

# Recursos digitales de aprendizaje en la física universitaria: una revisión de alcance sobre el uso estudiantil y las tendencias del conocimiento

Digital learning resources in university physics: a scoping review of student use and knowledge trends

**Narciso Verón Rojas<sup>1</sup>**

<https://orcid.org/0009-0002-7682-9993>

**Nicolás Fernández Astudillo<sup>2</sup>**

<https://orcid.org/0000-0002-4961-3380>

**Nelson Sepúlveda<sup>3</sup>**

<https://orcid.org/0000-0002-6294-7799>

**Ignacio Julio Idoyaga<sup>4</sup>**

<https://orcid.org/0000-0002-0661-915X>

Verón Rojas et al. (2025). *Recursos digitales en la enseñanza de la física universitaria: una revisión de alcance sobre el uso estudiantil y las tendencias de conocimiento*. Campo Universitario, 6 (12), 1-23.

**Resumen:** Esta revisión de alcance explora los recursos digitales de aprendizaje empleados en la enseñanza de la física en la educación superior y cómo los y las estudiantes los utilizan. A partir de una búsqueda sistemática en bases académicas y el análisis de referencias, se seleccionaron 50 estudios publicados principalmente en los últimos cinco años. Los resultados indican una producción científica global y reciente, centrada en doce categorías de recursos, entre las que destacan laboratorios virtuales, simuladores interactivos, plataformas educativas, inteligencia artificial,

<sup>1</sup> Universidad Argentina J. F. Kennedy. Contacto: [narciso.veron.n@gmail.com](mailto:narciso.veron.n@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidad de Playa Ancha, Chile. Contacto: [nicolas.fernandez@upla.cl](mailto:nicolas.fernandez@upla.cl)

<sup>3</sup> Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile. Contacto: [nelson.sepulveda@umce.cl](mailto:nelson.sepulveda@umce.cl)

<sup>4</sup> Instituto de Investigación en Educación Superior, Asociación de Docentes de la Universidad de Buenos Aires (ADUBA), Argentina. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires. Contacto: [nachoidoyaga@gmail.com](mailto:nachoidoyaga@gmail.com)

gamificación y tecnologías inmersivas. El análisis del conocimiento muestra una concentración temática en simulaciones y entornos virtuales, mientras que tecnologías emergentes aún ocupan un lugar marginal, lo que revela brechas de investigación. Se identificaron cinco formas en que los y las estudiantes usan estos recursos: para experimentar de manera virtual, visualizar fenómenos físicos, colaborar en línea, autoevaluarse con retroalimentación inmediata y desarrollar habilidades metacognitivas y digitales. Estos usos reflejan prácticas activas y centradas en el aprendizaje, siempre mediadas por el diseño pedagógico. Aunque se reportan beneficios como mayor comprensión conceptual y autonomía, persisten desafíos relacionados con la desigualdad en el acceso y la necesidad de formación docente. La revisión concluye que, pese al crecimiento de recursos multimodales, el campo carece de coherencia pedagógica: la mera disponibilidad tecnológica no garantiza aprendizajes profundos. Por ello, se recomienda fortalecer la formación docente en diseño instruccional, promover investigaciones en contextos no anglosajones y explorar el potencial educativo de tecnologías emergentes desde marcos didácticos intencionados.

Palabras clave: recursos digitales de aprendizaje, enseñanza de la física, educación superior, tecnologías emergentes, aprendizaje estudiantil

**Abstract:** E This scoping review explores digital learning resources used in physics instruction in higher education and how students engage with them. Based on a systematic search in academic databases and reference analysis, fifty studies published mainly in the last five years were selected. Findings indicate a recent and global body of research, focused on twelve categories of resources, including virtual laboratories, interactive simulations, learning platforms, artificial intelligence, gamification, and immersive technologies. The knowledge mapping reveals a thematic concentration around simulations and virtual environments, while emerging technologies remain marginal, highlighting research gaps. Five patterns of student engagement were identified: virtual experimentation, interactive visualization of physical phenomena, online collaboration, self-assessment with immediate feedback, and the development of metacognitive and digital skills. These practices reflect active, student-centered approaches, always mediated by pedagogical design. Although benefits such as improved conceptual understanding and greater learner autonomy are reported, challenges persist regarding digital inequality and the need for teacher training. The review concludes that, despite the growth of multimodal resources, the field lacks pedagogical coherence: technological availability alone does not ensure deep learning. Therefore, it is recommended to strengthen teacher education in instructional design, promote research in non-English-speaking contexts—particularly in Latin America—and explore the educational potential of emerging technologies through intentional didactic frameworks. This study not only maps the current state of research but also opens pathways for more equitable, reflective, and transformative educational practices.

**Keywords:** digital learning resources, physics teaching, higher education, emerging technologies, student learning.

## Introducción

La enseñanza de la física en la educación superior enfrenta desafíos persistentes relacionados con la abstracción de los conceptos, la dificultad para visualizar fenómenos no observables y la desconexión entre la teoría y la práctica (Bohórquez Guevara, 2024). Estos obstáculos se han asociado con altos índices de deserción, bajo rendimiento académico y desmotivación estudiantil, especialmente en los cursos iniciales de carreras de base científico tecnológicas (Zambrano-Cedeño et al., 2024). En este contexto, los recursos digitales de aprendizaje han emergido como herramientas claves para transformar la experiencia educativa, permitiendo representaciones dinámicas de fenómenos físicos, retroalimentación inmediata y un mayor grado de interacción activa por parte del estudiante. Desde una perspectiva pedagógica, estos recursos trascienden su función instrumental al integrar elementos multimodales: imagen, sonido e interactividad; que potencian la representación de conceptos complejos y favorecen procesos cognitivos y motivacionales. Como señala García-Valcárcel Muñoz-Repiso (2016), no se limitan a transmitir información, sino que actúan como mediadores en los procesos de construcción del conocimiento, especialmente cuando están diseñados con un fundamento didáctico. Herramientas como videos educativos, entornos gamificados, dispositivos móviles, laboratorios virtuales y plataformas interactivas pueden convertirse en fuentes dinámicas de aprendizaje, capaces de responder a las necesidades cognitivas, emocionales y contextuales de los y las estudiantes. En este sentido, su impacto en los resultados de aprendizaje ha sido objeto de creciente interés en la investigación educativa, particularmente en disciplinas científicas como la física, donde la visualización y la experimentación son fundamentales.

