

Recibido: 02/11/2025 --- Aceptado: 21/05/2026 --- Publicado: 16/06/2026

INFANCIAS INMERSIVAS Y COMUNICACIÓN ALGORÍTMICA: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE IDENTIDAD Y DESINFORMACIÓN EN METAVERSOS GENERATIVOS (2010–2025)

IMMERSIVE CHILDHOODS AND ALGORITHMIC COMMUNICATION:
A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF IDENTITY AND MISINFORMATION
IN GENERATIVE METAVERSES (2010–2025)

 **Rafael Braza Delgado:**
Universidad de Cádiz. España.
rafael.brazadelgado@alum.uca.es

Cómo citar el artículo:

Braza Delgado, Rafael (2026). Infancias inmersivas y comunicación algorítmica: análisis bibliométrico de identidad y desinformación en metaversos generativos (2010–2025) [Immersive childhoods and algorithmic communication: a bibliometric analysis of identity and misinformation in generative metaverses (2010–2025)]. *Revista de Comunicación de la SECCI*, 59, 1-32. <https://doi.org/10.15198/seeci.2026.59.e954>

RESUMEN

Introducción: El estudio examina cómo las infancias inmersivas configuran nuevas formas de identidad, aprendizaje y exposición a la desinformación en los metaversos generativos durante el periodo 2010–2025. **Metodología:** Desde un enfoque bibliométrico exploratorio y descriptivo, se aplicó una revisión sistemática sustentada en las directrices PRISMA-S, utilizando las bases de datos Scopus y Web of Science y un proceso de depuración, normalización y análisis mediante Bibliometrix y Biblioshiny en R. **Resultados:** El corpus final, integrado por 383 documentos y 216 fuentes,



permitió trazar patrones de productividad, colaboración y coocurrencia conceptual en torno a la comunicación algorítmica y la inteligencia artificial aplicada a la infancia digital. **Discusión:** La interpretación de los resultados evidencia un crecimiento sostenido del campo, la consolidación de cuatro clústeres temáticos —infraestructura algorítmica, aprendizaje inmersivo, optimización mediante *machine learning* y comunicación semántica— y una colaboración internacional superior al promedio en ciencias sociales. Se identifican vacíos éticos y educativos en la representación infantil y la gobernanza de datos, así como una transición hacia la madurez interdisciplinaria del dominio. **Conclusiones:** La investigación sobre infancias digitales en metaversos generativos requiere marcos analíticos explicables, alfabetización algorítmica y estrategias de protección infantil que integren equidad, trazabilidad y diseño responsable.

Palabras clave: alfabetización algorítmica; comunicación digital; desinformación; identidad infantil; inteligencia artificial; metaversos generativos.

ABSTRACT

Introduction: This study explores how immersive childhoods shape emerging forms of identity, learning, and exposure to misinformation within generative metaverses between 2010 and 2025. **Methodology:** Using an exploratory-descriptive bibliometric approach, a systematic review was conducted under PRISMA-S guidelines, drawing data from Scopus and Web of Science and processed through *Bibliometrix* and *Biblioshiny* in R. **Results:** The final corpus of 383 documents and 216 sources enabled mapping of productivity, collaboration, and conceptual co-occurrence patterns related to algorithmic communication and artificial intelligence in digital childhood research. **Discussion:** Findings reveal steady scientific growth, four major thematic clusters—algorithmic infrastructure, immersive learning, *machine-learning* optimization, and semantic communication—and above-average international collaboration within the social sciences. Ethical and educational gaps emerge in child representation and data governance, indicating an early stage of interdisciplinary maturity. **Conclusions:** Research on generative metaverses and digital childhoods demands explainable analytical frameworks, algorithmic literacy, and child-protection strategies grounded in equity, transparency, and responsible design.

Keywords: algorithmic literacy; artificial intelligence; digital communication; generative metaverses; misinformation; child identity.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Metaversos generativos y realidades inmersivas

El metaverso ha evolucionado hacia un ecosistema sociotecnológico donde convergen la inteligencia artificial (IA) generativa, la realidad extendida (XR) y las economías digitales. Se configura como un entorno híbrido que combina *hardware*, *software* y contenidos para experiencias inmersivas y persistentes, materializando la interactividad y corporeidad de la cultura algorítmica (Park y Kim, 2022).

La incorporación de modelos generativos y técnicas de *machine learning* impulsa entornos adaptativos capaces de crear y evaluar información en tiempo real. La integración de modelos de lenguaje de gran escala (LLM) en realidad mixta (MR) fortalece la colaboración entre humanos y agentes sintéticos, dando lugar a los metaversos generativos, donde la IA actúa como mediadora simbólica y cognitiva (Xu *et al.*, 2024).

En el ámbito educativo, el metaverso transforma la enseñanza mediante simulación y personalización. Damaševičius y Sidekerskienė (2024) distinguen cinco tipologías de mundos virtuales —aventura, simulación, creación, rol y colaboración— que promueven pensamiento crítico y cooperación. En educación superior Garlinska *et al.*, (2023) y Ilić *et al.*, (2021) reportan mayor motivación y retención al integrar IA y XR, mientras que Zhang (2023) subraya su potencial para entornos preescolares más seguros y estimulantes.

Pese a sus ventajas, la educación inmersiva con IA plantea desafíos éticos y sociales —brecha digital, privacidad y gobernanza algorítmica— que exigen marcos normativos y alfabetización crítica (Almarzouqi *et al.*, 2022; Garlinska *et al.*, 2023; Ilić *et al.*, 2021).

1.2. Infancias inmersivas de la Generación Alfa

La Generación Alfa, nacida desde 2010, es la primera en desarrollarse plenamente dentro de ecosistemas digitales y algorítmicos. Su socialización se produce en la intersección entre plataformas, inteligencia artificial (IA) y realidad extendida (XR), generando aprendizajes multisensoriales e identidades moldeadas por sistemas predictivos (Damaševičius y Sidekerskienė, 2024; Ilić *et al.*, 2021; Park y Kim, 2022; Tlili *et al.*, 2022; Zhang, 2023).

En el plano cognitivo, la XR y la IA potencian la atención y el aprendizaje experiencial (Ilić *et al.*, 2021; Zhang, 2023). En la dimensión identitaria, los avatares y la personalización algorítmica operan como extensiones simbólicas del yo digital (Park y Kim, 2022; Tlili *et al.*, 2022). En la esfera comunicativa, la IA generativa impulsa la cocreación de narrativas colaborativas (Nalbant y Aydın, 2023; Xu *et al.*, 2024).

No obstante, la personalización excesiva puede limitar la creatividad y generar tensiones entre autonomía y control algorítmico, lo que exige políticas de diseño transparente y principios de explicabilidad que refuercen la agencia digital infantil (Almarzouqi *et al.*, 2022; Tlili *et al.*, 2022).

1.3. Comunicación algorítmica, identidad digital y desinformación

La IA generativa aplicada a la realidad mixta amplía la colaboración, pero plantea dilemas sobre autoría, autenticidad y atribución creativa (Xu *et al.*, 2024). Las economías simbólicas sustentadas en tokens no fungibles (NFT, non-fungible tokens) tienden a mercantilizar la identidad y la representación digital (Nalbant y Aydın, 2023), mientras los avatares funcionan como mediaciones simbólicas y afectivas de la autoimagen en contextos educativos inmersivos (Tlili *et al.*, 2022).

La interacción entre IA y economías virtuales incrementa la exposición a desinformación y a sistemas de recomendación opacos. Park y Kim (2022) advierten sobre los riesgos éticos y cognitivos de la generación automática de contenidos y la necesidad de fomentar transparencia y verificación algorítmica. Sin alfabetización mediática y ética de datos, estos procesos pueden consolidar creencias erróneas y sesgos de confirmación en la infancia (Tlili *et al.*, 2022).

1.4. Vacíos y convergencias

La literatura especializada entre 2010 y 2025 identifica cuatro grandes ejes de convergencia y vacíos estructurales en el campo de las infancias inmersivas y la comunicación algorítmica:

1. Educación inmersiva con XR e IA: La literatura evidencia aprendizajes más interactivos y personalizados (Damaševičius y Sidekerskienė, 2024), aunque aún centrados en la infraestructura tecnológica más que en lo socioemocional.
2. Mediación algorítmica de cognición, identidad y comunicación: Los metaversos generativos reconfiguran los procesos cognitivos y simbólicos que sustentan la identidad y la agencia (Tlili *et al.*, 2022).
3. Protección infantil y transparencia algorítmica: Se subraya la urgencia de marcos éticos, regulación y gobernanza de datos que garanticen privacidad y explicabilidad (Park y Kim, 2022).
4. Déficit de estudios longitudinales: Persisten carencias en investigaciones prolongadas sobre identidad y desinformación infantil, lo que limita la proyección pedagógica y política del campo.

El estudio del vínculo entre metaversos generativos e infancia se halla en una fase de madurez incipiente: sólido en lo técnico, pero débil en su desarrollo ético y normativo.

