luis Carro Sancristóbal, Universidad de Valladolid (España)

Dra. Nina Hidalgo Farran, Universidad Autónoma de Madrid (España)

Dr. Francisco David Guillén Gámez, Universidad de Córdoba (España)

CONSEJO DE REDACCIÓN

Dra. María Puig Gutiérrez, Universidad de Sevilla. (España)

Dra. Sandra Martínez Pérez, Universidad de Barcelona (España)

Dr. Selín Carrasco, Universidad de La Punta (Argentina)

Dr. Jackson Collares, Universidades Federal do Amazonas (Brasil)

Dra. Kitty Gaona, Universidad Autónoma de Asunción (Paraguay)

Dr. Vito José de Jesús Carioca. Instituto Politécnico de Beja Ciências da Educação (Portugal)

Dra. Elvira Esther Navas, Universidad Metropolitana de Venezuela (Venezuela)

Dr. Angel Puentes Puente, Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra. Santo Domingo (República Dominicana)

Dr. Fabrizio Manuel Sirignano, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa (Italia)

Dra. Sonia Aguilar Gavira. Universidad de Cádiz (España)

Dra. Eloisa Reche Urbano. Universidad de Córdoba (España)

CONSEJO TÉCNICO

Dra. Raquel Barragán Sánchez, Grupo de Investigación Didáctica, Universidad de Sevilla (España)

D. Antonio Palacios Rodríguez, Grupo de Investigación Didáctica, Universidad de Sevilla (España)

D. Manuel Serrano Hidalgo, Grupo de Investigación Didáctica, Universidad de Sevilla (España)

Diseño de portada: Dña. Lucía Terrones García, Universidad de Sevilla (España)

Revisor/corrector de textos en inglés: Dra. Rubicelia Valencia Ortiz, MacMillan Education (México)

Revisores metodológicos: evaluadores asignados a cada artículo

CONSEJO CIENTÍFICO

Jordi Adell Segura, Universidad Jaume I Castellón (España)

Ignacio Aguaded Gómez, Universidad de Huelva (España)

María Victoria Aguiar Perera, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (España)

Olga María Alegre de la Rosa, Universidad de la Laguna Tenerife (España)

Manuel Área Moreira, Universidad de la Laguna Tenerife (España)

Patricia Ávila Muñoz, Instituto Latinoamericano de Comunicación Educativa (México)

Antonio Bartolomé Pina, Universidad de Barcelona (España)

Angel Manuel Bautista Valencia, Universidad Central de Panamá (Panamá)
Jos Beishuizen, Vrije Universiteit Amsterdam (Holanda)
Florentino Blázquez Entonado, Universidad de Extremadura (España)
Silvana Calaprince, Università degli studi di Bari (Italia)
Selín Carrasco, Universidad de La Punta (Argentina)
Raimundo Carrasco Soto, Universidad de Durango (México)
Rafael Castañeda Barrena, Universidad de Sevilla (España)
Zulma Cataldi, Universidad de Buenos Aires (Argentina)
Manuel Cebrián de la Serna, Universidad de Málaga (España)
Luciano Cecconi, Università degli Studi di Modena (Italia)
Jean-François Cerisier, Université de Poitiers, Francia
Jordi Lluís Coiduras Rodríguez, Universidad de Lleida (España)
Jackson Collares, Universidades Federal do Amazonas (Brasil)
Enricomaria Corbi, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa (Italia)
Marialaura Cunzio, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa (Italia)
Brigitte Denis, Université de Liège (Bélgica)
Floriana Falcinelli, Università degli Studi di Perugia (Italia)
Maria Cecilia Fonseca Sardi, Universidad Metropolitana de Venezuela (Venezuela)
Maribel Santos Miranda Pinto, Universidade do Minho (Portugal)
Kitty Gaona, Universidad Autónoma de Asunción (Paraguay)
María-Jesús Gallego-Arrufat, Universidad de Granada (España)
Lorenzo García Aretio, UNED (España)
Ana García-Valcarcel Muñoz-Repiso, Universidad de Salamanca (España)
Antonio Bautista García-Vera, Universidad Complutense de Madrid (España)
José Manuel Gómez y Méndez, Universidad de Sevilla (España)
Mercedes González Sanmamed, Universidad de La Coruña (España)
Manuel González-Sicilia Llamas, Universidad Católica San Antonio-Murcia (España)
Francisco David Guillén Gámez (España)
António José Meneses Osório, Universidade do Minho (Portugal)
Carol Halal Orfali, Universidad Tecnológica de Chile INACAP (Chile)
Mauricio Hernández Ramírez, Universidad Autónoma de Tamaulipas (México)
Ana Landeta Etxeberria, Universidad a Distancia de Madrid (UDIMA)
Linda Lavelle, Plymouth Institute of Education (Inglaterra)
Fernando Leal Ríos, Universidad Autónoma de Tamaulipas (México)
Paul Lefrere, Cca (UK)
Carlos Marcelo García, Universidad de Sevilla (España)
Francois Marchessou, Universidad de Poitiers, París (Francia)
Francesca Marone, Università degli Studi di Napoli Federico II (Italia)
Francisco Martínez Sánchez, Universidad de Murcia (España)
Ivory de Lourdes Mogollón de Lugo, Universidad Central de Venezuela (Venezuela)
Angela Muschitiello, Università degli studi di Bari (Italia)
Margherita Musello, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa (Italia)
Elvira Esther Navas, Universidad Metropolitana de Venezuela (Venezuela)
Trinidad Núñez Domínguez, Universidad de Sevilla (España)
James O'Higgins, de la Universidad de Dublín (UK)
José Antonio Ortega Carrillo, Universidad de Granada (España)
Gabriela Padilla, Universidad Autónoma de Tamaulipas (México)
Ramón Pérez Pérez, Universidad de Oviedo (España)
Angel Puentes Puente, Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra. Santo Domingo (República Dominicana)
Julio Manuel Barroso Osuna, Universidad de Sevilla (España)
Rosalía Romero Tena, Universidad de Sevilla (España)
Hommy Rosario, Universidad de Carabobo (Venezuela)
Pier Giuseppe Rossi, Università di Macerata (Italia)
Jesús Salinas Ibáñez, Universidad Islas Baleares (España)
Yamile Sandoval Romero, Universidad de Santiago de Cali (Colombia)
Albert Sangrà Morer, Universidad Oberta de Catalunya (España)
Ángel Sanmartín Alonso, Universidad de Valencia (España)
Horacio Santángelo, Universidad Tecnológica Nacional (Argentina)
Francisco Solá Cabrera, Universidad de Sevilla (España)
Jan Frick, Stavanger University (Noruega)
Karl Steffens, Universidad de Colonia (Alemania)
Seppo Tella, Helsinki University (Finlandia)
Hanne Wacher Kjaergaard, Aarhus University (Dinamarca)



FACTOR DE IMPACTO (IMPACT FACTOR)

SCOPUS Q1 Education: Posición 236 de 1406 (83% Percentil). CiteScore Tracker 2022: 4.6 - Journal Citation Indicator (JCI). Emerging Sources Citation Index (ESCI). Categoría: Education & Educational Research. Posición 257 de 739. Cuartil Q2 (Percentil: 65.29) - FECYT: Ciencias de la Educación. Cuartil 1. Posición 16. Puntuación: 35,68- DIALNET MÉTRICAS (Factor impacto 2021: 1.72. Q1 Educación. Posición 12 de 228) - REDIB Calificación Global: 29,102 (71/1.119) Percentil del Factor de Impacto Normalizado: 95,455- ERIH PLUS - Clasificación CIRC: B- Categoría ANEP: B - CARHUS (+2018): B - MIAR (ICDS 2020): 9,9 - Google Scholar (global): h5: 42; Mediana: 42 - Journal Scholar Metric Q2 Educación. Actualización 2016 Posición: 405ª de 1,115- Criterios ANECA: 20 de 21 - INDEX COPERNICUS Puntuación ICV 2019: 95.10

Píxel-Bit, Revista de Medios y Educación está indexada entre otras bases en: SCOPUS, Fecyt, DOAJ, Iresie, ISOC (CSIC/CINDOC), DICE, MIAR, IN-RECS, RESH, Ulrich's Periodicals, Catálogo Latindex, Biné-EDUSOL, Dialnet, Redinet, OEI, DOCE, Scribd, Redalyc, Red Iberoamericana de Revistas de Comunicación y Cultura, Gage Cengage Learning, Centro de Documentación del Observatorio de la Infancia en Andalucía. Además de estar presente en portales especializados, Buscadores Científicos y Catálogos de Bibliotecas de reconocido prestigio, y pendiente de evaluación en otras bases de datos.

EDITA (PUBLISHED BY)

Grupo de Investigación Didáctica (HUM-390). Universidad de Sevilla (España). Facultad de Ciencias de la Educación. Departamento de Didáctica y Organización Educativa. C/ Pirotecnia s/n, 41013 Sevilla. Dirección de correo electrónico: revistapixelbit@us.es. URL: <https://revistapixelbit.com/>
ISSN: 1133-8482; e-ISSN: 2171-7966; Depósito Legal: SE-1725-02
Formato de la revista: 16,5 x 23,0 cm

Los recursos incluidos en Píxel Bit están sujetos a una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 Unported (Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual)(CC BY-NC-SA 4.0), en consecuencia, las acciones, productos y utilidades derivadas de su utilización no podrán generar ningún tipo de lucro y la obra generada sólo podrá distribuirse bajo esta misma licencia. En las obras derivadas deberá, asimismo, hacerse referencia expresa a la fuente y al autor del recurso utilizado.