En la última década, se ha observado una transformación significativa en la enseñanza de la física gracias a la integración de recursos digitales (Demera-Zambrano et al., 2023) como por ejemplo: laboratorios virtuales, simuladores interactivos, recursos multimedia como: animaciones, y/o videos explicativos; plataformas de gestión del aprendizaje, libros electrónicos, micro-videos, aplicaciones móviles y, más recientemente, herramientas basadas en inteligencia artificial, entre otros. Estos recursos han sido diseñados para superar limitaciones tradicionales en la enseñanza de conceptos altamente abstractos, permitiendo a los y las estudiantes visualizar fenómenos físicos no observables, experimentar de manera segura y repetible, y acceder al conocimiento en cualquier momento y lugar. Diversos estudios han reportado mejoras en la comprensión conceptual, la motivación, la autonomía en el aprendizaje y el desarrollo de competencias digitales (Yusuf y Widyaningsih, 2020; Tan y Cheah, 2021; Nyirahabimana et al., 2023). Además, se ha documentado que los y las estudiantes los utilizan no solo como complemento a la clase, sino como herramientas centrales en procesos de aprendizaje autodirigido, preparación para laboratorios presenciales, repaso antes de evaluaciones y trabajo colaborativo en línea (Nungu et al., 2023; Kharki et al., 2021). Sin embargo, su adopción no es uniforme. El

impacto y la sostenibilidad de estos recursos dependen fuertemente de factores como la infraestructura tecnológica institucional, el diseño didáctico subyacente, el acceso equitativo de los y las estudiantes y la formación docente para integrarlos críticamente (Hwang et al., 2020). A pesar del crecimiento de la investigación en este campo, persiste una falta de síntesis que permita comprender de manera integral qué recursos se han implementado, bajo qué enfoques y, especialmente, cómo los y las estudiantes los utilizan. Por ello, este estudio se propone mapear, es decir, identificar, organizar y analizar sistemáticamente, la evidencia científica internacional publicada entre 2015 y 2025 sobre los recursos digitales de aprendizaje en la enseñanza de la física en la educación superior, con énfasis en el uso estudiantil. Mediante un análisis del conocimiento, se busca visualizar las principales líneas temáticas, las áreas emergentes y las brechas en la literatura.

Las preguntas que guían esta investigación son:

- ¿Qué tipos de recursos digitales de aprendizaje se han reportado en la enseñanza de la física en educación superior?
- ¿Cómo describen los estudios el uso que hacen los y las estudiantes de estos recursos?
- ¿Qué tendencias temáticas, agrupamientos conceptuales y vacíos se identifican en la literatura científica sobre este tema?

Esta revisión busca contribuir tanto a la investigación en educación en ciencias como a la práctica docente, ofreciendo un panorama actualizado y estructurado que oriente el diseño e implementación de recursos digitales desde una perspectiva centrada en el estudiante.

## Metodología

Este estudio se enmarca dentro del diseño de un *scoping review* o revisión de mapeo temático (Page et al., 2021), desarrollado bajo las orientaciones propuestas por Levac, Colquhoun y O'Brien (2010), quienes establecen diferentes fases para desarrollar la definición de la pregunta de investigación, la búsqueda de estudios relevantes, la selección de estudios, la extracción de datos, análisis y síntesis de resultados, y la presentación de hallazgos. Este marco proporcionó una estructura clara y sistemática que guió todo el proceso, asegurando coherencia entre las decisiones metodológicas y los objetivos del estudio. Para fortalecer la transparencia y calidad del reporte, el equipo investigador se apoyó en la declaración PRISMA-ScR (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews*), una extensión específica del estándar PRISMA diseñada para mejorar la rigurosidad en la presentación de revisiones de mapeo (Tricco et al., 2018). Si bien no todos los ítems del *checklist* fueron aplicados de forma formal (por ejemplo, no se realizó codificación por pares con cálculo de concordancia), se utilizaron sus principios centrales como: la documentación detallada de la estrategia de búsqueda, los criterios de inclusión y exclusión; y el proceso de selección, para garantizar rigor metodológico y posibilidad de replicación.

## Estrategia de búsqueda de los artículos

La búsqueda de artículos científicos se llevó a cabo en dos fases, siguiendo una estrategia sistemática diseñada para maximizar la sensibilidad y especificidad del proceso.

- Primera fase: búsqueda electrónica asistida por inteligencia artificial

Se realizó una búsqueda electrónica utilizando la plataforma Consensus.ai, herramienta basada en inteligencia artificial que indexa y sintetiza hallazgos científicos procedentes de más de 170 millones de artículos provenientes de fuentes académicas como *Semantic Scholar*, *PubMed*, *Scopus*, *Web of Science*, *ERIC* y *ScienceDirect*. Esta plataforma fue seleccionada por su capacidad para integrar múltiples repositorios científicos y facilitar el acceso a investigaciones relevantes en educación en ciencias y tecnologías educativas. La estrategia de búsqueda se construyó a partir de términos utilizados en estudios previos sobre recursos digitales en educación superior en física (Poultsakis et al., 2021; Zambrano-Cedeño et al., 2024). Tras varias iteraciones para optimizar la combinación de palabras clave y operadores booleanos, se estableció la siguiente ecuación de búsqueda:

("physics education" OR "teaching physics")

AND ("digital learning resources" OR "educational technology" OR "interactive simulations" OR "virtual labs" OR "online resources" OR "mobile apps")

AND ("higher education" OR "university" OR "undergraduate students")

AND ("student use" OR "student engagement" OR "autonomous learning" OR "self-directed learning")

Esta combinación permitió identificar estudios centrados en el uso de recursos digitales por parte de estudiantes universitarios en contextos de enseñanza de la física, equilibrando un amplio alcance temático con relevancia conceptual.

- Segunda fase: exploración del gráfico de citas

Se realizó una revisión de las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados en la primera fase, con el fin de identificar estudios adicionales pertinentes no capturados en la búsqueda inicial. Este procedimiento, conocido como *citation mapping*, ha demostrado ser efectivo para mejorar la exhaustividad en revisiones de mapeo temático (Van Eck Y Waltman, 2017). En ambas fases, la revisión de títulos y resúmenes fue realizada de manera independiente por los miembros del equipo investigador. Las decisiones de inclusión se tomaron tras discusiones colaborativas en reuniones virtuales y el análisis coordinado de una hoja de datos compartida en tiempo real. Este proceso garantizó transparencia, consistencia y replicabilidad en todas las etapas de selección.



## Criterios de elegibilidad

Para asegurar una búsqueda exhaustiva y alineada con el objetivo de esta investigación, se definieron criterios de inclusión y exclusión basados en el marco PCC (Población, Concepto, Contexto) y en filtros técnicos aplicados durante la estrategia de búsqueda (ver Tabla 1). En primer lugar, se seleccionaron artículos publicados en revistas con revisión por pares y acceso abierto (*open access*), ya que este modelo editorial garantiza tanto la calidad científica como la disponibilidad del texto completo para su análisis riguroso. Además, todos los estudios debían estar indexados en revistas *Scopus* o *Web of Science*, lo cual asegura su pertenencia a la literatura académica internacional validada. En segundo lugar, se estableció un rango temporal comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 30 de junio de 2025, con el fin de capturar investigaciones recientes sobre el uso de recursos digitales en la enseñanza de la física. Este periodo de diez años permite mapear tendencias emergentes sin comprometer la vigencia de la evidencia. En tercer lugar, solo se consideraron artículos publicados en inglés, lengua predominante en la producción científica internacional en educación en ciencias y tecnologías educativas, lo que facilita la comparabilidad y difusión global de los hallazgos. Finalmente, se incluyeron únicamente estudios cuya población fueran estudiantes de pregrado en educación superior, cuyo concepto central fuera el uso de recursos digitales de aprendizaje en física, y cuyo contexto correspondiera a entornos formales de enseñanza universitaria. Se excluyeron investigaciones centradas en docentes, materiales no digitales, o aquellas sin descripción clara del uso estudiantil, con el fin de mantener el enfoque de la revisión comprender cómo los y las estudiantes interactúan con las herramientas digitales en su proceso de aprendizaje.