1.5. Modelo MMAI-GA y proyección ética

El Modelo de Mediación Algorítmica Infantil – Generación Alfa (MMAI-GA) sintetiza tres mediaciones interdependientes que estructuran la experiencia de la infancia en entornos generativos:

- Cognitiva, sustentada en Ilić *et al.* (2021) y Zhang (2023)
- Identitaria, fundamentada en Park y Kim (2022) y Tlili *et al.* (2022)
- Comunicativa, apoyada en Nalbant y Aydın (2023) y Xu *et al.* (2024)

El modelo explica cómo la IA generativa configura la agencia digital infantil, situando a la niñez no como usuaria pasiva, sino como cocreadora de conocimiento y cultura digital.

1.6. Tensión problematizadora

El rápido crecimiento de los entornos inmersivos contrasta con la falta de marcos pedagógicos y éticos centrados en la infancia. Los metaversos generativos amplifican la producción de contenidos por IA, difuminando las fronteras entre lo real y lo sintético.

Comprender cómo estos metaversos configuran la identidad, la agencia y la exposición a desinformación infantil requiere analizar cómo la IA modela el aprendizaje, personaliza la comunicación y redefine la noción de verdad en contextos educativos. La opacidad algorítmica y la automatización de la socialización generan riesgos que hacen necesaria una alfabetización algorítmica crítica (Tlili *et al.*, 2022) para fortalecer la autonomía infantil frente a las mediaciones invisibles de la IA.

1.7. Relevancia y originalidad del estudio

Este trabajo aporta una contribución triple al campo de la comunicación algorítmica y las infancias digitales:

1. Teórica: propone el Modelo MMAI-GA, que integra mediaciones cognitivas, identitarias y comunicativas de la IA generativa (Park y Kim, 2022; Tlili *et al.*, 2022; Xu *et al.*, 2024).
2. Metodológica: aplica un análisis bibliométrico (2010–2025) con *Biblioshiny*, siguiendo las pautas de Donthu *et al.* (2021), para cartografiar tendencias, autores y redes epistemológicas.
3. Crítica: identifica vacíos éticos y de representación infantil, proponiendo un enfoque no adultocéntrico y con perspectiva de derechos digitales.

El estudio se sitúa en la intersección entre IA generativa, educación inmersiva y justicia cognitiva infantil, contribuyendo a la construcción de un paradigma comunicativo basado en la equidad algorítmica.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Analizar críticamente, mediante un enfoque bibliométrico (2010–2025), la evolución, el tratamiento temático y la representación académica de la identidad digital, la agencia comunicativa y la desinformación en la infancia —con énfasis en la Generación Alfa— dentro de la literatura científica sobre metaversos generativos e inteligencia artificial.

2.2. Objetivos específicos

- Cartografiar la evolución científica del campo de estudio sobre metaversos, IA generativa y educación inmersiva mediante análisis de coocurrencias de términos, mapas temáticos (centralidad / densidad), redes de coautoría y cocitación, así como indicadores de productividad e impacto (h-index, g-index, m-index, Ley de Bradford y Ley de Lotka).
- Identificar los vacíos temáticos y éticos del corpus, especialmente en torno a la representación infantil, la transparencia algorítmica y la gobernanza de datos en entornos XR, a partir de su baja frecuencia, centralidad o densidad en los clústeres bibliométricos.
- Aplicar y contrastar teóricamente el Modelo de Mediación Algorítmica Infantil – Generación Alfa (MMAI-GA) con la evidencia bibliométrica, evaluando su cobertura y coherencia mediante la presencia y coocurrencia de categorías asociadas a las mediaciones cognitiva, identitaria y comunicativa.
- Interpretar las implicaciones comunicativas y educativas derivadas del tratamiento académico de la IA generativa en relación con la identidad digital y la desinformación, reconociendo tendencias, narrativas y riesgos emergentes en el corpus internacional.
- Proponer lineamientos de la Agenda Alfa 2030, orientados a la alfabetización algorítmica, la protección de derechos digitales y la gobernanza ética de los entornos inmersivos para la niñez, fundamentados en los hallazgos bibliométricos y en el marco teórico MMAI-GA.

3. METODOLOGÍA

3.1. Naturaleza del estudio

El estudio adopta un diseño exploratorio–descriptivo, sin contrastación de hipótesis, para mapear patrones estructurales, colaboración y núcleos temáticos en la literatura sobre metaversos generativos, inteligencia artificial y comunicación algorítmica aplicada a la infancia (Generación Alfa) entre 2010 y 2025. Desde la *science of science* (Fortunato *et al.*, 2018), la bibliometría se concibe como instrumento epistemológico que vincula la evolución del conocimiento con el modelo MMAI-GA. Su elección responde a la madurez temprana y alta interdisciplinariedad del campo, ofreciendo una lectura sistemática y reproducible mediante indicadores de productividad, impacto y coocurrencia, coherente con el *science mapping* y la *performance analysis* (Aria y Cuccurullo, 2017; Donthu *et al.*, 2021; Waltman, 2016).

3.2. Objetivos de la revisión

La revisión bibliométrica se orientó a sustentar empíricamente el modelo MMAI-GA mediante cinco propósitos:

1. caracterizar la producción científica sobre metaversos, inteligencia artificial y comunicación algorítmica vinculada a infancias digitales;
2. identificar redes de colaboración y liderazgo institucional e internacional;
3. delimitar clústeres temáticos por coocurrencia de palabras clave, vinculándolos con las mediaciones cognitiva, identitaria y comunicativa del MMAI-GA;
4. describir las fases de desarrollo del dominio en relación con la difusión de innovaciones (Rogers, 2003); y
5. asegurar trazabilidad y reproducibilidad aplicando PRISMA-S (Rethlefsen *et al.*, 2021).

3.3. Fuentes de información y estrategia de búsqueda

La revisión se realizó en Scopus y Web of Science (WoS), reconocidas por su amplitud temática y control de calidad (Donthu *et al.*, 2021). El objetivo fue identificar publicaciones sobre metaversos generativos, inteligencia artificial —incluida la IA generativa— y comunicación algorítmica vinculadas a infancias y educación digital. Los términos clave y metadatos se mantuvieron en inglés para garantizar coherencia terminológica y reproducibilidad conforme a PRISMA-S (Rethlefsen *et al.*, 2021).

Las cadenas de búsqueda, ejecutadas en septiembre de 2025 (vease figura 1), combinaron operadores booleanos y comodines: *metaverse, virtual world, social VR, extended reality, artificial intelligence, generative AI, deep learning, algorithmic media, AI-mediated communication, disinformation, identity, digital literacy, generation alpha* y *child safety*.

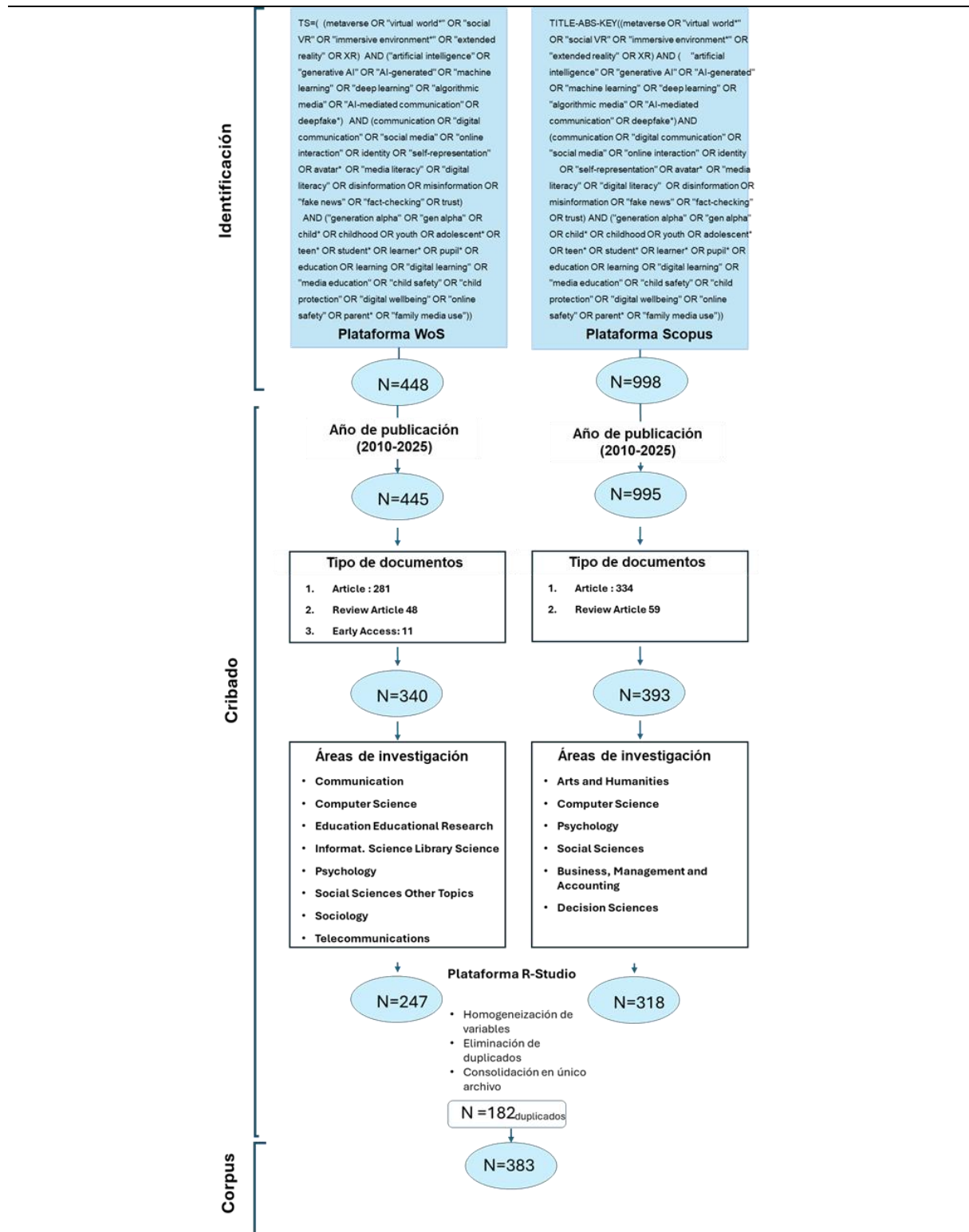
En Scopus se aplicó TITLE-ABS-KEY, obteniéndose 995 registros iniciales, reducidos a 318 tras filtros por año (2010–2025), tipo documental (*article, review*) y áreas temáticas (*Arts y Humanities; Computer Science; Psychology; Social Sciences*).