©2023 Píxel-Bit. No está permitida la reproducción total o parcial por ningún medio de la versión impresa de Píxel-Bit.

1.- Análisis de redes sociales para la inclusión entre iguales en discusiones en línea con estudiantes de universidad // Social network analysis for peer inclusion in undergraduate online discussions Fran J. García-García, Inmaculada López-Francés, Cristian Molla-Esparza	7
2.- Revisión de la literatura sobre anotaciones de vídeo en la formación docente // Literature review on video annotations in teacher education Violeta Cebrián Robles, Ana-Belén Pérez-Torregrosa, Manuel Cebrián de la Serna	31
3.- Diseño, validación y usabilidad de un aplicativo móvil para la enseñanza de electrocardiografía // Design, validation and usability of a mobile application for teaching electrocardiography Judy Ximena Ramos Garzón	59
4.- Evaluación de una APP de realidad aumentada en niños/as con dislexia: estudio piloto // Evaluation of an augmented reality APP for children with dyslexia: a pilot study Vanesa Ausín Villaverde, Sonia Rodríguez Cano, Vanesa Delgado Benito, Radu Bogdan Toma	87
5.- Variables asociadas al uso de pantallas al término de la primera infancia // Variables associated with the use of screens at the end of early childhood Carla Ortiz-de-Villate, Javier Gil-Flores, Javier Rodríguez-Santero	113
6.- ¿Crea contenidos digitales el profesorado universitario? Un diseño mixto de investigación // Do university teacher create digital content? Mixed research design María de Lourdes Ferrando-Rodríguez, Vicente Gabarda Méndez, Diana Marín- Suelves, Jesús Ramón-Llín Más	137
7.- Instantáneas culturales y Flipped Classroom: percepciones de futuros docentes // Cultural snapshots and Flipped Classroom: prospective teachers' perceptions Ernesto Colomo-Magaña, Andrea Cívico-Ariza, Enrique Sánchez-Rivas, Teresa Linde-Valenzuela	173
8.- 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 Carlos Enrique George-Reyes, María Soledad Ramírez-Montoya, Edgar Omar López-Caudana	199
9.- Redes sociales y smartphones como recursos para la enseñanza: percepción del profesorado en España // Social media and smartphones as teaching resources: Spanish teacher's perceptions Francisco-Javier Lena-Acebo, Ana Pérez-Escoda, Rosa García-Ruiz, Manuel Fandos-Igado	239
10.- El robot M Bot para el aprendizaje de coordenadas cartesianas en Educación Secundaria // The M Bot robot for learning Cartesian coordinates in Secondary Education José-Manuel Sáez-López, Rogelio Buceta-Otero	271

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).

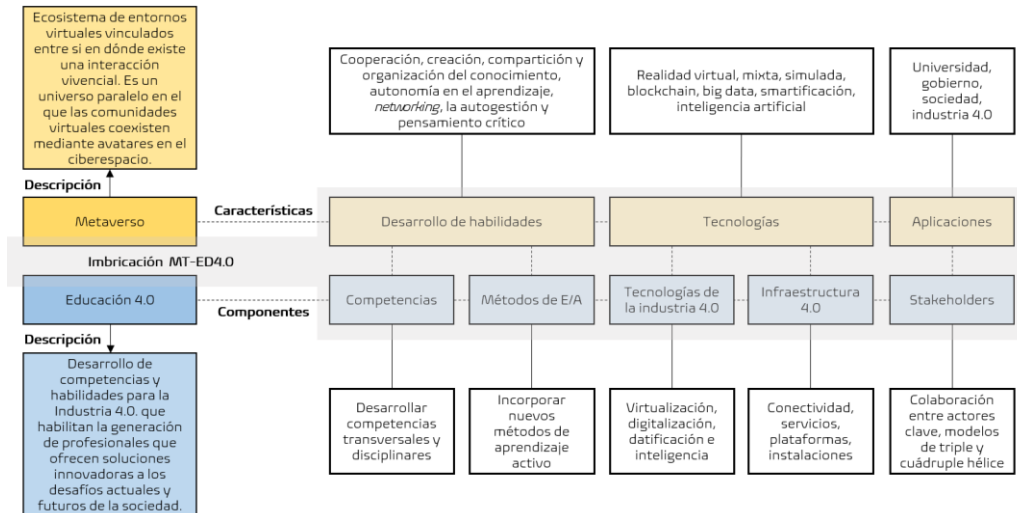
En el entorno de la realidad virtual basada en web (WebVR) se puede señalar como ejemplo el Virtual Campus del Tecnológico de Monterrey, que es un entorno especialmente diseñado para que los estudiantes asistan a clases con sus avatares personalizados (TecReview, 2021), en este espacio se han realizado 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.

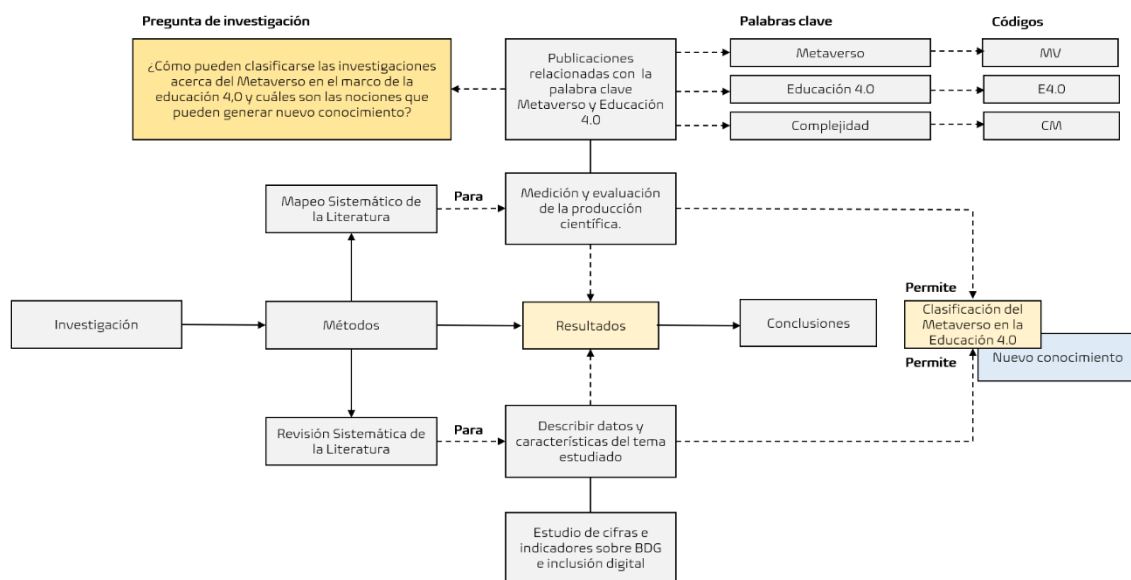
3. Metodología

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

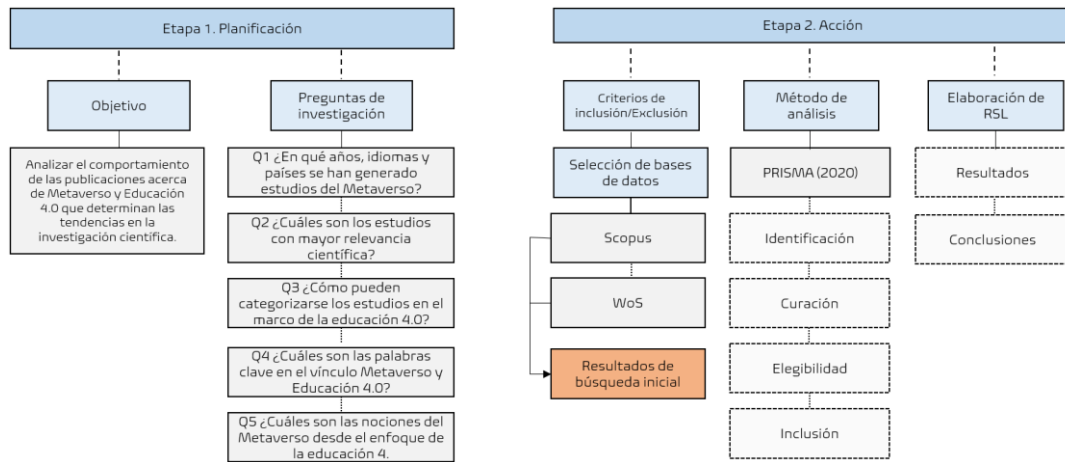
El objetivo de la RSL fue analizar el comportamiento de las publicaciones acerca del tema del Metaverso en el marco de referencia de la educación 4.0 con el fin de identificar sus contribuciones para generar nuevos conocimientos.

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.