Criterio	Inclusión	Exclusión
<b>Tipo de documento</b>	Artículos científicos con revisión por pares, informes de innovación educativa, estudios de caso y revisiones breves.	Editoriales, opiniones, cartas al editor, actas de conferencias sin desarrollo metodológico claro, tesis doctorales o materiales sin revisión académica.
<b>Año de publicación</b>	Publicados entre el 1 de enero de 2015 y el 30 de junio de 2025 para capturar investigaciones recientes sobre recursos digitales en educación física.	Publicados antes de 2015 o después de junio de 2025 (fuera del rango definido).
<b>Idioma de publicación</b>	Solo artículos publicados en inglés.	Artículos en otros idiomas (español, portugués, francés, etc.)

<b>Participantes del estudio</b>	Estudiantes de educación superior (pregrado) independientemente de su disciplina (ingeniería, ciencias, educación, etc.)	Estudios centrados únicamente en docentes, posgrado, formación continua o población mixta sin desagregación del uso estudiantil.
<b>Acceso y visibilidad del artículo</b>	Publicaciones con acceso abierto como indicador de disponibilidad.	Artículos sin texto completo disponible.
<b>Contexto educativo</b>	Estudios realizados en entornos formales de enseñanza universitaria (presenciales, híbridos o virtuales) en cursos regulares de física.	Contextos informales (museos, plataformas abiertas sin seguimiento institucional) o sin especificación del contexto.

**Tabla 1.** Criterios de inclusión y exclusión.

## Estrategia de selección de los artículos

La selección de artículos se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones del marco PRISMA-ScR (Tricco et al., 2018) (ver Figura 1). El proceso se estructuró en varias fases: identificación, cribado, evaluación de elegibilidad e inclusión. En la fase de identificación, se obtuvieron inicialmente 994 artículos mediante búsquedas electrónicas en la plataforma Consensus.ai, derivadas de 20 consultas semánticas relacionadas con recursos digitales en la enseñanza de la física. Adicionalmente, se identificaron 28 artículos más a través de la exploración del gráfico de citas, una estrategia que permite recuperar estudios altamente citados y relevantes que no aparecieron en la búsqueda inicial. Así, el total de registros identificados fue de 1.022. En la fase de cribado, se eliminaron 403 artículos por ser duplicados o por carecer de resumen disponible, utilizando *Mendeley* como herramienta de apoyo en la gestión bibliográfica. Los 619 artículos restantes pasaron a la siguiente etapa. Durante la fase de evaluación de elegibilidad, se revisaron títulos y resúmenes aplicando los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. Se excluyeron 136 artículos por baja relevancia semántica respecto a los temas centrales de esta revisión: uso estudiantil, recursos digitales, educación superior en física, quedando 483 estudios elegibles para análisis más profundo. Finalmente, en la fase de inclusión, se seleccionaron los 50 artículos de mayor calidad y pertinencia temática, tras un proceso de clasificación final orientado a maximizar la riqueza descriptiva sobre el uso estudiantil de los recursos digitales. Dado que el objetivo central de esta revisión es comprender cómo los y las estudiantes interactúan con estas herramientas, se priorizaron aquellos estudios que:

- Ofrecieran descripciones detalladas del uso autónomo, colaborativo o guiado de los recursos.
- Incluyeran evidencia empírica.

- Presentaran un diseño pedagógico explícito y contextualizado.
- Representaran distintos tipos de recursos digitales.

La selección final de estos 50 artículos fue discutida y consensuada en reuniones virtuales del equipo investigador, donde cada propuesta fue analizada. En este espacio, el juicio interpretativo de los investigadores adquirió un papel fundamental: más allá de los criterios formales, se valoró la densidad descriptiva, la potencialidad teórica y la capacidad de revelar patrones significativos en el uso estudiantil de los recursos digitales. Este proceso colectivo garantizó que la muestra final no solo cumpliera con requisitos metodológicos, sino que ofreciera una base robusta para el mapeo conceptual y la visualización del conocimiento científico.

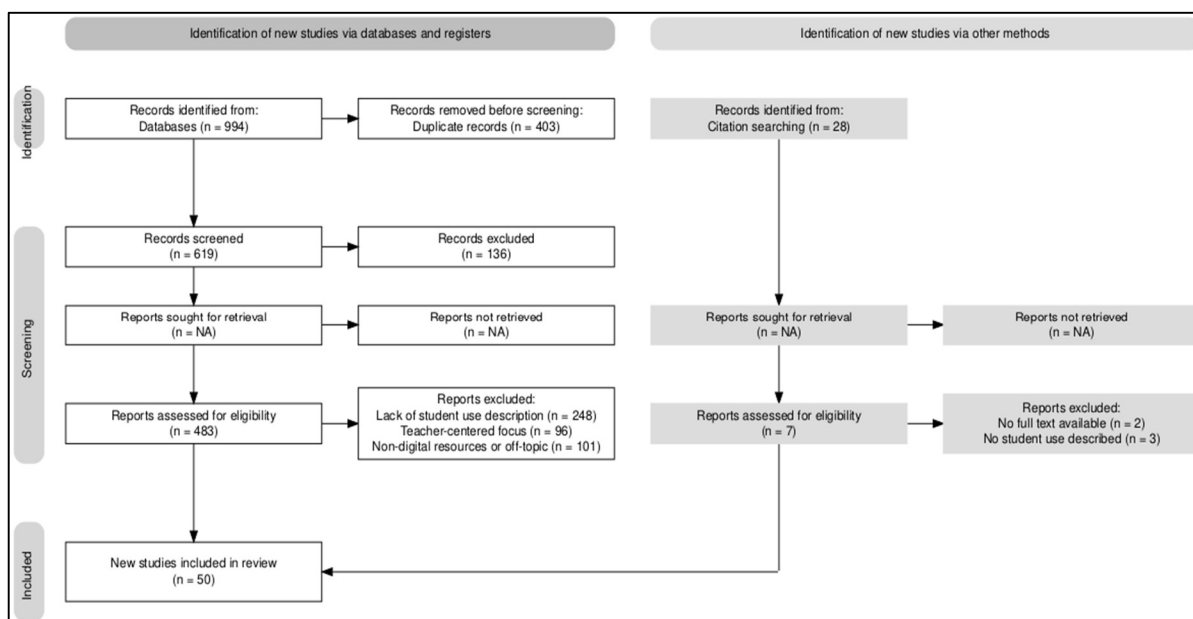


Figura 1. Flujo de selección de estudios según la extensión PRISMA para revisiones de mapeo (PRISMA-ScR). El diagrama fue generado con la aplicación PRISMA2020 Flow Diagram, disponible en: [https://estech.shinyapps.io/prisma\\_flowdiagram/](https://estech.shinyapps.io/prisma_flowdiagram/). Fuente: Adaptado de Tricco et al. (2018) y Haddaway et al. (2022)