En WoS se utilizó el operador TS= (Topic), recuperando 445 registros, de los cuales 247 cumplieron los mismos filtros por áreas y tipologías. La diferenciación entre TITLE-ABS-KEY y TS= garantizó equivalencia funcional entre bases y evitó sesgos de sintaxis.

Rafael Braza Delgado
 Infancias inmersivas y comunicación algorítmica: análisis bibliométrico de identidad
 y desinformación en metaversos generativos (2010–2025)

Figura 1.

Flujo de selección documental a partir de registros recuperados en Scopus y Web of Science Core Collection para el periodo 2010–2025



Fuente: Elaboración propia a partir de registros recuperados en Scopus y Web of Science Core Collection mediante búsquedas ejecutadas en septiembre de 2025. El flujo de selección se adaptó de PRISMA-S (Rethlefsen et al., 2021) y PRISMA 2020 (Page et al., 2021).

Se excluyeron: literatura gris, registros sin resumen o palabras clave, duplicados, estudios centrados en población adulta y trabajos fuera del rango temporal.

3.4. Proceso de cribado y depuración del corpus

Los datos se gestionaron en R mediante Bibliometrix/Biblioshiny (Aria y Cuccurullo, 2017). Se aplicó un proceso documentado de conversión, integración y deduplicación por DOI y coincidencia literal de título, normalizando campos y verificando consistencia temática.

El corpus final, tal y como se muestra en la tabla 1, combinó 383 documentos únicos, 216 fuentes y 1 274 autorías, con 2 432 firmas (media de 4,54 por documento) y 41,3 % de colaboración internacional.

Tabla 1.

Características principales del corpus bibliométrico (2010–2025)

Indicador	Valor
Documentos analizados	383
Fuentes académicas	216
Periodo	2010–2025
Autores/as únicos/as	1 274
Firmas totales	2 432
Media de coautoría	4,54
Colaboración internacional (%)	41,3

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos extraídos de Scopus y Web of Science (consulta: septiembre 2025) mediante Bibliometrix/Biblioshiny.

3.5. Selección conceptual para el marco teórico

A partir del corpus combinado y depurado, se aplicó un filtrado semántico en R, basado en expresiones regulares y coincidencia léxica, para identificar los documentos más relevantes según cuatro ejes temáticos: (a) infancia y juventud, (b) metaversos y realidad extendida, (c) inteligencia artificial y aprendizaje automático, y (d) comunicación, identidad y desinformación.

Cada registro del *dataset* derivado se clasificó mediante presencia binaria de términos asociados a cada eje. Para la selección final se aplicó una regla de intersección (Generación Alfa + al menos un eje adicional), lo que permitió aislar publicaciones que vinculan explícitamente infancia y tecnologías algorítmicas, preservando la pertinencia conceptual.

Se estableció un umbral de impacto en el percentil 80 % de citas totales (TC) para priorizar la visibilidad científica. La combinación de relevancia temática e impacto citacional garantizó equilibrio entre representatividad y calidad. Tras validar el rango temporal (2010–2025) y eliminar duplicados por coincidencia de título, se obtuvo un subconjunto de trece artículos, base empírica del marco teórico y de la validación del modelo MMAI-GA, al reflejar la convergencia entre cognición, identidad y comunicación algorítmica en entornos inmersivos.

3.6. Herramienta analítica utilizada

El análisis se realizó íntegramente con Bibliometrix (R) y su interfaz Biblioshiny, garantizando trazabilidad, reproducibilidad y good scientific practice.

Para el análisis de redes y coocurrencia de palabras clave, se empleó un diseño de red con *layout* automático, normalización por *association*, eliminación de nodos aislados, un mínimo de dos enlaces por nodo, y una visualización limitada a los 50 nodos más relevantes, con fuerza de repulsión fijada en 0,1.

La detección de comunidades se realizó mediante el algoritmo Walktrap, sin codificación cromática por año de publicación.

Se aplicaron cinco módulos: (1) rendimiento científico, evaluando producción anual, citas e índices *h*, *g* y *m*; (2) estructura de fuentes, mediante la ley de Bradford; (3) redes de coautoría, con medidas de centralidad y detección de clústeres; (4) coocurrencia de palabras clave, a través del algoritmo de Louvain; y (5) mapeo temático, clasificando temas en motores, básicos, de nicho y emergentes (Callon *et al.*, 1991).

3.7. Análisis de rendimiento

El análisis de rendimiento mostró un crecimiento sostenido de la producción científica entre 2010 y 2025, con cuatro fases evolutivas: exploratoria (2011–2013), adopción temprana (2017–2019), consolidación (2020–2021) y madurez/expansión (2022–2025). La media de 4,54 autores/as por documento y una colaboración internacional del 41,3 % evidencian alta cooperación interdisciplinaria. Las leyes de Bradford y Lotka confirmaron una concentración productiva en revistas IEEE/ACM y una dispersión hacia áreas educativas y ético-regulatorias, reflejo de un campo en madurez temprana.

3.8. Análisis temático y mapeo conceptual

El mapeo temático estructuró el dominio según centralidad y densidad, a partir de redes de coocurrencia normalizadas por asociación y agrupadas mediante el algoritmo Walktrap, identificando cuatro clústeres: (1) infraestructura algorítmica y seguridad digital (*metaverse*, *AI*, *blockchain*, *6G*, *edge computing*); (2) experiencia inmersiva y aprendizaje extendido (*virtual/augmented reality*, *education*); (3) aprendizaje

automático y optimización (*machine learning, federated learning, privacy preserving*); y (4) comunicación semántica y cognición distribuida (*semantic communication, semantics*).

El dominio combina núcleos técnicos consolidados con periferias emergentes orientadas a educación inmersiva y ética de la IA, reflejando la madurez temprana descrita por Bornmann y Mutz (2015) y Waltman (2016). Los clústeres 2 y 4 integran términos asociados a aprendizaje, identidad y comunicación —*avatar, trust, education, representation*—, validando empíricamente las mediaciones del modelo MMAI-GA.

La metodología combina revisión sistemática y análisis bibliométrico, aplicando criterios de transparencia, exhaustividad y reproducibilidad. La triangulación entre PRISMA-S y Bibliometrix garantiza rigor documental y densidad analítica, situando el estudio en la frontera de la *science of science* aplicada a la comunicación digital.

4. RESULTADOS

4.1. Panorama general de la producción científica (2011–2025)

El análisis bibliométrico realizado con Biblioshiny (septiembre 2025) revela una evolución cuatripartita en la investigación sobre *infancias inmersivas y comunicación algorítmica en metaversos generativos*: una fase exploratoria, una de adopción temprana, una etapa de consolidación y una fase de madurez y expansión acelerada. Este comportamiento reproduce el modelo de difusión tecnológica de Rogers (2003) y se alinea con los patrones de maduración de campos emergentes descritos por Donthu *et al.* (2021) y Waltman (2016), además de coincidir con los modelos de evolución científica identificados por Fortunato *et al.* (2018) en la *ciencia de la ciencia (science of science)*.