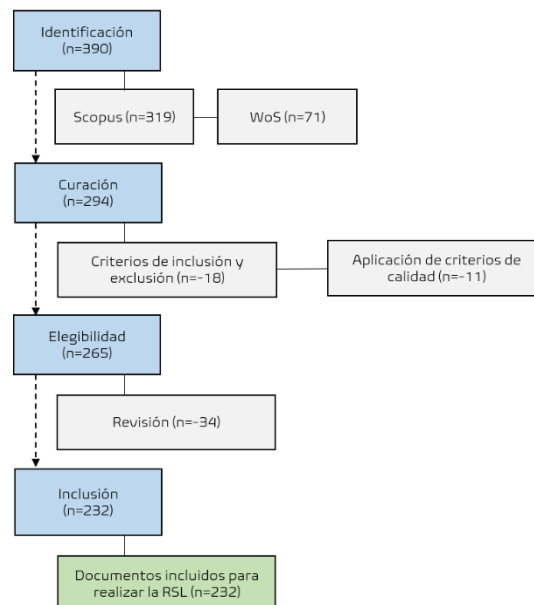
3.4 Método de análisis

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

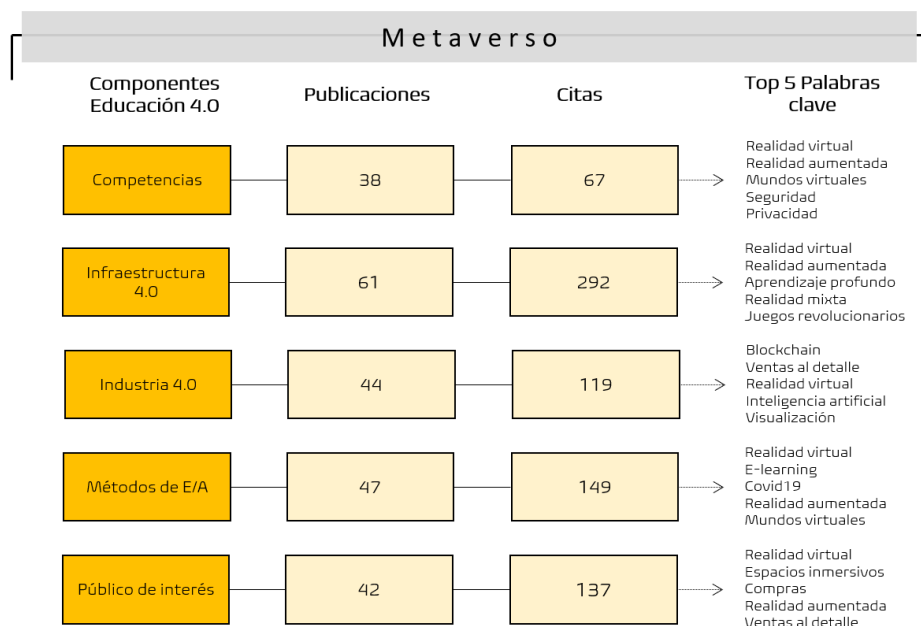


3. Análisis y resultados

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



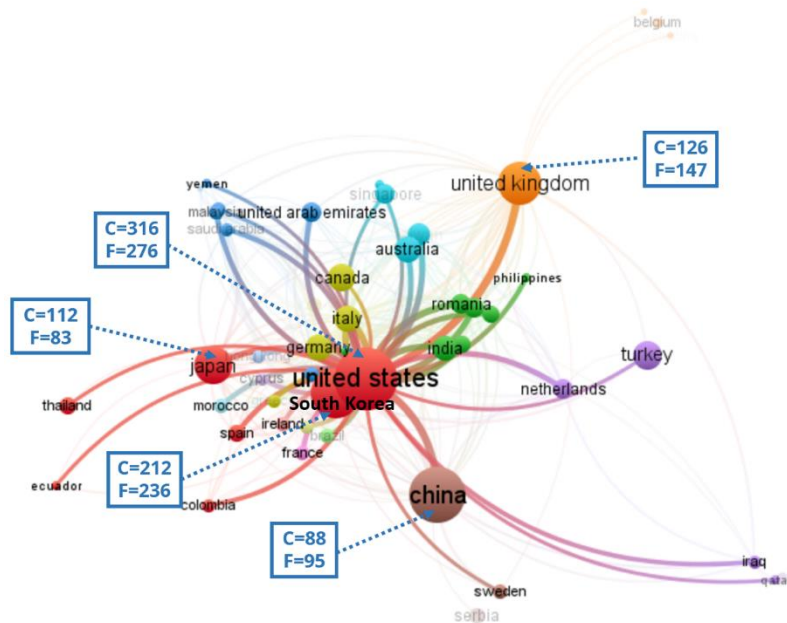
3.1. Q1 ¿En qué años, idiomas y países se han generado estudios del Metaverso?

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

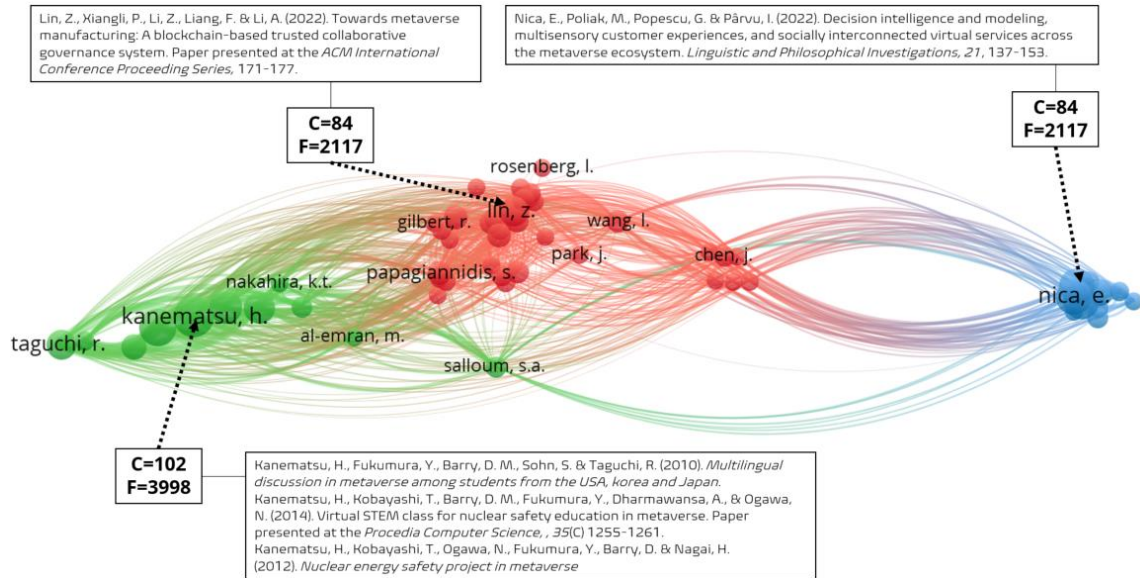
Documentos con mayor relevancia científica.

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.

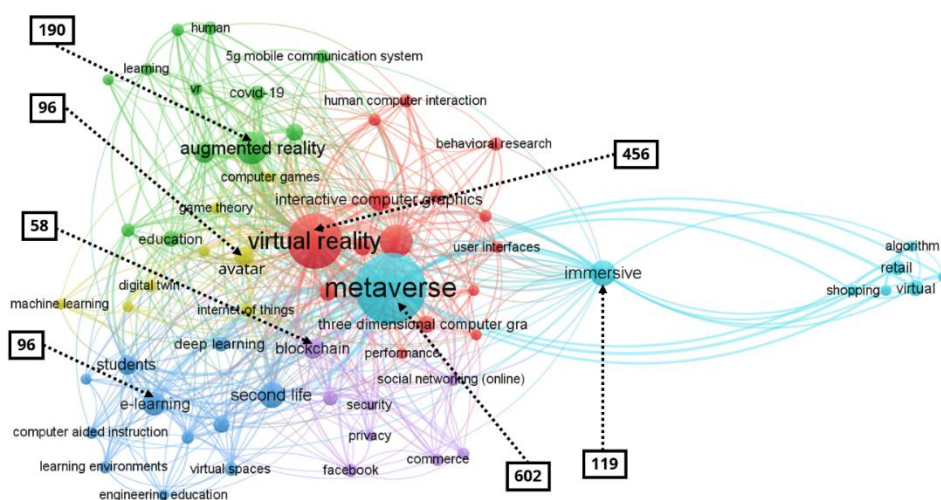
3.4 Q4 ¿Cuáles son las palabras clave en el vínculo Metaverso y Educación 4.0?

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

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

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

1. Introduction

The use of digital technologies to improve the quality of education and bring professional teaching closer to more students has been a topic of study in recent decades (Cabero & Martínez, 2019; Cabero, 2020; UNESCO, 2019). However, the appearance of Covid19 in the American continent forced the migration of teaching to virtual settings using videoconference tools, learning platforms, and digital content (García et al., 2020; Sepulveda & Morrison, 2020). This move required strengthening the use of these technologies and generating teaching strategies that break the paradigm that education must take place permanently in physical classrooms (Means & Neisler, 2021).

The learning processes must respond to the challenges of emerging educational scenarios, which can change and not necessarily be conducive to face-to-face formats. Taking advantage of the opportunities offered by technological trends in our day-to-day classes is imperative. This can achieve a transformation that makes using technology in education essential for disruptive learning. In particular, educational environments bring new requirements for digital education, specifically those regarding inclusion, diversity, and the use of state-of-the-art technologies to integrate into complex environments seamlessly (Ramírez-Montoya et al., 2022a). During the change from presential to non-face-to-face teaching, millions of students used digital skills to participate in learning processes (Darling & Hyler, 2020). They will likely continue to do so continuously due to the evolution and integration of disruptive technologies, skills, and infrastructures that support teaching in digital ecosystems. In this sense, using virtual tools to deal with emergent teaching situations has been considered a successful alternative to expanding learning scenarios in the short and medium term (Arrove, 2020; Maier et al., 2020).

Virtual worlds offer immersive experiences that streamline and make access to knowledge more flexible, thereby causing more participatory and sustainable interactions (Díaz, 2020; Lee & Hwang, 2022). In particular, the Metaverse, understood as a virtual world based on the maturity of various digital technologies such as virtual reality (VR), augmented reality (AR), Big Data, and blockchain, represents the next step in the future of education (Gu & Gao, 2022), especially in those formative processes in which teaching strategies based on collaboration in alternate worlds are present through the design of avatars that interact with other people and with the environment. Thus, the Metaverse is becoming an alternative teaching-learning space for the new generations (Lee et al., 2022).