## Estrategia de extracción y análisis de los datos

La extracción y el análisis de los datos se desarrolló en dos niveles complementarios: síntesis temática cualitativa y mapeo bibliométrico del conocimiento científico, con el fin de caracterizar no solo qué recursos digitales se utilizan, sino también cómo los estudiantes los incorporan en sus procesos de aprendizaje. En primer lugar, se realizó una lectura exhaustiva de los 50 artículos incluidos, seguida de una extracción sistemática de datos mediante una hoja de cálculo compartida. Las variables extraídas incluyeron: título, autores, año de publicación, revista, cuartil SJR, tipo de estudio, número de citas, resumen, idea principal, y otros elementos relevantes para el análisis. Esta matriz permitió una caracterización detallada del corpus, facilitando la identificación de patrones temáticos, contextos de implementación y perfiles metodológicos predominantes. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis temático reflexivo siguiendo la metodología propuesta por Braun y Clarke (2016), que permite



identificar, analizar e interpretar patrones significativos en datos cualitativos. El proceso se estructuró en tres fases iterativas asistidas por el manejo colaborativo de datos:

- Familiarización con los datos: lectura profunda de los artículos y codificación inicial de fragmentos sobre el uso estudiantil, diseño pedagógico y efectos reportados.
- Codificación temática inductiva: generación de códigos abiertos basados en prácticas descritas.
- Agrupación en temas emergentes: integración de códigos en categorías mayores como: "tipos de recursos digitales", "patrones de uso estudiantil", "beneficios y desafíos" y "tendencias emergentes"; mediante discusión grupal.

Paralelamente al análisis temático, y como parte integral del estudio, se realizó un mapeo bibliométrico del conocimiento científico en el campo, utilizando el software *VOSviewer* (versión 2.0), una herramienta informática diseñada para visualizar redes de términos y relaciones en la literatura académica. Se recopilaron las palabras clave propuestas por los autores de los artículos, así como los términos más relevantes extraídos de los títulos y resúmenes de los 50 artículos seleccionados. Estos términos fueron sometidos a un proceso de normalización, que consistió en unificar formas (por ejemplo, singular y plural) y agrupar palabras con significado equivalente (sinónimos). Solo se incluyeron en el análisis aquellos términos que aparecían al menos cinco veces en el conjunto de documentos. Con estos datos, se generó un mapa visual que muestra con qué frecuencia aparecen juntos ciertos términos en los artículos (lo que se conoce como “co-ocurrencia”). Este mapa se elaboró en el llamado “modo de densidad” (*density view*), una representación gráfica en la que las zonas más oscuras indican mayor concentración de términos relacionados. Esta visualización permitió identificar grupos temáticos principales, reconocer temas emergentes y detectar áreas poco exploradas en la investigación. Todo el proceso fue revisado de forma independiente por los autores del trabajo, quienes celebraron reuniones virtuales para discutir diferencias de interpretación y alcanzar acuerdos. La combinación de este enfoque visual con el análisis temático cualitativo reforzó la solidez de las conclusiones y permitió presentar una síntesis clara, organizada y transparente del estado actual del conocimiento sobre el uso estudiantil de recursos digitales en la enseñanza de la física.

## Resultados

### 1. Caracterización general de los estudios incluidos

En esta revisión de alcance, se analizaron 50 artículos científicos que abordan el uso de recursos digitales de aprendizaje en la enseñanza de la física en educación superior. El análisis reveló una producción científica creciente con marcadas tendencias temáticas, geográficas y editoriales. El 94% de los estudios ( $n = 47$ ) se publicaron entre 2020 y 2025, mientras que solo el 6% ( $n = 3$ ) corresponden al periodo 2015–2019. Este hallazgo evidencia un crecimiento exponencial en la investigación sobre recursos

digitales en física desde 2020, posiblemente impulsado por la aceleración de la transformación digital en la educación durante y tras la pandemia.

Los estudios provienen de una diversidad de contextos internacionales, incluyendo países de América Latina (México), Europa (Alemania, Croacia, Ucrania), Asia (Azerbaiyán, India, Nepal), África (Marruecos, Ruanda, Sudáfrica), Oceanía (Australia, Papúa Nueva Guinea) y América del Norte (Estados Unidos). Esta distribución muestra un interés global en el tema, con una presencia creciente de investigaciones desde regiones del Sur Global, lo cual amplía la validez contextual de los hallazgos más allá de los centros tradicionales de producción científica. La mayoría de los artículos fueron publicados en revistas clasificadas en los cuartiles Q1 y Q2 según *SCImago Journal Rank* (SJR), lo cual indica una alta calidad editorial y visibilidad académica del corpus analizado. Entre las revistas más frecuentes destacan:

- *Physical Review Physics Education Research*
- *Journal of Science Education and Technology*
- *Education and Information Technologies*
- *Computer Applications in Engineering Education*
- *European Journal of Physics*
- *Physics Education*

Además, se identificaron publicaciones en actas de conferencias internacionales (ej. MIPRO, ICAST, ICEIT), revistas latinoamericanas (*LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*) y repositorios emergentes como *arXiv: Physics Education*, lo que refleja la heterogeneidad de los espacios de difusión del conocimiento en este campo.

## 2. Tipos de recursos digitales utilizados

El análisis identificó una amplia gama de recursos digitales empleados en la enseñanza de la física en educación superior, desagregados en doce categorías para reflejar mejor su diversidad técnica y pedagógica. Entre ellos destacan:

1. **Laboratorios virtuales** (como Labster), que permiten experimentación remota en entornos simulados (Kharki et al., 2021; Daineko et al., 2017);
2. **Simuladores interactivos** (como PhET, GeoGebra), que facilitan la manipulación de variables y la visualización dinámica de fenómenos abstractos (Zatarain-Cabada et al., 2022; Chen & Wang, 2024);
3. **Recursos multimedia**, como videos explicativos, animaciones y micro-videos, utilizados para introducir conceptos o reforzar el aprendizaje autónomo (Nyirahabimana et al., 2023; Kafle, 2024);
4. **Plataformas de gestión del aprendizaje** (LMS) como Moodle, Google Classroom y Canvas, que centralizan materiales, tareas y evaluaciones (Nungu et al., 2023; Delgado, 2021);

5. **E-books y materiales digitales descargables**, que promueven el acceso flexible y personalizado al contenido (Sari et al., 2022; Lidiawati, 2024);
6. **Herramientas de inteligencia artificial (IA)**, como chatbots tutoriales, que ofrecen retroalimentación inmediata y personalizan el itinerario de aprendizaje (Tan & Cheah, 2021; Shafiq et al., 2025);
7. **Plataformas gamificadas** (Kahoot!, Classcraft), que incorporan mecánicas de juego para aumentar la motivación (Tan & Cheah, 2021; Muliani et al., 2024);
8. **Tecnologías de realidad extendida (XR)**, incluyendo realidad aumentada (AR) y realidad virtual (VR), con potencial para mejorar la intuición espacial, aunque aún poco exploradas (Zataraín-Cabada et al., 2022; Krutova et al., 2024);
9. **Modelos 3D e impresión digital**, usados para representar estructuras físicas complejas (Zataraín-Cabada et al., 2022);
10. **Microcontroladores programables** (Arduino, micro:bit, otro), que integran física y programación en proyectos prácticos (Asencios-Trujillo et al., 2024);
11. **Java**, empleado en algunos estudios para desarrollar applets educativos, aunque su uso declina frente a tecnologías web modernas (Timchenko et al., 2020);
12. **Smartphones**, que emergen como dispositivos principales para acceder a recursos digitales, especialmente en contextos de *mobile learning* (Rebollo & García-Romero de Tejada, 2016; Salinas Marín, 2019).