La Tabla 2 sintetiza la evolución temporal, la productividad y el impacto medio de las distintas cohortes.

Fase exploratoria (2011–2013)

Entre 2011 y 2013 se identifican solo tres artículos aislados centrados en entornos virtuales y aprendizaje en plataformas inmersivas ($MeanTCperArt = 18-39$). Corresponde a la etapa de “*innovadores*” de Rogers (2003), caracterizada por baja productividad y ausencia de comunidades científicas cohesionadas.

Estas primeras contribuciones abordan la *realidad aumentada* y los *campus virtuales 3D*, anticipando la línea *edu-metaverse* que ganará relevancia en años posteriores.

Fase de adopción temprana (2017–2019)

Tras un periodo de latencia (2014–2016), se observa una reactivación con dos artículos en 2017, uno en 2018 y cuatro en 2019 ($MeanTCperArt = 13,75$). Esta fase marca la

transición desde la exploración conceptual hacia las aplicaciones iniciales, con vínculos entre *inteligencia artificial* (*artificial intelligence*), *agentes conversacionales* (*conversational agents*) y *mundos virtuales sociales* (*social virtual worlds*).

La coautoría internacional (30,03 %) comienza a consolidarse, aunque persisten enfoques predominantemente teóricos.

Fase de consolidación (2020–2021)

Durante 2020 y 2021 el campo experimenta un salto cualitativo y cuantitativo, con 15 publicaciones y un impacto medio elevado ($MeanTCperArt = 92,20$ en 2020; $34,90$ en 2021).

Este periodo coincide con la publicación de revisiones amplias (*surveys*) sobre *neural rendering* [renderizado neuronal], *digital twins* [gemelos digitales] y *6G communications* [comunicaciones 6G], que funcionan como anclas citacionales del dominio (Tewari *et al.*, 2020).

Según Donthu *et al.* (2021), este tipo de síntesis metodológica incrementa la visibilidad y el impacto de los campos emergentes, fenómeno corroborado en este corpus.

Fase de madurez y expansión acelerada (2022–2025)

Entre 2022 y 2025 el área entra en una etapa de crecimiento exponencial, con 37 artículos en 2022, 85 en 2023, 131 en 2024 y 105 en 2025. Más del 93,5 % de la producción total se concentra en este cuatrienio, lo que sugiere la madurez temática y la expansión hacia problemáticas de identidad digital, ética, privacidad y gobernanza algorítmica.

El descenso de $MeanTCperArt$ (de $82,05$ en 2022 a $1,77$ en 2025) se interpreta como dilución citacional, fenómeno propio de áreas en rápida expansión (Bornmann y Mutz, 2015; Waltman, 2016).

En paralelo, la literatura se diversifica con la incorporación de *reviews* (42) y estudios empíricos aplicados a IA generativa (*generative AI*), educación inmersiva (*immersive learning*) y *comunicación en tiempo real* (*real-time communication*), reflejando un tránsito hacia la madurez metodológica.

Análisis de indicadores

La evolución conjunta de los indicadores $MeanTCperArt$, N , $MeanTCperYear$ y $CitableYears$ (Tabla 2) confirma una consolidación progresiva, con una tasa media de crecimiento anual del 39,43 %.

Las cohortes de 2020 y 2022 presentan la mayor intensidad citacional, mientras que las de 2024–2025 expresan una expansión sostenida típica de los dominios *tech-driven* [impulsados por la tecnología].

Esta dinámica reproduce la curva de difusión descrita por Rogers (2003) y los modelos de maduración de Donthu *et al.* (2021), con la expansión cognitiva y diversificación observada en los análisis de Fortunato *et al.* (2018) sobre evolución disciplinaria.

Tabla 2.

Panorama general de la producción científica (2011–2025)

Fase	Año	MeanTCperArt	N	MeanTCperYear	CitableYears
Fase exploratoria	2011	27	1	1.80	15
	2012	18	1	1.29	14
	2013	39	1	3.00	13
Adopción temprana	2017	91	2	10.11	9
	2018	11	1	1.38	8
	2019	13.75	4	1.96	7
Consolidación	2020	92.20	5	15.37	6
	2021	34.90	10	6.98	5
Madurez y expansión acelerada	2022	82.05	37	20.51	4
	2023	28.35	85	9.45	3
	2024	11.02	131	5.51	2
	2025	1.77	105	1.77	1

Fuente: Elaboración propia a partir de Biblioshiny (septiembre 2025).

Los metadatos y *keywords* del corpus revelan cuatro líneas troncales en la evolución temática del campo:

1. Infraestructura y comunicaciones: *6G, edge computing, semantic/multimodal communication, federated learning* y *digital twin* [gemelo digital].
2. Experiencia inmersiva y avatarización: *neural rendering, gesture generation, lip-sync, BCI* (brain–computer interface) y *embodied agents* [agentes encarnados].
3. Aplicaciones en educación y salud: *edu-metaverse, XR learning* [aprendizaje extendido] y *healthcare metaverse*, centrados en la identidad digital infantil y la gobernanza de datos.

4. Seguridad y confianza: *intrusion detection, privacy-preserving, blockchain identity* y *federated unlearning* [olvido federado].

Estos frentes explican los picos citacionales de 2020 —síntesis sobre *neural rendering* (Tewari *et al.*, 2020)— y 2022 —ecosistema *edu-metaverse* y *digital twin/6G* (Khan *et al.*, 2022; Tlili *et al.*, 2022)—, que actuaron como núcleos cognitivos del campo.

La madurez temprana (2024–2025) se caracteriza por un refinamiento metodológico basado en *semantic-aware XR, human digital twin* y métricas de *QoE/QoS* [calidad de experiencia y servicio] en *streaming XR*. Paralelamente, se consolida la evaluación centrada en *user experience, privacy-by-design* y *governance*, evidenciando la transición de un enfoque técnico hacia una perspectiva socio-comunicativa.

La evidencia cuantitativa y temática muestra que la investigación sobre metaversos generativos y comunicación algorítmica en infancias digitales ha pasado de aportes dispersos a un núcleo consolidado, interdisciplinario y colaborativo.

El crecimiento acelerado, una coautoría media de 4,54 y el pico citacional entre 2020 y 2022 reflejan un campo en madurez temprana, orientado a la diversificación epistemológica y la integración interdisciplinar. Este patrón coincide con los modelos de madurez cognitiva y expansión temática descritos por Bornmann y Mutz (2015) y Fortunato *et al.* (2018) para las tecnologías de frontera.

4.2. Publicaciones

El análisis de las fuentes académicas evidencia una alta concentración en un reducido núcleo de revistas, en coherencia con la Ley de Bradford (Bradford, 1934; Pope, 1975; Yu, 2022) y con los patrones de concentración/dispersión identificados en campos *tech-driven* [impulsados por la tecnología] (Donthu *et al.*, 2021; Waltman, 2016). Aplicada a los 383 documentos analizados mediante *Biblioshiny* (septiembre de 2025), la ley permitió segmentar tres zonas de productividad según frecuencia e impacto (*h, g* y *m*).

Distribución Bradford (383 artículos; 216 fuentes)

- Zona 1 – Núcleo: 15 fuentes, 127 artículos (33,2 %).
- Zona 2 – Intermedia: 75 fuentes, 130 artículos (34,0 %).
- Zona 3 – Periférica: 126 fuentes, 126 artículos (32,9 %).
Multiplicador Bradford: 1: 5: 8,4 (núcleo : zona 2 : zona 3).

4.2.1. Núcleo de publicación (Zona 1)

La Zona 1 reúne 15 revistas que concentran un tercio del corpus y definen el marco teórico y metodológico del campo tal y como puede verse en la Tabla 3.

Predominan cabeceras del ámbito IEEE/ACM/Elsevier, centradas en comunicaciones, *internet of things*, redes, visión por computador y electrónica, lo que indica un predominio de enfoques infraestructurales en la consolidación del metaverso generativo.

Tabla 3.

Revistas más productivas e influyentes del núcleo

Revista	Artículos	h-index	g-index	m-index	Citas totales
<i>IEEE Access</i>	34	14	34	2	1.599
<i>IEEE Internet of Things Journal</i>	11	9	11	1,8	356
<i>IEEE Communications Surveys y Tutorials</i>	9	8	9	1,6	718
<i>IEEE Journal on Selected Areas in Communications</i>	10	8	10	2,7	237
<i>IEEE Communications Magazine</i>	9	5	9	1	503
<i>IEEE Network</i>	9	5	9	1	89
<i>Sensors</i>	7	7	7	1,2	402
<i>IEEE Open Journal of the Communications Society</i>	6	3	6	1	83
<i>ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications</i>	5	2	3	1	11
<i>Electronics</i>	5	3	5	1	76
<i>IEEE Transactions on Consumer Electronics</i>	5	3	5	1,5	58
<i>IEEE Wireless Communications</i>	5	3	5	1	53
<i>ACM Transactions on Graphics</i>	4	3	4	0,3	171
<i>Computer Networks</i>	4	3	4	0,8	120
<i>IEEE Consumer Electronics Magazine</i>	4	3	4	1	102

Fuente: Elaboración propia a partir de Biblioshiny (septiembre de 2025).