2. The imbrication of the Metaverse in Education 4.0

The Metaverse is a topic of debate in education, in part due to the excitement generated by Facebook's announcement regarding its transition to Meta, a unified ecosystem of virtual environments that allows users to not only socialize, collaborate, and have fun but also be part of learning by developing extended realities and financing high-quality immersive experiences (Meta, 2022).

However, Stephenson outlined the concept decades before in his novel *Snow Crash* (1992), where characters coexist in the real world and cyberspace through avatars that interact and develop alternative histories. Thus, the Metaverse represents the evolution of an internet of hyperlinks to another based on virtual reality environments. The term *metaverse* received a substantial boost in 2003 when the Second Life (SL) platform came onto the market, which can be considered the first virtual world where a person uses an avatar to enter a parallel universe and experience simulated situations in an alternate world.

At that time, SL became an immersive space where teachers could simulate workplaces such as laboratories and classrooms without walls (Brenen & de la Cerna, 2010; Beaumont et al., 2014) and develop demonstrations, problem-based learning, role-playing, practical exercises, and curricular learning activities (Anacona et al., 2019). The rise of the Metaverse as an option to participate in alternate realities became another convergence between virtually-enhanced physical reality and physically persistent virtual space. That is, digital mirrors of the natural world coexist alongside digital worlds in which interactions, communication, and exchange of information are generated in the internet environment (Collins, 2008). The Metaverse is also described as a set of internet iterations in persistent and shared three-dimensional spaces (Hackl, 2021).

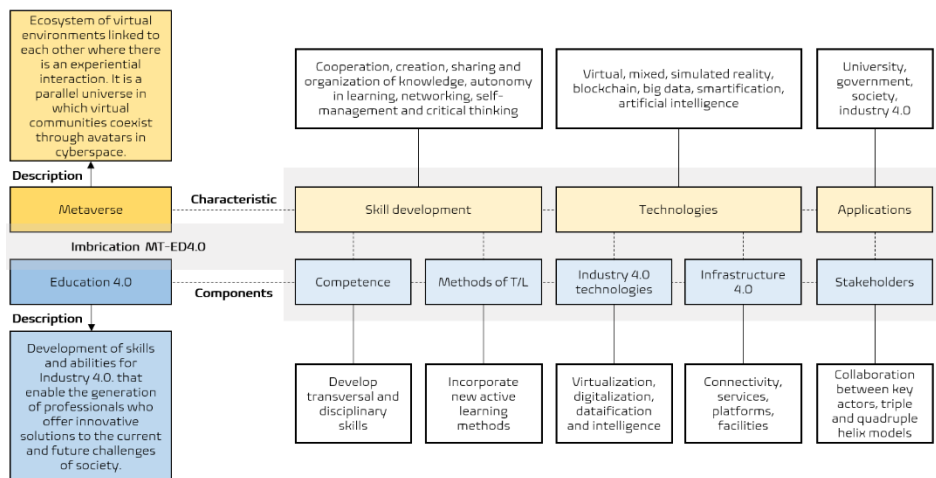
In Education 4.0, the concept of the Metaverse is much broader than using virtual reality glasses and interacting with avatars because it is linked to the needs of Industry 4.0, requiring cooperation, creation, dissemination, knowledge management, and strengthening of complex thinking (García-González & Ramírez-Montoya, 2019; Kipper et al., 2021; Miranda et al., 2021). It is related to learning experiences that use a wide variety of digital tools such as HoloLens, where anatomical models of diseases can be explored with augmented and virtual realities (Stromberga et al., 2021), virtual and augmented reality platforms to build molecular models (Cortés et al., 2022), and gamification experiences in simulated spaces that motivate learning (Park & Kim, 2022).

In the web-based virtual reality (WebVR) environment, the Virtual Campus of Tecnológico de Monterrey stands out as an example; it is an environment specially designed for students to attend classes with their personalized avatars (TecReview, 2021). Thematic sessions and complete courses in the Metaverse have been held in this space (CONNECTA, 2021). Additionally, researchers from this university designed and implemented an instrument to assess the acceptance of this tool among teachers and students. This demonstrated that the Metaverse could generate interactive and dynamic learning experiences that strengthen competencies in digital transformation, the reasoning for complexity, social intelligence, and communication (Rocha et al., 2022).

Due to the above, the Metaverse and Education 4.0 overlap to offer added value to the learning processes, thus generating new experiences of digital pedagogy (Abdul Bujang et al., 2020) and dissemination of knowledge in active and hybrid learning ecologies (Vodovozov et al., 2021; Wasilah et al., 2021). In this regard, Ramírez-Montoya et al. (2022b) developed a reference framework to understand the contribution of Education 4.0 in the design of innovative pedagogical strategies. Figure 1 illustrates a first approximation to the already mentioned imbrication.

Figure 1

A first approach to the Metaverse-Education 4.0 imbrication



The arrival of the Metaverse in education means participating in a more disruptive learning environment due to the paradigm change. This implies moving from traditional teaching dynamics such as face-to-face, hybrid or digital modalities mediated by digital content, videoconferences, and educational platforms to a fully immersive 4.0 educational process that requires a change in content delivery formats and improvement in knowledge formation.

Thus, this article aims to present the results of bibliometric research that identifies studies that consider the relationship between the infrastructure, skills, and technologies of Industry 4.0 with stakeholders (interest groups) and teaching methods within the Metaverse. For this, a systematic review of the literature (SRL) was prepared using the SCOPUS and Web of Science (WoS) databases to provide a broad vision and set a horizon for future research.

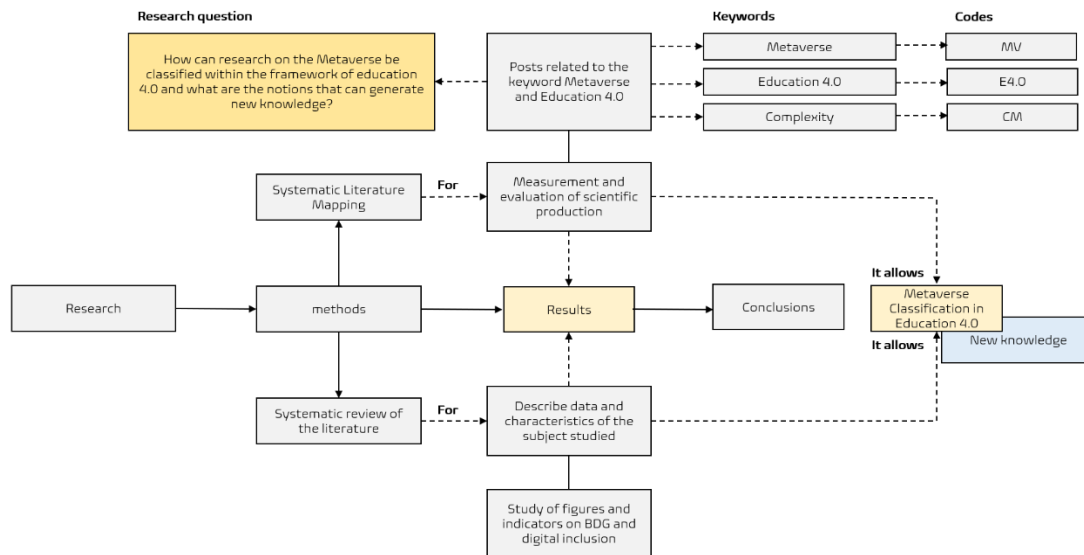
3. Methodology

In this section, the stages and techniques for carrying out SRL are defined to answer the research question: How can research on the Metaverse be classified within the framework of Education 4.0, and what are the notions that can generate new knowledge? The search and selection of literature were carried out in the Scopus and WoS databases to know the contributions of research related to the Metaverse and the components of Education 4.0, its evolution over time, and in this way, analyze the topic from a comprehensive vision of the phenomenon studied (Donthu et al., 2021; Baena et al., 2022). The research is descriptive since it collects information to analyze the social phenomenon of the Metaverse and how it overlaps with Education 4.0 (Shields, 2020). To search for scientific production, we used the term *metaverse* (MV) as a keyword, and Education 4.0 (E4.0) and complexity (CM) were used as contextual terms. They were also searched for in English to guarantee their appearance in the databases. The period covered by the analysis was 2000-2022; the PRISMA method (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews*

and Meta-Analyses) (Page et al., 2021) was used, which consists of two stages: planning and action (Vázquez et al., 2022). Figure 2 shows the strategy used in detail.