Esta diversificación refleja una evolución hacia entornos de aprendizaje multimodales y centrados en el estudiante. Este panorama cualitativo fue complementado con un análisis bibliométrico mediante VOSviewer 2.0, basado en palabras clave y resúmenes de los 50 artículos incluidos. El mapa de densidades (Figura 2) reveló una alta concentración de estudios (tonos claros), en torno a laboratorios virtuales, simuladores interactivos, recursos multimedia, plataformas de gestión del aprendizaje, y libros digitales, lo que confirma que estos constituyen los pilares más consolidados del campo. En contraste, tecnologías emergentes como inteligencia artificial, realidad aumentada y realidad virtual, aparecen en zonas de baja densidad (tonos oscuros), indicando que, aunque prometedoras, aún no alcanzan un volumen crítico de investigación. La red de co-ocurrencia de palabras clave (Figura 3) identificó un cluster central denominado "Electronic Educational Resources", que agrupa la mayoría de estos recursos y actúa como núcleo epistémico del campo. Estos hallazgos no solo validan la prevalencia de ciertos recursos, sino que también revelan brechas estructurales: mientras herramientas como los laboratorios virtuales y las plataformas de gestión de aprendizaje están altamente investigadas, otras como la inteligencia artificial y la realidad aumentada permanecen en la periferia. Este mapa revela la

estructura temática del conocimiento y evidencia brechas en áreas periféricas, como los e-book.

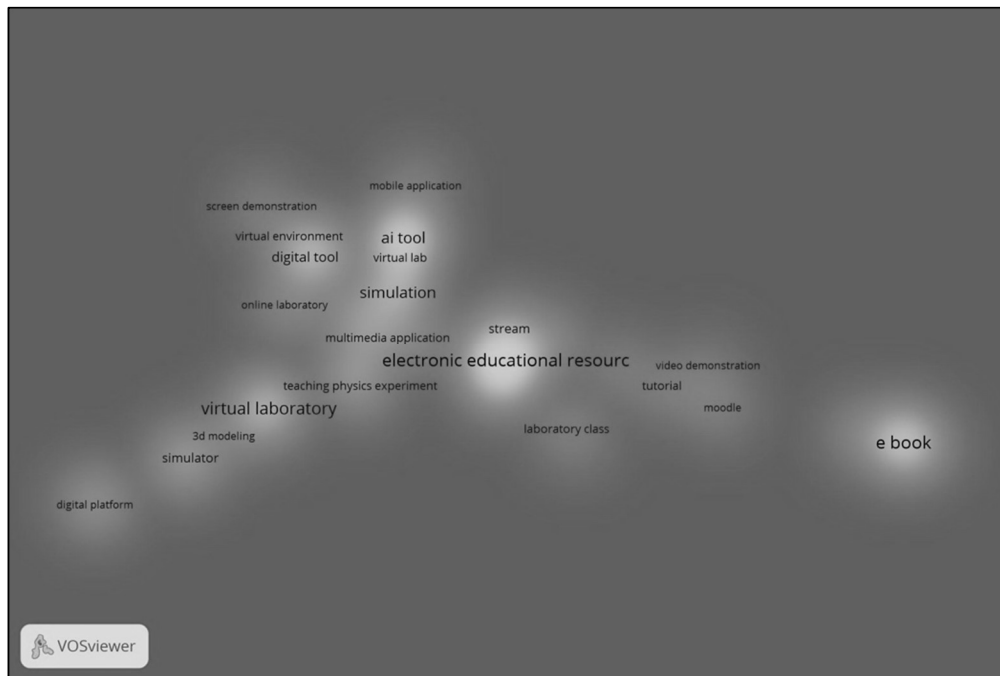


Figura 2. Mapa de densidades del conocimiento científico sobre el uso de recursos digitales en la enseñanza de la física, generado mediante análisis de co-ocurrencia de palabras clave con VOSviewer 2.0. Umbral: frecuencia mínima de cinco apariciones. Tamaño del nodo: no aplicado; color: densidad temática; proximidad: relación semántica entre términos.

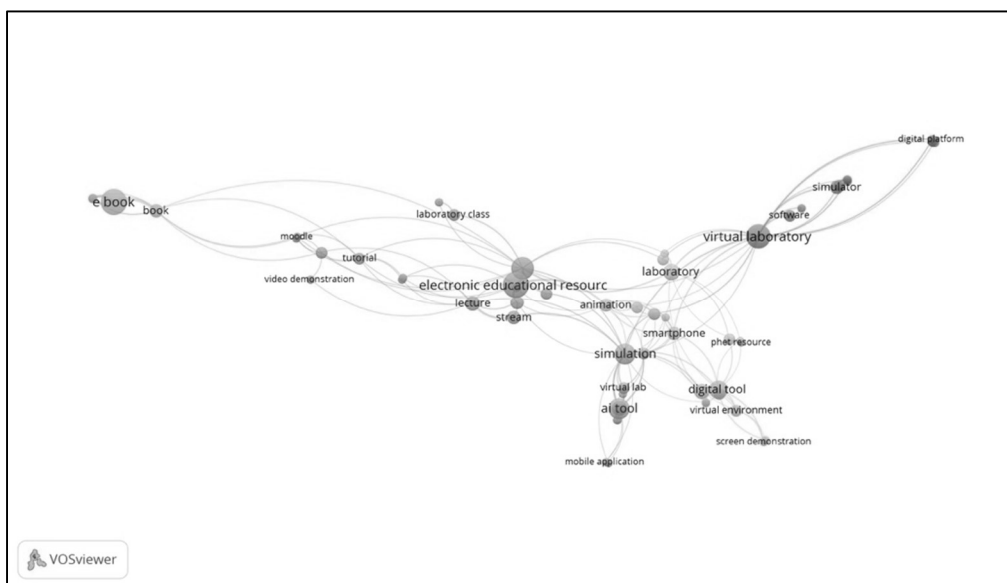


Figura 3: Red de co-ocurrencia de palabras clave en el campo de los recursos digitales para la enseñanza de la física, construida con VOSviewer 2.0. Umbral: frecuencia mínima de cinco apariciones.