Lectura interpretativa

1. Eje metodológico: *IEEE Access* y *IEEE Communications Surveys y Tutorials* actúan como anclas citacionales, consolidando marcos sobre 6G, *edge computing*, *semantic/multimodal communication* y *digital twin*.
2. Eje visual y expresivo: *ACM Transactions on Graphics* articula *neural rendering*, *gesture generation* y avatarización, esenciales para comprender la identidad digital.
3. Eje de consumo y experiencia: *IEEE Transactions on Consumer Electronics* y *IEEE Wireless Communications* analizan dispositivos y métricas de calidad de experiencia (QoE) y servicio (QoS) en entornos inmersivos.

El núcleo presenta altos índices h y g, predominio de *surveys* recientes (2019–2025) y una clara madurez tecnológica, aunque la atención sigue centrada en la infraestructura más que en las dimensiones comunicativas y éticas.

4.2.2. Zona intermedia y periférica (Zonas 2 y 3)

La Zona 2 (75 fuentes; 130 artículos) amplía el foco hacia la interacción humano-computadora, el aprendizaje inmersivo, la psicología digital y los sistemas educativos con IA. Revistas destacadas: *Interactive Learning Environments* (4 artículos; h = 3; TC = 105), *IEEE Transactions on Learning Technologies* (3; h = 3; TC = 174), *International Journal of Human-Computer Interaction* (3; h = 1; TC = 6), *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking* (2; h = 2; TC = 17) y *Smart Learning Environments* (1; h = 1; TC = 245), con alto impacto en *edu-metaverse*.

La Zona 3 (126 fuentes; 126 artículos) evidencia diversificación temática y disciplinar, integrando publicaciones sobre ética, derecho, medios, educación, salud y cultura — *LAWS, Journal of Law, Medicine y Ethics, Media and Communication, Technology, Knowledge and Learning, Spanish Journal of Marketing – ESIC*, entre otras—. Su papel es exploratorio y transversal, abordando *governance, privacy-by-design, AI ethics*, transparencia algorítmica y protección de la identidad infantil.

Este patrón confirma la Ley de Bradford, donde cada zona aporta cerca de un tercio del total, reflejando la coexistencia entre un núcleo tecnológico consolidado y periferias dinámicas y especializadas.

4.2.3. Cobertura disciplinar

1. Sesgo infraestructural: El núcleo enfatiza redes y telecomunicaciones (IEEE, ACM), con subrepresentación relativa de fuentes en ética, derecho o educación.

2. Puentes interdisciplinarios: La Zona 2 actúa como interfaz entre las ciencias de la computación y la comunicación, particularmente en *human–computer interaction*, *educational technology* y *healthcare metaverse*.
3. Cobertura ética y regulatoria: Revistas como *LAWS* (2025) y *Journal of Law, Medicine y Ethics* (2022) abren espacio a marcos de *AI accountability* [responsabilidad algorítmica], *data governance* y *privacy for minors* [privacidad infantil].
4. Dimensión geográfica: Alta presencia de revistas europeas (Elsevier, MDPI) y asiáticas (IEEE, Springer), con predominio de producción colaborativa internacional.

La estructura de fuentes reproduce una brecha cognitiva entre lo técnico (núcleo) y lo normativo (periferia), reflejando la dualidad estructural del campo: desarrollo acelerado de infraestructura versus lentitud en la institucionalización ética y comunicacional.

4.2.4. Impacto por fuente y lectura cualitativa

- *IEEE Access* (h = 14; TC = 1.599) es la cabecera más productiva e influyente, actuando como vehículo de consolidación metodológica (*open access*, alto factor de impacto).
- *IEEE Communications Surveys y Tutorials* (h = 8; TC = 718) impulsa la teorización transversal mediante *surveys* de arquitectura 6G y metaversos conectados.
- *ACM Transactions on Graphics* destaca en *neural rendering* y *avatarización*, integrando las dimensiones tecnológicas y expresivas.
- *Interactive Learning Environments* y *Smart Learning Environments* funcionan como revistas puente entre metaverso y educación, abordando *edu-metaverse*, *XR learning* y alfabetización inmersiva.
- *LAWS* y *Journal of Law, Medicine y Ethics* emergen como espacios regulatorios emergentes sobre gobernanza algorítmica y protección de datos en infancias digitales.

4.2.5. Líneas de avance

1. Equilibrio epistemológico: Promover *special issues* interdisciplinarias que integren *human–computer interaction*, *algorithmic transparency* y comunicación social.

2. Estandarización metodológica: Incorporar *checklists* de *privacy-by-design*, *child data protection* y *fairness auditing* en las revistas del núcleo.
3. Refuerzo empírico: Fomentar estudios longitudinales sobre identidad digital infantil, desinformación y exposición a contenidos algorítmicos en entornos XR.
4. Agenda latinoamericana: Incentivar la inclusión de revistas iberoamericanas en los circuitos de visibilidad, reduciendo la brecha norte-sur en la producción científica del metaverso educativo.

4.3. Autores y redes de coautoría

El análisis de autoría científica muestra una estructura concentrada y colaborativa, donde un grupo reducido de investigadoras e investigadores articula el núcleo sobre metaversos generativos, inteligencia artificial y comunicación algorítmica. Este patrón responde a la Ley de Lotka (1926) y coincide con las curvas de madurez de campos *tech-driven* descritas por Donthu *et al.*, (2021) y Waltman (2016).

El corpus procesado en Biblioshiny (septiembre 2025) comprende 383 artículos, 1.274 autoras y autores únicos/as y 2.432 firmas, con una media de 4,54 por documento, indicador de alta colaboración, típica de la ingeniería y la computación aplicadas a entornos inmersivos. La fracción media de autoría (0,22) evidencia coautoría distribuida y equipos interinstitucionales.

La colaboración internacional (41,3 %) confirma una dinámica transnacional con predominio de Asia (63,7 % de autorías del núcleo), seguida de Europa y América del Norte, lo que refuerza la orientación global del campo y la relevancia de las redes académicas multilaterales en la producción de conocimiento sobre tecnologías inmersivas.

4.3.1. Núcleo autoral y métricas de impacto

El núcleo de autoría (top 10) agrupa a las y los investigadores con mayor productividad e impacto en el periodo 2019–2025, vinculados principalmente a universidades de Asia y Oriente Medio. La Tabla 4 sintetiza sus métricas de productividad e impacto, calculadas sobre los metadatos del corpus.

Tabla 4.

Métricas de productividad e impacto

Autora o autor	Institución principal	Artículos	<i>h</i>-index	<i>g</i>-index	<i>m</i>-index	Citas totales
Dusit Niyato	Nanyang Technological University (Singapur)	14	10	14	2,5	622

Autora o autor	Institución principal	Artículos	<i>h</i>-index	<i>g</i>-index	<i>m</i>-index	Citas totales
Zehui Xiong	Singapore University of Technology and Design (Singapur)	11	8	10	1,8	404
Mohsen Guizani	Qatar University (Catar)	10	8	9	1,7	368
Latif U. Khan	Kyung Hee University (Corea del Sur)	8	6	7	1,5	315
Khaled M. Rabie	Manchester Metropolitan University (Reino Unido)	6	4	6	1,2	187
Huanhuan Wang	Beijing Institute of Technology (China)	5	4	5	1	164
Faizan Ahmad	University of Technology Malaysia (Malasia)	5	3	5	0,9	139
Noor Zaman	King Faisal University (Arabia Saudita)	5	3	4	1,1	102

Fuente: Elaboración propia a partir de *Biblioshiny* (septiembre de 2025).

El núcleo exhibe valores de *h-index* y *g-index* superiores a 6 y un *m-index* medio de 1,6, indicadores de consistencia productiva y visibilidad sostenida. La antigüedad promedio del grupo (3,7 años) señala una cohorte joven, vinculada a desarrollos recientes en *federated learning*, *6G communication* y *digital twin networking*. Estas autoras y autores constituyen una comunidad de liderazgo científico internacional, en la que la producción intensiva de artículos se combina con capacidad de articulación interdisciplinar.

4.3.2. Redes de colaboración y síntesis interpretativa

El análisis de coautoría realizado en *Biblioshiny* (2025) se basó en una matriz de adyacencia normalizada (*Fruchterman–Reingold*), ponderada por número de publicaciones conjuntas. La red muestra una densidad de 0,028, *closeness* media de 0,44 y *betweenness* promedio de 13,7, con patrón núcleo–periferia y cuatro clústeres interconectados:

1. Infraestructura y edge intelligence, liderado por Dusit Niyato, Zehui Xiong y Mohsen Guizani; centrado en *semantic communication*, *federated learning* y *digital twin systems*.