Figure 2

The strategy applied to search for information



31. Objective of the SRL

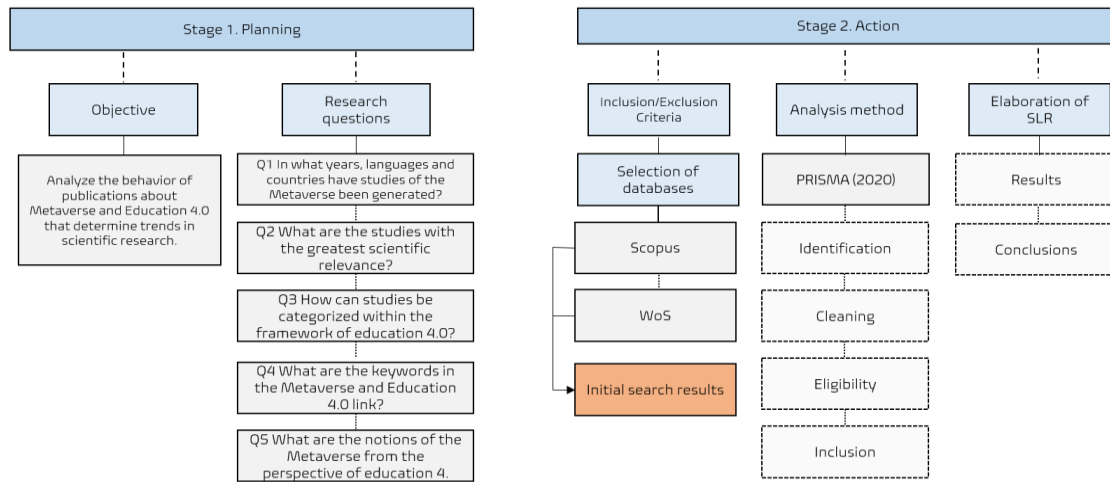
The objective of the SRL was to analyze the behavior of publications focusing on the Metaverse in the reference framework of Education 4.0 to identify their contributions to generating new knowledge.

3.2 Research questions

The research questions were guided by the sense of complexity that the transformation of digital ecosystems implies (García-González & Ramírez-Montoya, 2019; Ramírez-Montoya et al., 2022a). Figure 4 shows the wording of the questions, which guided the analysis, and the planning and action stages of the PRISMA method used.

Figure 3

Steps to carry out the study



3.3 Inclusion criteria and selection of databases

Two databases were chosen to search for and select information: Scopus as the main one and Web of Science (WoS) as its complement. Emphasis was placed on using Scopus because it is considered one of the largest and most prestigious peer-reviewed literature and citation databases (Ball, 2021). The first step in this stage was to search for the selected keywords (MV-E4.0-CM); Table 1 shows the descriptors.

Table 1

Descriptors for the search in databases

Database	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

The result was the identification of 390 articles; subsequently, the filtering of the documents was carried out by applying the following inclusion and exclusion criteria:

- Research, scientific dissemination, systematic review of literature, and methodological and meta-analysis documents were included - as well as publications with titles, abstracts, or keywords that contained the keywords MV-E4.0-CM.
- Editorials, errata, and documents not closely related to the subject of study were excluded, as well as publications without a title, abstract, or keywords.

The quality criteria were that they were articles published in the period 2010-2022, with access to the full text, written in English or Spanish, and whose focus was on the study of the Metaverse and whose topics touched on any of the components of Education 4.0.

3.4 Analysis method

The selected analysis method was PRISMA (Page et al., 2021). It consists of identifying and selecting scientific documents, curating by eliminating duplicates, and applying the inclusion, exclusion, and quality criteria. Finally, the abstract was read to include those that were relevant to carry out the quantitative and qualitative analyses. The result was the classification of the documents in one of the categories related to the components of Education 4.0: skills, teaching-learning methods, stakeholders, Industry 4.0, and Infrastructure 4.0.

This generated a total of 232 documents (see Figure 4), which were assigned a sequential numbering and placed in a bibliographic database using Excel software with the following fields: a) author(s), b) title of work, c) year, d) type of document, e) journal or publisher, f) country of the authors, g) institutions or organizations, h) DOI, i) bibliographic data in APA style, j) abstracts, k) keywords, l) language and m) type of access.

Figure 4

Application of the PRISMA method for the preparation of the study.

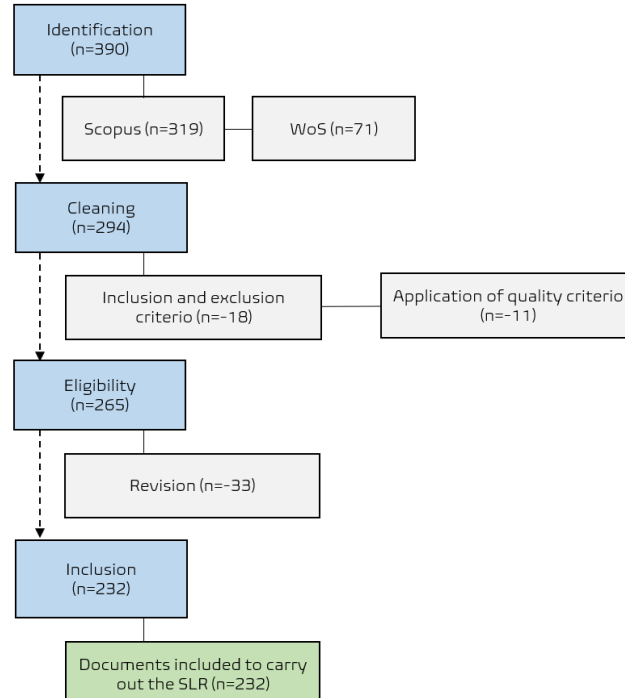
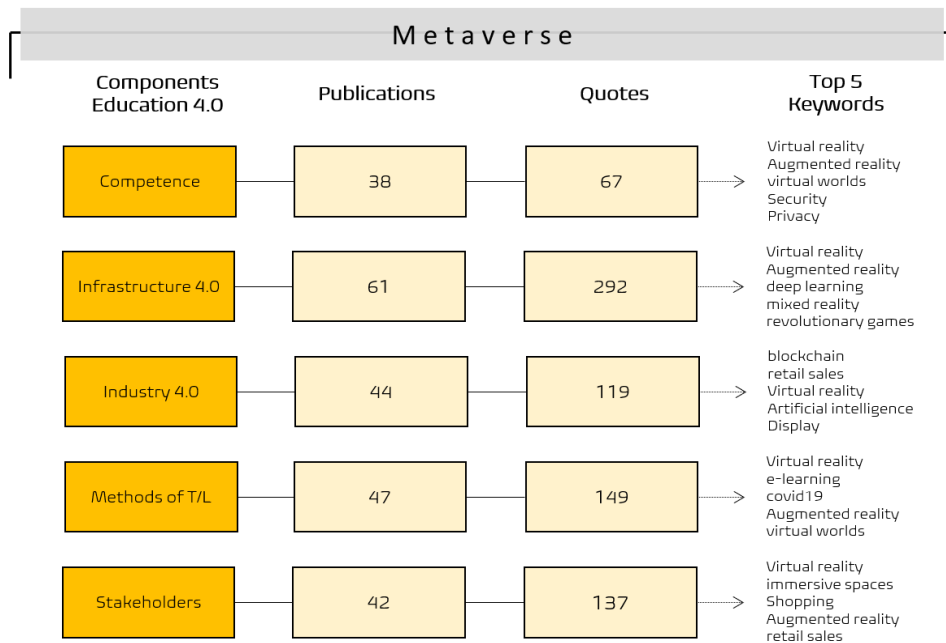


Figure 5

Classification of MV in the environment of E4.0



3. Analysis and results

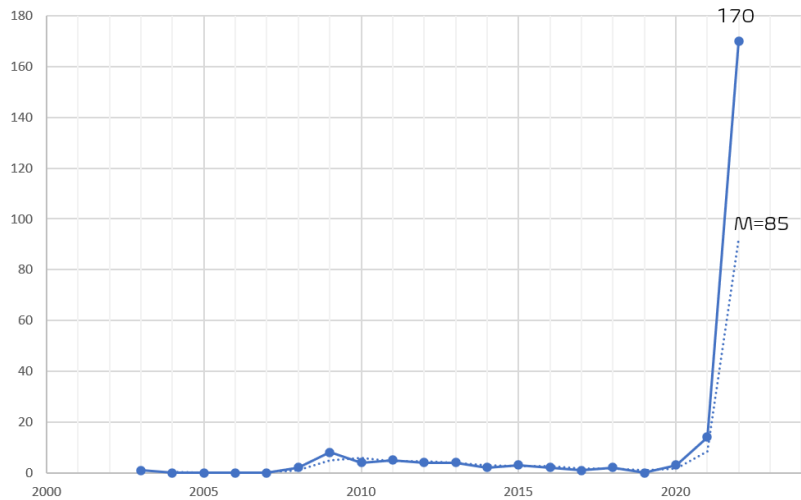
Below is a panoramic analysis of the publications found and how they were classified according to their content related to Education 4.0, the number of citations, and the keywords that appear most frequently. Figure 5 shows that the Metaverse has had more impact on the scientific production related to Infrastructure 4.0, with 61 publications and 292 citations. The keywords *virtual reality*, *augmented reality*, *deep learning*, *mixed reality*, and *innovative games* are associated with these publications, which shows that knowledge about the Metaverse is focused on exploring technological trends that have managed to be incorporated into education and industry. The most frequent words were *virtual* and *augmented reality*, *digital security*, and *retail sales*.

3.1. Q1 In what years, what languages, and which countries have researched the Metaverse?

Figure 6 shows that scientific production increased in 2022 with 170 publications, representing 156 more than the previous year (14 documents). Two factors can explain this: the first is related to the increase in strategies to use disruptive tools to give continuity to school and work activities in digital environments due to the transition from face-to-face to distance attendance caused by the Covid19 pandemic. (Rocha et al., 2022). The second one is due to the media coverage that the creation of Meta by Mark Zuckerberg garnered (Fernandez, 2022), which implies the use and dissemination of virtual reality environments to position products and services in social networks (Kraus et al., 2022), and education (Akgül & Uymaz, 2022).

Figure 6

Scientific production by year of publication



Regarding languages, most of the publications were in English (215), followed by Chinese (6), Korean and Spanish (2), and finally, Japanese and Portuguese (1). Regarding the contribution by country, Figure 7 shows that 59 countries contributed to scientific production, highlighting the United States of America as the largest producer (66), followed by China (53), South Korea (41), Great Britain (36), and Japan (23). The Ibero-American country with the highest production was Spain (1).