### 3. Patrones de uso por parte de estudiantes

La revisión de los artículos incluidos reveló una gran diversidad terminológica al describir cómo los y las estudiantes utilizan los recursos digitales en la enseñanza de la física. Esta dispersión (debida a diferencias lingüísticas, contextuales y metodológicas) dificultó inicialmente la identificación de patrones comunes. Para superar esta limitación, se amplió intencionalmente el conjunto de términos analizados y se aplicó un proceso de codificación inductiva, lo que permitió agrupar las prácticas estudiantiles en cinco categorías emergentes. Estos patrones reflejan un uso activo, estratégico y multifacético de los recursos digitales, muy por encima del mero acceso a contenidos. Lejos de ser herramientas pasivas, los recursos digitales se integran en procesos cognitivos, sociales y metacognitivos complejos, mediados por el diseño pedagógico y el contexto institucional. A continuación, se describe brevemente cada categoría emergente:

- 1) **Experimentación virtual:** Los y las estudiantes utilizan laboratorios virtuales y simuladores interactivos para realizar experimentos en entornos simulados, especialmente cuando el acceso a laboratorios físicos es limitado. Esta práctica permite manipular variables, observar resultados en tiempo real y repetir procedimientos, favoreciendo el desarrollo del pensamiento científico.
- 2) **Visualización interactiva de conceptos abstractos:** Recursos multimedia como videos explicativos, animaciones y micro-videos, junto con modelos 3D y tecnologías de realidad aumentada, son empleados para visualizar fenómenos no observables (por ejemplo, campos eléctricos o movimientos oscilatorios). Esta representación dinámica facilita la construcción de modelos mentales precisos y mejora la comprensión conceptual.
- 3) **Colaboración en línea:** Plataformas de gestión del aprendizaje como Moodle, Google Classroom y Canvas se utilizan como espacios para la interacción social del conocimiento. A través de foros, chats y actividades grupales, los y las estudiantes colaboran, discuten y construyen significados compartidos, promoviendo el aprendizaje colectivo.
- 4) **Autoevaluación y retroalimentación inmediata:** Herramientas basadas en inteligencia artificial y plataformas gamificadas permiten a los y las estudiantes evaluar su propio progreso mediante cuestionarios automatizados y corrección instantánea. Esta retroalimentación rápida fortalece el aprendizaje formativo y permite ajustes en tiempo real.
- 5) **Desarrollo de competencias metacognitivas y digitales:** Más allá del contenido disciplinar, los recursos digitales (como microcontroladores Arduino, smartphones o applets en Java) se usan en proyectos activos que fomentan habilidades clave: autorregulación del aprendizaje, pensamiento crítico, resolución de problemas y alfabetización digital. Este patrón subraya el rol transformador de la tecnología en la formación integral del estudiante.

En conjunto, estos patrones indican que el uso estudiantil de los recursos digitales en física no es homogéneo ni pasivo, sino diferenciado, intencional y profundamente mediado por el diseño instruccional. Su integración efectiva requiere más que acceso tecnológico: exige acompañamiento pedagógico, formación docente y un enfoque centrado en el estudiante. Esta diversidad de prácticas se ve reflejada también en el mapa de co-ocurrencia de palabras clave generado, Figura 4, que muestra una red amplia y descentralizada de conceptos relacionados con el uso estudiantil. La ausencia de un núcleo único altamente conectado sugiere que, aunque existen buenas prácticas, estas aún no están suficientemente articuladas bajo un marco pedagógico común. Esta fragmentación evidencia la necesidad de una intervención pedagógica intencionada, donde docentes e instituciones diseñen estrategias claras para integrar estos recursos de forma coherente, equitativa y orientada al logro de aprendizajes profundos.

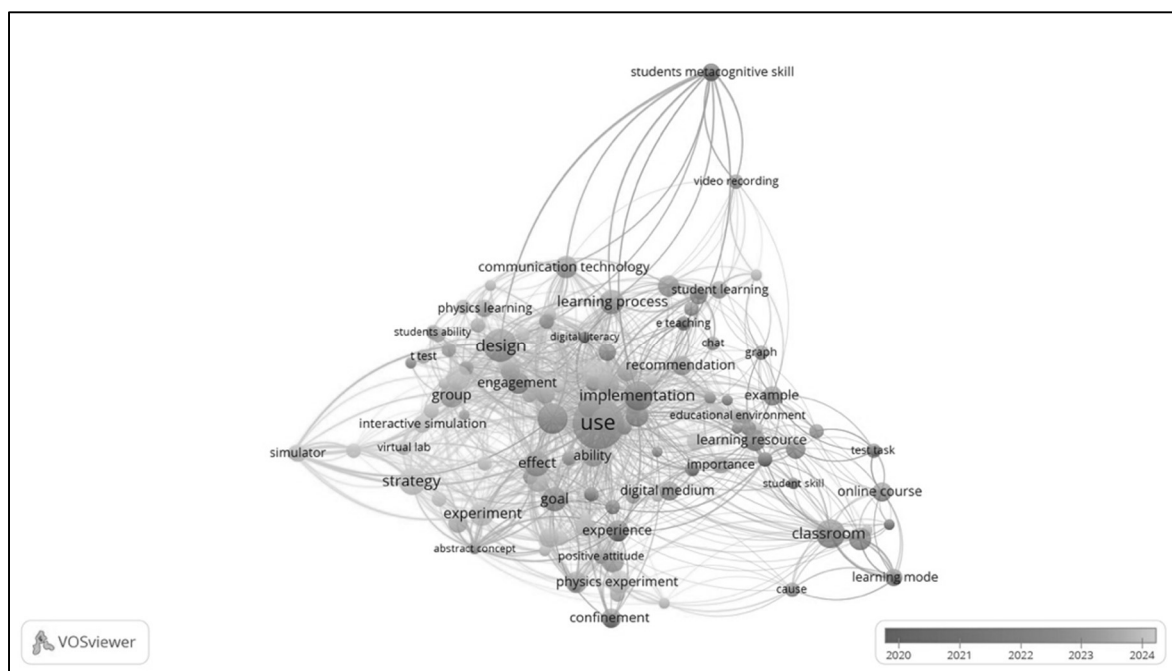


Figura 4. Mapa de co-ocurrencia de palabras clave relacionadas con los patrones de uso de recursos digitales en la enseñanza de la física en educación superior, generado mediante análisis bibliométrico con VOSviewer 2.0.

#### 4. Beneficios y desafíos reportados

Los estudios analizados destacan múltiples impactos positivos asociados al uso de recursos digitales:

- Mejora en la comprensión conceptual y el rendimiento académico, particularmente en temas altamente abstractos.
- Aumento de la motivación, autonomía y participación estudiantil.
- Acceso flexible y personalizado al contenido, compatible con distintos ritmos y estilos de aprendizaje.

Sin embargo, también se identifican barreras significativas:

- Brecha digital y desigualdad en el acceso a tecnología, especialmente en contextos con infraestructura limitada.



- Necesidad urgente de capacitación docente para integrar críticamente estos recursos y adaptar el diseño curricular.
- Dificultades para replicar experiencias prácticas y experimentales auténticas, ya que algunos aspectos sensoriales (tacto, manipulación física) no se transfieren completamente a entornos virtuales.

## 5. Tendencias emergentes

El mapa bibliométrico y el análisis temático revelan tres tendencias emergentes con creciente resonancia en la literatura:

- Integración de inteligencia artificial y realidad aumentada/virtual: Para crear experiencias personalizadas, inmersivas y adaptativas, especialmente en la enseñanza de fenómenos no observables.
- Uso de micro-videos y recursos móviles: Con el fin de facilitar el aprendizaje ubicuo (*anytime, anywhere*), aprovechando dispositivos personales como smartphones y tablets.
- Enfoques híbridos y clase invertida: Que combinan el uso autónomo de recursos digitales fuera del aula con actividades presenciales de indagación, discusión y profundización.