2. Aprendizaje inmersivo y educación XR, encabezado por Huanhuan Wang y Faizan Ahmad; enfocado en *smart learning environments* e *immersive pedagogy*.
3. Gobernanza, privacidad y ética, con liderazgo de Khaled M. Rabie y Noor Zaman; aborda *privacy-preserving computing*, *data governance* y *AI accountability*.
4. Interacción social y avatarización, con nodos en Corea, Japón y China, dedicados a *neural rendering*, *embodied agents* y *semantic XR*.

El *PageRank* identifica a Dusit Niyato (0,082), Zehui Xiong (0,067) y Mohsen Guizani (0,052) como los nodos más influyentes, actuando como puentes interclúster. La red es cooperativa pero moderadamente fragmentada, donde los núcleos tecnológicos se integran progresivamente con áreas educativas, sociales y éticas.

Epistemológicamente, refleja una madurez temprana del campo:

- El núcleo mantiene alta endogamia técnica, concentrada en revistas IEEE y ACM.
- Las periferias temáticas evidencian creciente interdisciplinariedad con aportes de comunicación, psicología y derecho sobre identidad, desinformación y protección infantil.
- La baja densidad y los vínculos multinodales entre *communication algorithms* e *immersive learning* marcan una transición hacia la convergencia cognitiva, en línea con Bornmann y Mutz (2015).

La red de autoría configura un ecosistema equilibrado entre consolidación técnica y diversificación temática, articulado en torno a liderazgos asiáticos con proyección internacional, confirmando la expansión colaborativa e interdisciplinaria de los metaversos generativos y su orientación hacia una ética de la IA aplicada a las infancias digitales.

4.4. Red de coocurrencia de palabras clave

El análisis de la red de coocurrencia de palabras clave, generado en *Biblioshiny* (septiembre de 2025) y mostrado en la Figura 2, identifica la estructura semántica del campo sobre metaversos generativos, inteligencia artificial y comunicación algorítmica.

La red, con 73 nodos y 412 enlaces, presenta una configuración heterogénea y multinúcleo, donde *metaverse* ocupa el centro (*betweenness* = 488,24; *PageRank* = 0,137), articulando subdominios técnicos, inmersivos y semánticos.

Virtual reality (*betweenness* = 41,278; *PageRank* = 0,047) actúa como nodo periférico central que enlaza lo técnico con la *user experience*. Su densidad moderada y conexión con el Clúster 1 mediante *artificial intelligence* y *digital twin* evidencian una consolidación emergente, centrada en la convergencia entre *extended reality* y *AI-driven education*.

El grupo refleja la expansión del metaverso hacia el aprendizaje inmersivo (XR learning) y la alfabetización digital, con impacto en identidad y socialización infantil, conforme a la *educational data ethics*.

Clúster 3 – Aprendizaje automático y optimización de recursos (rojo claro)

Compuesto por 16 términos, se organiza en torno a *machine learning* (*betweenness* = 29,106; *PageRank* = 0,041), *federated learning*, *reinforcement learning* y *resource management*. Representa el componente más técnico del ecosistema, orientado al desarrollo de modelos predictivos y adaptativos.

La conexión entre *federated learning* y *privacy-preserving* revela el intento de equilibrar eficiencia algorítmica y protección de datos. Su densidad intermedia indica madurez metodológica temprana, con potencial de expansión hacia salud digital y educación adaptativa. Este subespacio respalda la hipótesis de tecnologización progresiva del metaverso, donde la optimización reemplaza gradualmente la interacción humana (Waltman, 2016).

Clúster 4 – Comunicación semántica y cognición distribuida (violeta)

Menos denso, con nodos principales *semantic communication* y *semantics*, presenta baja centralidad (*betweenness* < 1,2; *PageRank* ≈ 0,01) pero alto potencial disruptivo, al conectar semántica, eficiencia comunicativa y comprensión contextual de la IA.

Refleja la transición de las comunicaciones sintácticas hacia modelos *semantic-aware networking*, que habilitan interoperabilidad entre humanos, agentes virtuales y dispositivos inteligentes. Anticipa así el paso del metaverso gráfico a una infraestructura cognitiva, donde la semántica será eje central de la interacción.

La red global (Figura 2) exhibe una topología jerárquica dominada por *metaverse* y *artificial intelligence*, términos pivotaes con alta *betweenness* y *PageRank* que articulan los demás dominios.

Los clústeres 1 y 3 concentran mayor densidad de enlaces, evidenciando la hegemonía técnica e infraestructural, mientras que los clústeres 2 y 4 actúan como zonas emergentes orientadas a la experiencia inmersiva y la semántica cognitiva.

Epistemológicamente, la coexistencia de núcleos consolidados y periferias activas confirma la transición hacia una madurez temprana (2022–2025) con creciente

integración interdisciplinaria. No obstante, la escasa presencia de términos como *ethics*, *transparency* o *governance* revela un vacío normativo, coherente con los patrones descritos en la bibliometría de la IA (Donthu *et al.*, 2021).

La red de coocurrencia refleja un ecosistema tecnológicamente sólido, pero éticamente incipiente, donde los avances en infraestructura y aprendizaje automático superan la adopción de enfoques comunicativos y de protección infantil. Este desequilibrio sugiere la conveniencia de analizar conjuntamente eficiencia técnica y responsabilidad ética en futuras investigaciones sobre comunicación algorítmica e infancias inmersivas.

4.5. Áreas temáticas

El mapa temático, generado con *Biblioshiny* (septiembre 2025), organiza el dominio según centralidad (relevancia estructural) y densidad (grado de desarrollo), conforme al modelo de Callon *et al.*, (1991) y Cobo *et al.* (2011). La interpretación combina *betweenness*, *closeness* y *PageRank* (Donthu *et al.*, 2021; Waltman, 2016) calculados para cada clúster.

Temas motores (alta centralidad y densidad)

En el cuadrante superior derecho destacan tres polos consolidados:

- *metaverse* – *artificial intelligence* – *machine learning*: mayor centralidad (*betweenness* \approx 3 900; *PageRank* \approx 0,06) e incluye *deep learning*, *virtual reality*, *blockchain*, *security* y *digital twin*. Constituye la columna vertebral tecno-infraestructural del campo.
- *federated learning* – *training* – *6G mobile communication*: eje de computación distribuida con alto valor en *resource management* (*betweenness* = 436,7) y vínculos con *edge intelligence*, indicador de madurez metodológica.
- *semantic communication* – *semantics* – *sensors*: bloque de elevada densidad (*betweenness* = 1 075,3) que posiciona la semántica como vector de eficiencia comunicativa.

La literatura del corpus sitúa como ejes centrales el aprendizaje distribuido, las infraestructuras 6G/edge y la capa semántica asociada a la optimización de transmisión y significado (Aria y Cuccurullo, 2017).

Temas básicos (alta centralidad, baja densidad)

Reúne etiquetas en consolidación que vinculan dominios técnicos y comunicativos: *communication*, *social networks*, *virtual worlds* y *affective computing* actúan como puentes entre infraestructura e interacción.

El clúster *applications* (*betweenness* \approx 1 000) mantiene baja densidad, y *gamified learning* y *cyberbullying* enlazan la tecnología inmersiva con la educación y protección infantil.

Estos temas sirven de base para trasladar la infraestructura al plano comunicativo-educativo, aunque requieren mayor cohesión teórica (Cobo *et al.*, 2011).

Temas nicho (alta densidad, baja centralidad)

Con líneas especializadas como *cyberstalking detection*, *constraint deep reinforcement learning*, *educational technology* o *automation*, presentan alto desarrollo local pero baja conexión estructural. Representan núcleos metodológicos avanzados susceptibles de integración con los motores mediante *semantics* o arquitecturas FL-6G.

Temas emergentes o en declive (baja centralidad y densidad)

Agrupación *metaverse security*, *AI ethics*, *character animation*, *technology acceptance model* y *higher education – intercultural communication*. La baja centralidad de *AI ethics* (5 ocurrencias) evidencia su relevancia potencial pero escasa integración en el campo.

La baja centralidad de estos temas indica una integración limitada en el núcleo del dominio; su mayor articulación con los temas motores podría contribuir a desarrollar marcos sobre transparencia y protección infantil en investigaciones futuras (Donthu *et al.*, 2021).

Tendencias

1. Triada motriz: la convergencia *metaverse–AI/ML*, *federated learning–6G/edge* y *semantic communication* marca la pauta técnica (Callon *et al.*, 1991; Cobo *et al.*, 2011).
2. Traslación social: *communication*, *social networks* y *applications* conectan la infraestructura con educación, salud y cultura, aunque requieren mayor densificación teórica.
3. Vacío normativo-ético: la baja centralidad de *AI ethics* y *metaverse security* revela un déficit de gobernanza algorítmica y *safety-by-design* en infancias inmersivas.
4. Especialización desconectada: áreas nicho como *cyberstalking detection* presentan potencial de mayor conexión estructural si se articulan con los motores vía *semantics* y FL-6G.