Figure 7

Scientific production by country

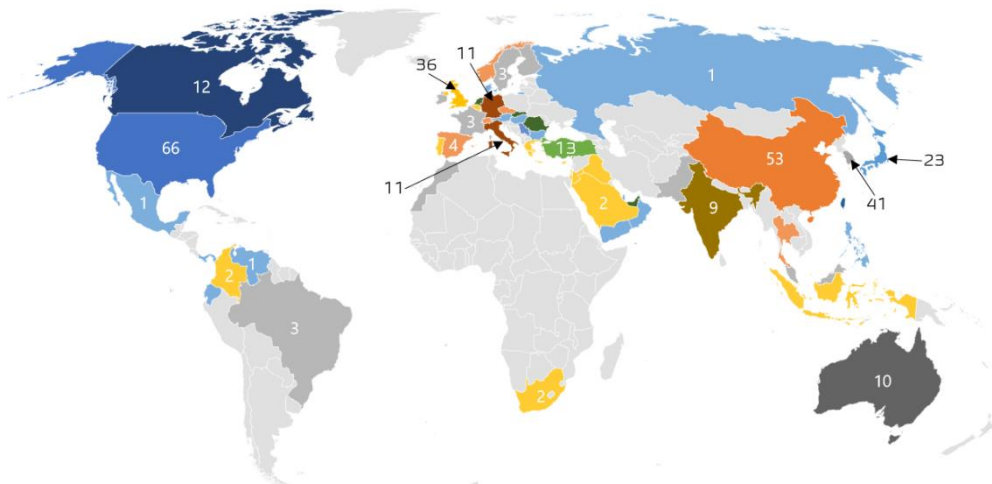
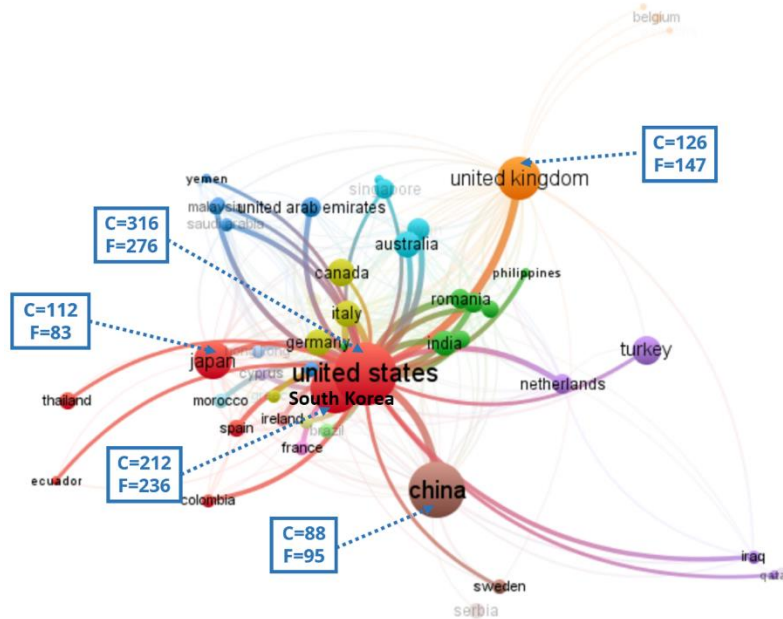


Figure 8 shows the collaboration structure of the papers; as can be seen, the closest relationship is between researchers from the United States of America (316 citations and a

link strength of 276) and Korea (212 citations and a link strength of 236). Japan is in the same collaboration cluster (112 citations and link strength of 83). Similarly, it can be seen that the works from the United Kingdom (126 citations and a link strength of 147) have fewer ties with the countries mentioned above since their production is more closely related to Belgium, Iraq, Yemen, Malaysia, and Saudi Arabia, among others.

Figure 8

Scientific collaboration by country



3.2. Q2 What are the most scientifically relevant studies?

The documents with the highest frequency of publication were articles (138), followed by conference papers (86), and finally, book chapters (6). Regarding relevance, Table 2 shows that the journals and conferences had the highest citations. The information was classified according to the components of Education 4.0 (E4.0): Infrastructure 4.0 (IFR), Industry 4.0 (IND), Stakeholders (ST), Competencies (CT), and Teaching and learning methods (MTE).

The best-positioned article on the list is called *3D Virtual Worlds and the Metaverse: Current Status and Future Possibilities*; it has been cited 62 times in 2022, that is, more than twice as many as cited from its publication in 2013 (53), which indicates that it has become a benchmark for various researchers. It explores four dimensions attributable to the Metaverse: immersive realism, ubiquity of access and identity, interoperability and scalability, and the link with E4.0 from the digital infrastructure and industry.

Table 2*Documents with greater scientific relevance*

Title	E4.0	Year	Magazine / Conference	Citations	Type
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 Electronic Commerce Research	45	Conference Paper
Retail spatial evolution: Paving the way from traditional to Metaverse retailing	IND	2009	Proceedings of the Workshop on Virtual Environments, EGVE'03	43	Article
The Metaverse - A networked collection of inexpensive, self-configuring, immersive environments	IFR	2003	Information Systems Frontiers	27	Conference Paper
The challenges of entering the Metaverse: An experiment on the effect of extended reality on workload	IND	2022	IEEE Technology and Society Magazine	20	Article
The Social Metaverse: Battle for Privacy	CT	2018	Sensors	16	Article
Toward an aircraft maintenance metaverse using speech interactions with virtual objects in mixed reality	IND	2021	Procedia Computer Science	16	Article
Evaluation of students' learning style using an eye-blinking system in Metaverse	MTE	2015		15	Conference Paper

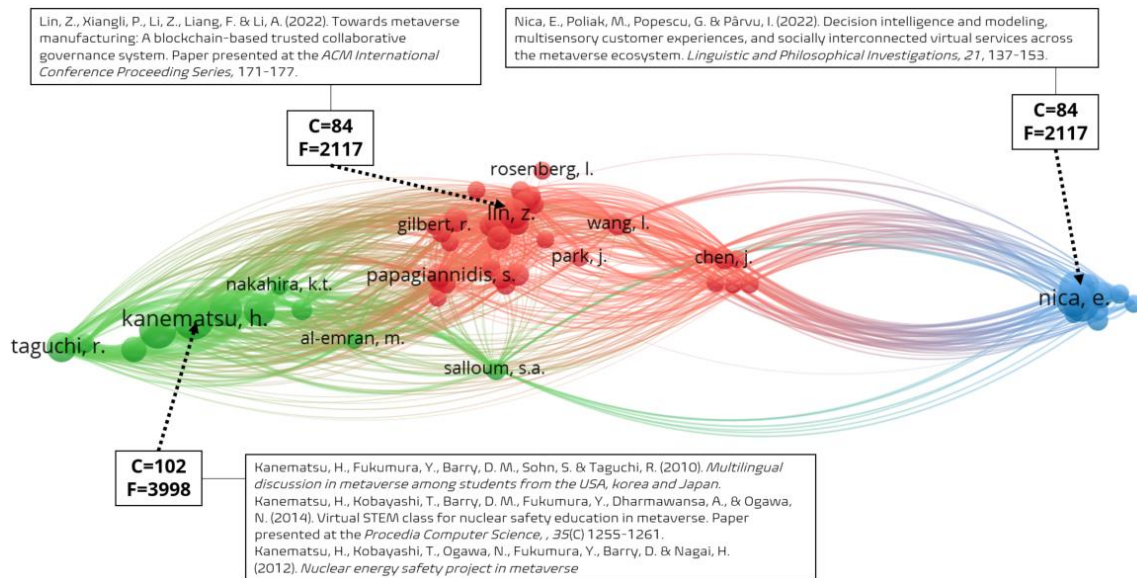
On the other hand, the conference document *A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges*, has been cited 55 times in the same year of its publication (2022). This indicates that it has high relevance in the scientific field, in particular, because of the subject it addresses. It redefines the Metaverse based on hardware, software, and content evolution. It also touches upon the interaction with the user, implementation, and application.

Regarding the author's relevance, Figure 8 shows a co-citation analysis of the leading researchers. The results show that at least three authors have collaborated in developing the theoretical foundations on the topic of study. It can be seen that the work *Decision Intelligence and Modeling, Multisensory Customer Experiences, and Socially Interconnected Virtual Services across the Metaverse Ecosystem* by Elvira Nica (Nica et al., 2022) has

served as a bridge for collaboration in works such as *Multimedia Research towards the Metaverse* (Cheng. 2022) and *A survey on Metaverse: Fundamentals, Security, and Privacy* (Wang et al., 2022).

Figure 9

Scientific collaboration by author



3.3 Q3 How can studies be categorized within the framework of Education 4.0?

Classification focused on the components of Education 4.0 was elaborated (see Table 3). Regarding the skills, it is stated that one of the challenges of the Metaverse is to enable students to cultivate cybersecurity strategies that allow healthy interaction in virtual settings. On the other hand, the term *immersive netnography* was constructed to study augmented and virtual reality experiences from the qualitative-phenomenological approach.

Industry 4.0 is related to the Metaverse from the perspective of the evolution of retail sales spaces, which are beginning to move from exhibition spaces in physical environments to virtual worlds in which it is possible to have a realistic vision of the products and services offered by different types of distributors. It is also stated that the Metaverse increasingly facilitates work, education, health, consumption, and entertainment.