Estas tendencias apuntan hacia un futuro donde la enseñanza de la física será cada vez más personalizada, multimodal y distribuida en el tiempo y el espacio.

## 6. Diseño metodológico de los estudios incluidos

El análisis de los estudios incluidos reveló una diversidad de enfoques metodológicos, reflejando la naturaleza multidisciplinaria e híbrida de la investigación en educación en física con recursos digitales. Predominan los estudios con enfoque cualitativo y diseños cuasi-experimentales de tipo pre-test y post-test, comúnmente utilizados para evaluar cambios en la comprensión conceptual, actitudes o rendimiento tras la implementación de un recurso digital. Estos diseños suelen combinarse con recolección de datos cualitativos (entrevistas, observaciones), lo que sugiere una tendencia hacia estrategias mixtas. Asimismo, se observa una presencia notable de estudios con diseños cuantitativos no experimentales, así como revisiones breves y mapeos temáticos previos, lo que indica un campo en desarrollo, con interés creciente en sintetizar evidencias. También se identificaron algunos estudios de caso y un reducido número de investigaciones no observacionales, centradas en percepciones o experiencias docentes. Destaca, además, el uso emergente de diseños mixtos (cualitativo-cuantitativo), que permiten abordar tanto los resultados como los procesos subyacentes al uso de recursos digitales. Por último, se encontraron algunos estudios con enfoque bibliométrico, que analizan patrones de producción científica en el campo. Esta heterogeneidad metodológica refleja tanto la riqueza del área como la necesidad de mayor estandarización en los informes de innovación educativa.

## 7. Temas de física y enfoques pedagógicos emergentes

El análisis de los contenidos abordados en los estudios incluidos revela una diversidad temática, con ciertos temas de física destacando por su frecuencia y potencial didáctico en entornos digitales. Entre ellos, sobresalen:

**Cinemática y dinámica:** Estos temas clásicos de mecánica son los más frecuentemente abordados, especialmente mediante simulaciones interactivas que permiten visualizar gráficas de movimiento, vectores de fuerza y leyes de Newton en tiempo real.

**Física cuántica:** Aunque de alta complejidad conceptual, se ha observado un creciente interés en usar recursos digitales como: animaciones 3D, realidad aumentada y modelos interactivos; para representar fenómenos no observables, tales como superposición o dualidad onda-partícula.

**Electromagnetismo:** Este tema aparece con regularidad, especialmente en contextos donde se integra con herramientas tecnológicas como sensores, bobinas virtuales y simulaciones de campos eléctricos y magnéticos. Algunos estudios lo abordan desde un enfoque experimental, usando plataformas que permiten variar parámetros y observar efectos inmediatos.

**Biofísica:** Algunos estudios integran conceptos físicos en contextos biológicos (por ejemplo, transporte molecular, biomecánica), reflejando una tendencia hacia la interdisciplinariedad científica.

Un hallazgo relevante es la incorporación de microcontroladores (como Arduino o ESP32) en actividades prácticas, donde los y las estudiantes diseñan, construyen y programan dispositivos para medir magnitudes físicas (temperatura, aceleración, campo magnético). Esta práctica conecta directamente la teoría física con aplicaciones reales, promoviendo el pensamiento computacional, la resolución de problemas y la creatividad. Además, se identifica una fuerte orientación hacia el desarrollo de competencias prácticas y digitales, más allá de la transmisión de contenidos teóricos. La mayoría de los estudios enfatizan actividades de experimentación activa, ya sea virtual, remota o híbrida, donde los y las estudiantes manipulan variables, formulan hipótesis y analizan resultados. Este enfoque prioriza el *hacer ciencia* sobre el *memorizar fórmulas*. Asimismo, se observa una presencia significativa del marco STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*), que integra la física interdisciplinariamente mediante proyectos creativos, diseño de prototipos y resolución de problemas del mundo real. Esta perspectiva promueve no solo el pensamiento crítico, sino también la creatividad, la colaboración y la alfabetización digital. Estos hallazgos indican que la enseñanza de la física con recursos digitales está evolucionando hacia un modelo más activo, interdisciplinario y centrado en competencias, alineado con la era digital.

## Discusión

Esta revisión sistemática del estado actual del conocimiento sobre el uso de recursos digitales en la enseñanza de la física en educación superior permite ofrecer una síntesis actualizada y organizada. A partir del análisis de 50 artículos científicos, se observa que la producción reciente es amplia, global y profundamente centrada en herramientas interactivas, lo cual refleja una transformación significativa en cómo se enseña y aprende esta disciplina en contextos universitarios. Uno de los hallazgos más relevantes es la gran variedad de recursos digitales utilizados, agrupados en doce categorías distintas; desde laboratorios virtuales hasta dispositivos como microcontroladores; muchos de los cuales ya no sirven solo como apoyo a la enseñanza, sino que se han convertido en instrumentos activos para experimentar, visualizar y crear conocimiento. Este panorama confirma tendencias previas señaladas por autores como García-Valcárcel et al. (2019), pero también las amplía al incluir tecnologías más recientes, como programas basados en Java, realidad aumentada y plataformas que usan inteligencia artificial, cuya investigación aún está en fases iniciales.

El mapa visual generado (Figura 2), que muestra dónde se concentra mayor cantidad de estudios, revela que los laboratorios virtuales, simuladores interactivos, plataformas para gestionar el aprendizaje y recursos multimedia constituyen el núcleo más consolidado de la investigación actual. Esto sugiere que la comunidad académica ha priorizado herramientas que facilitan el acceso, la visualización y la organización de contenidos, especialmente en contextos donde los laboratorios físicos son difíciles de acceder. Sin embargo, tecnologías con alto potencial pedagógico —como la inteligencia artificial o la realidad extendida— aparecen en zonas menos exploradas, lo que indica que, aunque prometedoras, aún no cuentan con suficiente estudio ni con un marco teórico bien desarrollado. Además, al analizar cómo los y las estudiantes usan estos recursos, se identificaron cinco patrones comunes: realizar experimentos virtuales, interactuar con representaciones visuales, colaborar en línea, obtener retroalimentación inmediata sobre su desempeño y desarrollar habilidades para reflexionar sobre su propio aprendizaje. Estos usos no son pasivos ni uniformes, sino que responden a estrategias intencionales y están fuertemente influenciados por cómo están diseñadas las actividades educativas. Esta diversidad, visible también en el mapa que muestra las relaciones entre términos (Figura 4), revela una red descentralizada de prácticas, lo cual resalta un hallazgo clave: aunque hay abundancia de herramientas tecnológicas, falta una articulación pedagógica clara y coherente. Como señalan Hwang et al. (2020), tener acceso a recursos digitales no garantiza aprendizajes profundos; es necesario diseñar experiencias educativas que los integren bajo principios didácticos bien definidos.