5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

5.1. Interpretación crítica de los hallazgos

El análisis bibliométrico muestra que la investigación sobre metaversos generativos, inteligencia artificial (IA) y comunicación algorítmica crece entre 2010 y 2025 y transita desde la educación virtual tradicional hacia entornos inmersivos donde la Generación Alfa se vincula a procesos cognitivos y comunicativos (Tabla 5). Los nodos *metaverse*, *AI/ML*, *federated learning* y *semantic communication* concentran mayor densidad, con integración aún limitada de enfoques centrados en niñez y comunicación educativa. Las coocurrencias sugieren que “*avatar*, *agency*, *identity*, *ethics*” y “*learning*” ganan centralidad desde 2022, lo que apunta a una apertura hacia lecturas socio-comunicativas y de derechos. En conjunto, los hallazgos indican que los metaversos generativos no solo prolongan el aula digital, sino que también funcionan como espacios de mediación identitaria en los que se intensifica la interacción con agentes no humanos.

Tabla 5.

Nodos bibliométricos e implicaciones para la Generación Alfa

Nodo	Interpretación	Implicación para la Generación Alfa
Metaverse–AI/ML	Ecosistema híbrido de aprendizaje y entretenimiento sustentado en IA generativa	Configura experiencias de aprendizaje multisensorial, pero también dinámicas de control algorítmico que exigen marcos éticos y pedagógicos específicos.
Federated learning–6G/edge	Distribución de datos y personalización extrema	Amplía la adaptatividad educativa, pero incrementa el riesgo de vigilancia infantil; urge transparencia y <i>data minimization</i> .
Semantic communication	Comprensión contextual y transmisión eficiente del significado	Introduce la semántica algorítmica como mediación comunicativa; requiere alfabetización en lectura y escritura algorítmica.
Edu-metaverse / XR learning	Integración de aprendizaje inmersivo y socialización avatarizada	Fomenta creatividad y colaboración, pero demanda políticas de accesibilidad y diversidad para la niñez.
Adopción (TAM/DOI)	Intención de uso condicionada por utilidad y satisfacción	La Generación Alfa adopta tecnologías por motivación lúdica; se debe equilibrar placer, seguridad y pensamiento crítico.
LLM+MR co-orestación	Interacción humano–IA mediante modelos generativos	Nace la figura del “compañero cognitivo algorítmico”, que redefine el rol de docentes y aprendices.

Fuente: Elaboración propia

La evidencia sugiere que los metaversos generativos no solo prolongan el aula digital, sino que la convierten en un espacio de mediación identitaria, donde la Generación Alfa aprende a través de la conversación con inteligencias no humanas.

5.2. Implicaciones teóricas y epistemológicas

En el corpus, la niñez aparece mayoritariamente como usuaria de sistemas XR más que como sujeta de coproducción cognitiva, lo que sugiere la necesidad de desplazar el foco desde el consumo tecnológico hacia la agencia algorítmica infantil. Proponemos el Marco IAA-GA (Infancia–Agencia–Algoritmos–Generación Alfa), que sintetiza: (1) infancia digital; (2) agencia distribuida; (3) algoritmos como mediadores simbólicos; y (4) condiciones de legitimidad (transparencia, equidad, explicabilidad):

- Infancia digital: continuo de inmersión y datificación mediado por IA generativa.
- Agencia distribuida: acción compartida con agentes algorítmicos (avatars, chatbots, LLMs).
- Algoritmos como mediadores simbólicos: modelan significados y actúan comunicativamente.
- Condiciones de legitimidad: transparencia, equidad y explicabilidad.

En este artículo, su sustento es de naturaleza bibliométrica e interpretativa (coocurrencias y patrones temáticos del corpus), por lo que no constituye una validación empírica directa en población infantil o en entornos XR.

Este marco, sustentado en Park y Kim (2022), Tlili *et al.* (2022) y Xu *et al.* (2024), ofrece una lectura integradora de la comunicación algorítmica no como transmisión de datos, sino como proceso formativo de cocreación de sentido.

5.3. Implicaciones éticas, normativas y políticas

a) Consentimiento y alfabetización algorítmica. La Generación Alfa interactúa con sistemas predictivos que recopilan datos (voz, movimiento, emoción), y su consentimiento puede anteceder a una alfabetización crítica (Ilić *et al.*, 2021; Park y Kim, 2022). En este marco, la explicabilidad educativa se vincula a comprender cómo y por qué se personalizan contenidos.

b) Desinformación generativa y NEO-NPC. Los NEO-NPC, avatares autónomos basados en IA generativa, pueden favorecer aprendizaje lúdico, pero también tensionan autoría y autenticidad, aumentando vulnerabilidad a narrativas sin marcadores de origen (Tlili *et al.*, 2022). Se plantean tres salvaguardas: (1) etiquetado visible de agentes no humanos; (2) verificación pedagógica de contenidos generativos en educación; (3) auditorías de impacto infantil (sesgos, accesibilidad, bienestar).

c) Gobernanza y derechos digitales. La literatura destaca marcos de gobernanza algorítmica y accountability (Garlinska *et al.*, 2023; Park y Kim, 2022), y se menciona la agenda internacional —ODS 4, 10 y 16; Recomendación UNESCO sobre Ética de la IA, 2021— como referencia para un enfoque adaptado a infancia. Se formula el principio de “explicabilidad XR con enfoque de derechos” para experiencias dirigidas a menores.

5.4. Aportes aplicados y escenarios de acción profesional

1. Educación inmersiva y pensamiento crítico: integrar alfabetización mediática generativa y valorar ética algorítmica/autonomía cognitiva en rúbricas XR

(Garlinska *et al.*, 2023; Tlili *et al.*, 2022).

2. Diseño participativo: se destaca el potencial de codiseño guiado por IA (Xu *et al.*, 2024) y se proponen laboratorios de cocreación infantil.
3. Comunicación institucional y marcas: necesidad de identidad verificable, etiquetado de IA y protección de autoimagen avatarizada; responsabilidad compartida entre industria, educadores y comunicadores.
4. Periodismo inmersivo y verificación generativa: se plantea verificación en XR (watermarking, trazabilidad narrativa, autenticación visual) para reducir exposición a contenidos sintéticos no verificados (Tewari *et al.*, 2020).

5.5. Limitaciones y delimitaciones del estudio

El corpus bibliométrico, aunque amplio (2010–2025), presenta predominio anglófono y concentración en revistas de ingeniería y tecnología, con escasa representación de estudios cualitativos sobre comunicación infantil. Esta distribución puede favorecer una lectura tecnodominante del campo, al priorizar líneas infraestructurales frente a enfoques socio-comunicativos centrados en la niñez. Asimismo, el análisis de coocurrencias refleja subrepresentación latinoamericana y africana, lo que sugiere la necesidad de internacionalizar la mirada sobre la Generación Alfa en contextos de desigualdad digital, evitando generalizaciones implícitas a partir de circuitos editoriales dominantes.

Metodológicamente, el uso de Biblioshiny y métricas de centralidad permitió cuantificar la madurez del campo, pero no capta por sí solo cómo se construyen discursivamente categorías como infancia, identidad o desinformación; por ello, se requiere complementar con análisis discursivos para identificar cómo la infancia es narrada, protegida o instrumentalizada en la literatura científica (Waltman, 2016).

5.6. Líneas futuras de investigación interdisciplinar: Agenda Alfa 2030

Tabla 6.

Líneas futuras de investigación

Línea	Vacío abordado	Metodología sugerida	Impacto esperado	ODS
1. Cognición algorítmica infantil	Falta de estudios sobre cómo la IA modela la atención y el razonamiento de la Generación Alfa	Experimentos XR + neuroeducación ética	Comprensión de efectos cognitivos y regulatorios	4, 10
2. Identidad avatarizada y autoimagen	Ausencia de longitudinales sobre identidad digital infantil	Estudios de panel (6–12 años) + entrevistas XR	Políticas de bienestar y diseño de avatares inclusivos	3, 4, 10
3. Desinformación generativa	Sin protocolos de verificación en entornos XR	Diseño experimental con marcado sintético y <i>fact-</i>	Alfabetización mediática adaptada a edades	4, 16

	educativos	<i>checking</i> inmersivo		
4. Ética algorítmica aplicada a NEO-NPC	Falta de marcos sobre interacción humano-IA infantil	Delphi con expertos en IA, educación y comunicación	Códigos de conducta para IA en entornos educativos	10, 16
5. Co-diseño IA-niñez	Escasa participación infantil en creación tecnológica	Investigación participativa + <i>AI design labs</i>	Revalorización de la agencia infantil y diseño inclusivo	4, 10
6. Justicia de datos y equidad digital	Brecha entre adopción y derechos digitales	SEM-ML con variables de equidad	Estrategias de gobernanza y accesibilidad universal	10, 16
7. Gobernanza y transparencia metaversal	Déficit de políticas globales	Análisis comparado de normativas	Protocolo UNESCO-UNICEF para IA y niñez digital	16

Fuente: Elaboración propia

Estas líneas también funcionan como vías de contrastación empírica futura para los marcos propuestos, más allá del soporte bibliométrico de este estudio.