Regarding Infrastructure 4.0, the most important studies focus on the design and development of virtual campuses and the challenges and possibilities of incorporating extended realities in educational spaces. The previous component is closely related to the teaching-learning methodologies that investigate delivery and evaluation formats related to STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) strategies and the use of biometric systems to measure student attention.

Finally, regarding the stakeholders, studies including the Metaverse consider implementing content for different types of display of services based on virtual, mixed, and augmented reality, as well as evaluating the quality of the service offered by retailers. While research done in 2022 emphasizes consumer experience analysis, it also explores incorporating society and government into metaverse experiences.

Table 3

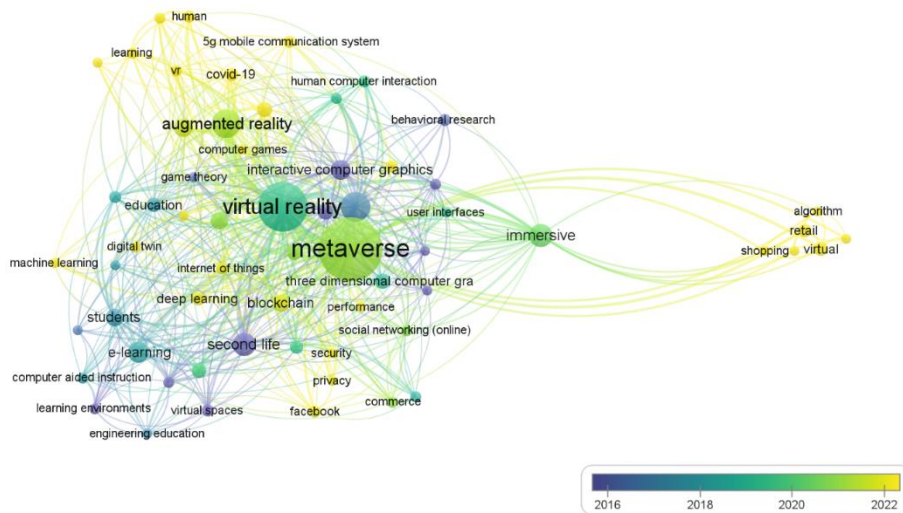
Categorization of metaverse studies in the components of Education 4.0

E4.0	Authors	Title	Journal	Citations	Universities
	Falchuk, Loeb & Neff (2018)	The Social Metaverse: Battle for Privacy	IEEE Technology and Society Magazine	16	Vencore Labs NJ, 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
	Siyaevev & 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 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 of students' learning manner using the eye blinking system in Metaverse	Procedia Science	15	Clarkson University, Gifu College, Nagaoka University of Technology, National Institute of Technology, Nagaoka University of Technology, Sendai College, Tsuyama College, Japan Suzuka National College of Technology, Nagaoka University of Technology, Gifu National College of Technology.
MT E	Kanematsu et al. (2014)	Virtual STEM class for nuclear safety education in Metaverse	Procedia Science	15	Suzuka National College of Technology, Tsuyama 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	Nagaoka University of Technology, Gifu National College of Technology, Nagaoka University of Technology, Clarkson University.
ST	Choi & Kim (2017)	A content service deployment plan for metaverse museum exhibitions—Centering on the combination of beacons and HMDs	International Journal of Information Management	51	Sangmyung University.

privacy in media such as Facebook, and the correlation with stakeholders dedicated to developing algorithms to direct purchase offers and retail sales in immersive ecosystems.

Figure 11

Keywords temporal frequency



3.5 Q5 What are the notions of the Metaverse from the perspective of Education 4.0?

The Metaverse and its involvement with Education 4.0 focus on formulating proposals that address complex schemes of interaction, collaboration, management, and critical thinking based on the development of active and hybrid methodologies, competencies, and infrastructures to support learning. The MV-E4.0 imbrication finds its space in environments mediated by extended environments such as virtual, augmented, and mixed reality, where people interact in a simulated but realistic way, both among themselves and with objects and three-dimensional spaces.

The notion arising from the MV-E4.0 imbrication provokes more than definitions that explain how the Metaverse is being incorporated into each component of Education 4.0. It creates questions that can guide future studies as complex as the evolution of digital transformations that cause the emergence of new industrial revolutions.

To conclude with the results of this study, Table 4 includes questions that intend to guide future and independent studies related to skills, industries, and Infrastructure 4.0, as well as teaching-learning methodologies and the contributions of groups interested in strengthening the implications of the Metaverse in society.

Table 4*Notions of nesting MV-E4.0*

4.0 Focus	Notions
CT	What learning, academic, and digital literacy 4.0 competencies enable people to safely and successfully participate in the Metaverse?
IND	How can new forms of telepresence be built from Industry 4.0 to streamline work, education, health, consumption, and entertainment by reducing the operating costs of virtual and augmented reality?
IFR	What 4.0 technologies must be developed to move from a set of independent virtual worlds to an integrated network of virtual worlds or metaverses that generate immersive realism, the ubiquity of access and identity, interoperability, and scalability?
MTE	What educational purposes should the Metaverse pursue to develop teaching and learning methodologies that provoke an understanding on the part of teachers and students that allows building active pedagogies?
ST	How, through governance, academia, industry, and society, can immersive experiences that provide multidirectional information and content delivery services in virtual worlds be designed, developed, implemented, and evaluated?

4. Discussion

The scenarios analyzed to understand the interest in studying metaverses are increasingly frequent and have significantly risen in the last two years. Figure 6 shows a clear interest in the subject from 2022, which coincides with the transformations of leading companies in developing social technology, such as Facebook. Unlike other studies regarding the use of technologies in general (Cabero & Martínez, 2019), the Metaverse is made up of disruptive technologies that, when they mature, allow the creation of suitable scenarios that meet the demands of Education 4.0.

This research recognizes no geographical area in which scientific production regarding the Metaverse predominates. Figure 7 shows close collaboration between geographically dispersed countries such as the United States of America and South Korea. This denotes a topic of interest transcending borders and is not explicitly concentrated in any geographic region.

On the other hand, studies about the Metaverse allude to the transition from face-to-face to virtual scenarios due to the expansion of COVID-19 and the importance of formulating appropriate strategies to face the challenges that the pandemic established (Darling & Hyler, 2020). In response to this, tools and experiences were created worldwide that facilitated the distance learning process, marking the acceleration of the use of digital tools of Education 4.0 that shaped a more complex scenario, such as the Metaverse.

During the development of the article, an overview was established that clarifies the Metaverse-Education 4.0 imbrication in its current path. It found that the different disruptive tools typical of Education 4.0 allow iteration and necessary conditions for the Metaverse to be possible, such as the development of indispensable technologies like augmented reality and the concept of immersion. In this sense, it was possible to identify that an immersive virtual environment is an adequate definition for understanding the Metaverse; however, terms such as algorithmic design also emerged.

5. Conclusions

Digitalization has created spaces for people's interactions. These new scenarios, unimaginable until recently, have allowed the construction of various types of relationships, forms of interaction, and the construction of imaginaries and social representations. This new parallel reality (which can become an opportunity for educational teaching) requires a unique perspective, where traditional educational limits are broken down, to learn the reality that provides alternative solutions to changing environments. In this sense, the Metaverse can bring technology closer to learning environments to reduce the digital gap between schools and society. This article's objective focused on analyzing the Metaverse literature as an alternative scenario of digital interaction.

The study started with the question regarding how to classify research studies about the Metaverse in the framework of Education 4.0 and the notions that could generate new knowledge. Like any new social phenomenon, it is necessary to document possible potentialities, the effects, and the impact on the various application environments to project alternatives that seek better benefits.

The results showed an overall growth in publications since 2022, demonstrating that digital environments are part of daily life in various political, social, cultural, and economic aspects. Specifically, in the financial aspect, there is a significant increase in marketing since the Metaverse has become an essential vehicle in new ways of offering products and their consequent consumption. The results highlight a predominance of the use of the Metaverse in algorithm design and retail sales.

The new spaces' imprint has increased communication among various communities, demonstrating strong collaboration on 4.0 infrastructure among researchers from the United States of America, South Korea, China, the United Kingdom, and Japan. The Metaverse has become another space for interactions among people beyond communications. This has transformed "artificial" digital spaces into "almost real" scenarios based on interaction characteristics, with immersive and augmented realities and the design of avatars and their application as an e-learning strategy.

The implications for educational practice are linked to interest in academia because of its impact on knowledge of emerging technologies and the evolution of digital ecosystems. In particular, 4.0 education environments promote the development of skills based on new strategies and infrastructures, which lead to the configuration of digital learning spaces, both at school and in work environments, and the interaction of families. The implications for innovative educational research include the ability to analyze a phenomenon from diverse perspectives, mega, macro, and micro, according to the focus of the study.

The limitations of this research could be subjecting the literature analysis to only two indexing systems (Scopus and Web of Science), which, although they are considered to have the most bibliometric breadth, other sources with valuable literature might have been omitted. Future studies should expand the search chain in these other systems and address the analysis from various questions that broaden the knowledge of the Metaverse and its potential. With this writing, an invitation goes out to continue analyzing the possibilities to improve diversity in learning and educational environments, enriching the options that open new ways of more democratic digital constructions.

6. Acknowledgements

The authors acknowledge the financial and technical support of Writing Lab, Institute for the Future of Education, Tecnológico de Monterrey, Mexico, in the production of this work.