5.7. Hacia una Agenda Alfa 2030

Los resultados sitúan a la Generación Alfa en una ecología comunicativa marcada por metaversos generativos, IA conversacional y realidades mixtas, con implicaciones para aprendizaje, identidad y sociabilidad. En este marco, el Marco IAA-GA propone equilibrar eficiencia algorítmica y equidad comunicativa, reconociendo a la infancia como interlocutora.

A modo de agenda de trabajo, se plantean cinco líneas: (1) educación inmersiva crítica y alfabetización algorítmica; (2) transparencia XR y etiquetado de agentes generativos; (3) alfabetización mediática para información sintética; (4) investigación transdisciplinar sobre identidad, cognición y agencia; (5) seguimiento institucional de derechos digitales y bienestar algorítmico.

6. REFERENCIAS

- Almarzouqi, A., Aburayya, A., y Salloum, S. A. (2022). Prediction of users' intention to use metaverse system in medical education: A hybrid SEM-ML learning approach. *IEEE Access*, 10, 43421-43434. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3169285>
- Aria, M., y Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Bornmann, L., y Mutz, R. (2015). Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 66(11), 2215-2222. <https://doi.org/10.1002/asi.23329>

- Bradford, S. C. (1934). Sources of information on specific subjects. *Engineering*, 137, 85-86. <https://doi.org/10.1177/016555158501000407>
- Callon, M., Courtial, J.-P., y Laville, F. (1991). Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research. *Scientometrics*, 22(1), 155-205. <https://doi.org/10.1007/BF02019280>
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., y Herrera, F. (2011). Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62(7), 1382-1402. <https://doi.org/10.1002/asi.21525>
- Damaševičius, R., y Sidekerskienė, T. (2024). Virtual worlds for learning in the metaverse: A narrative review. *Sustainability*, 16(5), 2032. <https://doi.org/10.3390/su16052032>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., y Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Fortunato, S., Bergstrom, C. T., Börner, K., Evans, J. A., Helbing, D., Milojević, S., Petersen, A. M., Radicchi, F., Sinatra, R., Uzzi, B., Vespignani, A., Waltman, L., Wang, D., y Barabási, A.-L. (2018). Science of science. *Science*, 359(6379), eaao0185. <https://doi.org/10.1126/science.aao0185>
- Garlinska, M., Osial, M., Proniewska, K., y Pregowska, A. (2023). The influence of emerging technologies on distance education. *Electronics*, 12(7), 1550. <https://doi.org/10.3390/electronics12071550>
- Ilić, M. P., Păun, D., Popović Šević, N., Hadžić, A., y Jianu, A. (2021). Needs and performance analysis for changes in higher education and implementation of artificial intelligence, machine learning, and extended reality. *Education Sciences*, 11(10), 568. <https://doi.org/10.3390/educsci11100568>
- Khan, L. U., Saad, W., Niyato, D., Han, Z., y Hong, C. S. (2022). Digital-twin-enabled 6G: Vision, architectural trends, and future directions. *IEEE Communications Magazine*, 60(1), 74-80. <https://doi.org/10.1109/MCOM.001.21143>
- Lotka, A. J. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 16(12), 317-323. <https://www.jstor.org/stable/24529203?seq=1>
- Nalbant, K. G., y Aydın, S. (2023). Development and transformation in digital marketing and branding in the metaverse universe. *Journal of Metaverse*, 3(1), 9-18. <https://doi.org/10.57019/jmv.1148015>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated

- guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Park, S.-M., y Kim, Y.-G. (2022). A metaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges. *IEEE Access*, 10, 4209-4251. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3140175>
- Pope, A. (1975). *Bradford's law and the periodical literature of information science*. *Journal of the American Society for Information Science*, 26(4), 197-204. <https://doi.org/10.1002/asi.4630260403>
- Rethlefsen, M. L., Kirtley, S., Waffenschmidt, S., Ayala, A. P., Moher, D., Page, M. J., y Koffel, J. B. (2021). PRISMA-S: An extension to the PRISMA statement for reporting literature searches in systematic reviews. *Journal of the Medical Library Association*, 109(3), 395-406. <https://doi.org/10.5195/jmla.2021.962>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press. https://books.google.es/books?id=9U1K5LjUOwEC&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Tewari, A., Fried, O., Thies, J., Sitzmann, V., Lombardi, S., Sunkavalli, K., Martin-Brualla, R., Simon, T., Niessner, M., Pandey, R., Fanello, S., Wetzstein, G., Zhu, J.-Y., Theobalt, C., Agrawala, M., Shechtman, E., Goldman, D. B., y Zollhöfer, M. (2020). State of the art on neural rendering. *Computer Graphics Forum*, 39(2), 701-727. <https://doi.org/10.1111/cgf.14022>
- Tlili, A., Huang, R., Shehata, B., Liu, D., Zhao, J., Metwally, A. H. S., Wang, H., Denden, M., Bozkurt, A., Lee, L.-H., Beyoglu, D., Altinay, F., Sharma, R. C., Altinay, Z., Li, Z., Liu, J., Ahmad, F., Hu, Y., Salha, S., Abed, M., y Burgos, D. (2022). Is metaverse in education a blessing or a curse? A combined content and bibliometric analysis. *Smart Learning Environments*, 9(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00205-x>
- Waltman, L. (2016). A review of the literature on citation impact indicators. *Journal of Informetrics*, 10(2), 365-391. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2016.02.007>
- Xu, S., Wei, Y., Zheng, P., Zhang, J., y Yu, C. (2024). LLM-enabled generative collaborative design in a mixed reality environment. *Journal of Manufacturing Systems*, 74, 703-715. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2024.04.030>
- Yu, Q. (2022). Applying Bradford's law to bibliometric analysis in communication and information research. *Scientometrics*, 127(4), 1989-2007. <https://doi.org/10.1007/s11192-021-04368-5>
- Zhang, Y. (2023). Secure preschool education using machine learning and metaverse technologies. *Applied Artificial Intelligence*, 37(3), e2222496. <https://doi.org/10.1080/08839514.2023.2222496>

CONTRIBUCIONES DE AUTORES, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Financiación: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

AUTOR/ES:

Rafael Braza Delgado

Universidad de Cádiz

Desarrollo mi labor docente e investigadora en el ámbito del marketing estratégico, la transformación digital y la inteligencia artificial, centrándome en su impacto sobre el comportamiento del consumidor y el rendimiento empresarial. Mi trabajo se orienta a integrar la teoría académica con la práctica profesional, fomentando la innovación y el pensamiento crítico en la gestión empresarial. Paralelamente, he acumulado una amplia experiencia en Telefónica España, donde he desempeñado cargos como Estratega de Marketing y Responsable de Investigación de Mercados. Esta trayectoria profesional me permite trasladar al ámbito académico una visión práctica y actual del mercado, enriqueciendo la docencia y fortaleciendo la conexión entre investigación, empresa y sociedad.

rafael.brazadelgado@alum.uca.es

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0005-7740-2221>

Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?hl=es&authuser=1&user=D4dyO2sAAAAJ>

ARTÍCULOS RELACIONADOS:

- Aceituno Silva, D. (2024). Ciudadanía digital, fake news y la desinformación. Uso de la estrategia SIFT y el desarrollo del razonamiento cívico *online* en la escuela. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-22. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-964>
- Aramburú Moncada, L. G., López Redondo, I. y López Hidalgo, A. (2023). Inteligencia artificial en RTVE al servicio de la España vacía. Proyecto de cobertura informativa con redacción automatizada para las elecciones municipales de 2023. *Revista Latina de Comunicación Social*, 81, 1-16. <https://doi.org/10.4185/RLCS-2023-1550>
- Ballesteros-Aguayo, L. y Ruiz del Olmo, F. J. (2024). Vídeos falsos y desinformación ante la IA: el *deepfake* como vehículo de la posverdad. *Revista de Ciencias de la Comunicación e Información*, 29, 1-14. <https://doi.org/10.35742/rcci.2024.29.e294>
- Barba, V. (2025). Derecho a la identidad digital y protección de niños, niñas y adolescentes frente a la exposición prematura en redes. *Revista de ciencias sociales*, 87, 45-92. <http://dx.doi.org/10.22370/rcs.2025.87.5008>
- García, S. C. (2025). Literatura infantil y juvenil como herramienta de pensamiento crítico y resiliencia emocional frente al odio y la violencia. Revisión sistemática de estudios sobre infancia y adolescencia. *AILIJ. Anuario de Investigación en Literatura Infantil y Juvenil*, (23). <https://doi.org/10.35869/ailij.v0i23.6071>