7. Financing

This publication is the product of the project "OpenResearchLab: innovation with artificial intelligence and robotics to scale reasoning for complexity domain levels" (ID Novus N21-207), funded by the Institute for the Future of Education (IFE), Tecnológico de Monterrey. Financial support was received from Tecnológico de Monterrey through the "Challenge-Based Research Funding Program 2022". ID # I003 - IFE001 - C2-T3 –T, ID # I004 - IFE001 - C2-T3 –T

References

- Abdul Bujang, S., Selamat, A., Krejcar, O., Maresova, P., & Nguyen, N. (2020). Digital Learning Demand for Future Education 4.0—Case Studies at Malaysia Education Institutions. *Informatics*, 7(2), 13. <https://doi.org/10.3390/informatics7020013>
- Akgül, Y., & Uymaz, A. O. (2022). Facebook/Meta usage in higher education: A deep learning-based dual-stage SEM-ANN analysis. *Education and Information Technologies*, 27(7), 9821-9855. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11012-9>
- Anacona, J., Millán, E., & Gómez, C. (2019). Aplicación de los metaversos y la realidad virtual en la enseñanza. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 13(25), 59-67. <https://doi.org/10.31908/19098367.4015>
- Arnove, R. (2020). Imagining what education can be post-COVID-19. Prospects. *Comparative Journal of Curriculum, Learning, and Assessment*, 48(1-2), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11125-020-09474-1>
- Baena, J., Ramírez-Montoya, M.S., Mazo, D. & López, E. (2022). Traits of Complex Thinking: A Bibliometric Review of a Disruptive Construct in Education. *Journal of Intelligence*, 10(37). <https://doi.org/10.3390/jintelligence10030037>
- Ball, R. (2021). *Handbook Bibliometrics*. De Gruyter Saur.

- Beaumont, C., Savin, M., Conradi, E., & Poulton, T. (2014) Evaluating a Second Life Problem-Based Learning (PBL) demonstrator project: what can we learn? *Interactive Learning Environments*, 22(1), 125-141. <https://doi.org/10.1080/10494820.2011.641681>
- Brennen, B., & de la Cerna, E. (2010). Journalism in second life. *Journalism Studies*, 11(4), 546-554. <https://doi.org/10.1080/14616701003638418>
- Cabero, J. & Martínez, A. (2019). Las tecnologías de la información y comunicación y la formación inicial de los docentes: modelos y competencias digitales. *Profesorado: Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 23(3), 247-268. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v23i3.9421>
- Chen, S. (2022). Multimedia research toward the Metaverse. *IEEE Multimedia*, 29(1), 125-127. <https://doi.org/10.1109/MMUL.2022.3156185>
- Collins, C. (2008). Looking to the future: Higher education in the Metaverse. *EDUCAUSE Review*, 43(5), 51-63. <https://er.educause.edu/articles/2008/9/looking-to-the-future-higher-education-in-the-metaverse>
- CONNECTA (2021). *¡Campus Virtual! Da Tec su primera clase completa en el metaverso*. <https://cutt.ly/vLpuEug>
- Cortés, F., Dal Peraro, M., & Abriata, L. A. (2022). Online tools to easily build virtual molecular models for display in augmented and virtual reality on the web. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.jmngm.2022.108164>
- Darling, L. & Hyler, M. (2020). Preparing educators for the time of COVID ... and beyond. *European Journal of Teacher Education*, 43(4), 457-465. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1816961>
- Díaz, J. (2020). Virtual world as a complement to hybrid and mobile learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(22), 267-274. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i22.14393>
- Donthu, N., Satish, K., Debmalya, M., Nitesh, P. & Weng, M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 13, 285–96. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Fernandez, P. (2022). Facebook, meta, the Metaverse, and libraries. *Library Hi Tech News*, 39(4), 1-5. <https://doi.org/10.1108/LHTN-03-2022-0037>
- García-González, A. & Ramírez-Montoya, M.S. (2019). Systematic Mapping of Scientific Production on Open Innovation (2015–2018): Opportunities for Sustainable Training Environments. *Sustainability*, 11(6) 1781. <https://doi.org/10.3390/su11061781>
- García, F., Corell, A., Abella, V. & Grande, M. (2020). La evaluación online en la educación superior en tiempos de la COVID-19. *EKS Education in the Knowledge Society*, 21, 1-26. <https://doi.org/10.14201/eks.23013>
- González-Pérez, L. I. & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st Century Skills Frameworks: Systematic Review. *Sustainability*, 14, 1493. <https://doi.org/10.3390/su14031493>

- Guo, H., & Gao, W. (2022). Metaverse-powered experiential situational English-teaching design: An emotion-based analysis method. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.859159>
- Hackl, C. (2021). *Defining the Metaverse today*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/cathyhackl/2021/05/02/defining-the-metaverse-today/>
- Kipper, L. M., Iepsen, S., Dal Forno, A. J., Frozza, R., Furstenau, L., Agnes, J., and Cossul, D. (2021). Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0. *Technology in Society*, 64, 101454. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101454>
- Kraus, S., Kanbach, D. K., Krysta, P. M., Steinhoff, M. M., & Tomini, N. (2022). Facebook and the creation of the Metaverse: Radical business model innovation or incremental transformation? *International Journal of Entrepreneurial Behaviour and Research*, 28(9), 52-77. <https://doi.org/10.1108/IJEER-12-2021-0984>
- Lee, H. & Hwang, Y. (2022). Technology-enhanced education through VR-making and metaverse-linking to foster teacher readiness and sustainable learning. *Sustainability*, 14(8) <https://doi.org/10.3390/su14084786>
- Lee, H., Woo, D., & Yu, S. (2022). Virtual reality metaverse system supplementing remote education methods: Based on aircraft maintenance simulation. *Applied Sciences*, 12(5) <https://doi.org/10.3390/app12052667>
- Maier, V., Alexa, L. & Craciunescu, R. (2020). Online education during the COVID19 pandemic: Perceptions and expectations of Romanian students. *Paper presented at the Proceedings of the European Conference on e-Learning, ECEL*, 317-324. <https://doi.org/10.34190/EEL.20.147>
- Means, B. & Neisler, J. (2021). Teaching and learning in the time of COVID: The student perspective. *Online Learning*, 25(1), 8-27. <https://doi.org/10.24059/olj.v25i1.2496>
- Meta (2022). *Meta Immersive Learning. Create, learn, and grow in the Metaverse*. <https://about.facebook.com/immersive-learning/>
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman D., & The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C. Shamseer, L., Tetzlaff, J., Akl, E. Brennan, S., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J., Hróbjartsson, A., Lalu, M., Li, T., Loder, E., Mayo, E., McDonald, S., McGuinness, L., Stewart, L., Thomas, J., Tricco, A., Welch, V. Whiting, P., Moher, D., Yepes, J., Urrútia, G., Romero, M. & Alonso, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Park, S., & Kim, S. (2022). Identifying world types to deliver gameful experiences for sustainable learning in the Metaverse. *Sustainability*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/su14031361>

- Ramírez-Montoya, M. S., McGreal, R., & Obiageli Agbu, J.F. (2022a). Complex Digital Horizons in the Future of Education 4.0: Insights from UNESCO Recommendations. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 25(2). <https://doi.org/10.5944/ried.25.2.33843>
- Ramírez-Montoya, M.S., Castillo, I., Sanabria, J., & Miranda, J. (2022b). Complex Thinking in the Framework of Education 4.0 and Open Innovation—A Systematic Literature Review. *Journal of Open Innovation Technology, Market, and Complexity*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/joitmc8010004>
- Rocha, F., Ruiz, A., George, C. & Glasserman, L. (2022). Evaluation of a Virtual Campus adapted to WebVR Spaces: Assessments of teachers and students. *Frontiers in Education*, 7, 918125. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.918125>
- Sepúlveda, P. & Morrison, A. (2020). Online teaching placement during the COVID-19 pandemic in Chile: Challenges and opportunities. *European Journal of Teacher Education*, 43(4), 587-607. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1820981>
- Shields, Morgan. (2020). *Research Methodology and Statistical Methods*. Waltham Abbey: ED- Tech Press.
- Stephenson, N (1992). *Snow Crash*. Penguin Random House.
- Stromberga, Z., Phelps, C., Smith, J., & Moro, C. (2021). Teaching with disruptive technology: The use of augmented, virtual, and mixed reality (HoloLens) for disease education. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61125-5_8
- TecReview (2021). *El Tec de Monterrey tiene su propio 'Metaverso': conoce el Campus Virtual*. <https://tecreview.tec.mx/2021/11/16/tecnologia/campus-virtual-tec-de-monterrey-metaverso/>
- UNESCO (2019). *Marco de competencias de los docentes en materia de TIC UNESCO*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371024>
- Vázquez, J.C., Cruz, M., Carlos, M. (2022). Social Entrepreneurship and Complex Thinking: A Bibliometric Study. *Sustainability*, 14, 13187. <https://doi.org/10.3390/su142013187>
- Vodovozov, V., Raud, Z., and Petlenkov, E. (2021). Challenges of active learning in view of integrated engineering education. *Education Sciences*, 11(2), 1-14. <https://doi.org/10.3390/educsci11020043>
- Wang, Y., Su, Z., Zhang, N., Xing, R., Liu, D., Luan, T. H., & Shen, X. (2022). A survey on Metaverse: Fundamentals, security, and privacy. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 1(1). <https://doi.org/10.1109/COMST.2022.3202047>
- Wasilah, Nugroho, L. E., Santosa, P., & Sorour, S. E. (2021). Study on the influencing factors of the flexibility of university IT management in Education 4.0. *International Journal of Innovation and Learning*, 30(2), 132-153. <https://doi.org/10.1504/IJIL.2021.117219>

Cómo citar:

George-Reyes, C. E., Ramírez-Montoya, M. S., & López-Caudana, E. O. (2023). 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]]. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 66, 199-237. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.97337>