Los beneficios reportados; como mejor comprensión de los conceptos, mayor motivación y desarrollo de autonomía en el estudiante, coinciden con hallazgos de otros estudios sobre entornos digitales (Zambrano et al., 2024; Poultsakis et al., 2021). No obstante, persisten retos importantes, como la brecha digital que afecta a algunos contextos, la necesidad de formar a los docentes en el uso efectivo de estas

herramientas y la dificultad de replicar experiencias prácticas auténticas en entornos virtuales. Estos aspectos subrayan que la innovación educativa no puede limitarse a incorporar tecnología, sino que debe considerar también las condiciones estructurales y formativas que permiten su uso adecuado. Mirando hacia el futuro, se observan tendencias emergentes que apuntan a una enseñanza de la física cada vez más personalizada, flexible y conectada con otras disciplinas. El creciente uso de dispositivos como microcontroladores, junto con el énfasis en habilidades digitales y en la capacidad de reflexionar sobre el propio aprendizaje, sugiere un cambio profundo: ya no se trata solo de transmitir contenidos, sino de formar al estudiante como un agente activo, capaz de pensar, resolver problemas y utilizar tecnología de manera crítica y creativa.

Es importante reconocer también algunas limitaciones de este estudio. En primer lugar, todos los artículos analizados están escritos en inglés, lo que podría favorecer investigaciones de contextos anglosajones y dejar fuera contribuciones importantes en otros idiomas, como el español o el portugués. En segundo lugar, la búsqueda de literatura se realizó utilizando la herramienta *Consensus.ai*, que, aunque eficiente, depende de sus propios criterios de indexación y podría haber omitido estudios relevantes que no estén incluidos en su base de datos. Por último, la selección final de los 50 artículos implicó juicio profesional, lo cual, aunque fue discutido y acordado entre los autores, introduce inevitablemente un componente subjetivo, como suele ocurrir en este tipo de revisiones.

En cuanto a futuras líneas de investigación, sería valioso evaluar el impacto a largo plazo de tecnologías como la inteligencia artificial o la realidad aumentada/virtual en la comprensión profunda de los conceptos físicos. También sería útil explorar cómo adaptar estos recursos a contextos con limitaciones tecnológicas o económicas, y desarrollar programas de formación docente que permitan integrar estas herramientas de forma sostenible e innovadora en la enseñanza universitaria de la física.

## Conclusiones

Esta revisión de mapeo revela que el uso de recursos digitales en la enseñanza de la física universitaria ha evolucionado hacia entornos cada vez más multimodales, activos y centrados en el estudiante. Lejos de ser meros sustitutos de materiales tradicionales, estos recursos permiten nuevas formas de experimentar, visualizar, colaborar y autorregular el aprendizaje. Sin embargo, la fragmentación del campo; evidenciada por la dispersión terminológica y la descentralización temática en los mapas bibliométricos; indica que aún falta una articulación pedagógica intencionada. La abundancia de herramientas no se traduce automáticamente en mejores aprendizajes si no están integradas bajo marcos didácticos coherentes. Por tanto, se recomienda:

1. Promover estrategias de formación docente que vayan más allá del manejo técnico, enfocándose en el diseño instruccional con recursos digitales.



2. Incentivar investigaciones en contextos no anglosajones, especialmente en América Latina, para ampliar la diversidad epistémica.
3. Explorar con mayor profundidad el potencial de tecnologías emergentes como IA y realidad aumentada, no como fines en sí mismas, sino como mediadoras de aprendizajes conceptuales profundos.

Este estudio no solo mapea el estado del arte, sino que también abre caminos para futuras investigaciones y prácticas educativas más equitativas, reflexivas y transformadoras.

## Referencias bibliográficas

- Abdoune, A., Meraoui, M., Abderrahman, M., & Khaldi, M. (2024). Using multimedia learning theory in physics teaching and learning: Work methodology. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, 21(3), 0230. <https://doi.org/10.30574/gjeta.2024.21.3.0230>
- Asencios-Trujillo, L., Asencios-Trujillo, L., LaRosa-Longobardi, C., Gallegos-Espinoza, D., Piñas-Rivera, L., & Perez-Siguas, R. (2024). Virtual Assistance System for Teaching Physics Experiments in University Students. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 40(1), 109–117. <https://doi.org/10.37934/araset.40.1.109117>
- Asrizal, A., N, A., Festiyed, F., Ashel, H., & Amnah, R. (2023). STEM-integrated physics digital teaching material to develop conceptual understanding and new literacy of students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13275>
- Azlan, C., Wong, J., Tan, L., Huri, M., Ung, N., Pallath, V., Tan, C., Yeong, C., & Ng, K. (2020). Teaching and learning of postgraduate medical physics using Internet-based e-learning during the COVID-19 pandemic – A case study from Malaysia. *Physica Medica*, 80, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2020.10.002>
- Bohórquez Guevara, V. M. (2024). Desafíos en la enseñanza de la física: Análisis a partir de una revisión bibliográfica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 8702–8715. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i1.10202](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10202)
- Braun, V., Clarke, V., & Weate, P. (2016). Using thematic analysis in sport and exercise research. En G. Smith & J. McGannon (Eds.), *Routledge handbook of qualitative research in sport and exercise* (pp. 213–227). Routledge.
- Cəfərov, S., Qardaşbəyova, N., Tağıyev, E., & Məhərrəmov, A. (2025). Designing physics lessons and methodology of using electronic educational resources in their conduct. *Scientific Works*, 2(2), 162–170. <https://doi.org/10.69682/arti.2025.92>
- Chen, C., Wang, F., Huang, Z., Li, Z., Zhao, D., & Zhang, L. (2024). Production and teaching application of micro-video resources for university physics experiments. En *2024 13th International Conference on Educational and Information Technology (ICEIT)* (pp. 367–372). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEIT61397.2024.10540996>
- Chen, L. (2024). Design and research of an intelligent learning system for university physics. *Journal of Contemporary Educational Research*, 8(7), 1–10. <https://doi.org/10.26689/jcer.v8i7.7792>
- Daineko, Y., Dmitriyev, V., & Ipalakova, M. (2017). Using virtual laboratories in teaching natural sciences: An example of physics courses in university. *Computer Applications in Engineering Education*, 25(1), e21777. <https://doi.org/10.1002/cae.21777>
- Demera-Zambrano, K. C., García, M. A. R., Cedeño, C. L. C., Navarrete-Solórzano, D. A., Mero, R. C. S., & Moreira, M. V. P. (2023). Aprendizaje Híbrido: La transformación digital de las prácticas de enseñanza. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9377-9397.



- Delgado, F. (2021). Teaching Physics for Computer Science Students in Higher Education During the COVID-19 Pandemic: A Fully Internet-Supported Course. *Future Internet*, 13(2), 35. <https://doi.org/10.3390/fi13020035>
- Faulconer, E., Griffith, J., Wood, B., Acharyya, S., & Roberts, D. (2018). A comparison of online, video synchronous, and traditional learning modes for an introductory undergraduate physics course. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 404–411. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9732-6>
- García-Valcárcel Muñoz-Repiso, A. (2016). Recursos digitales para la mejora de la enseñanza y el aprendizaje. *Revista de Educación*, 372, 1–20.
- Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C., & McGuinness, L. A. (2022). PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis. *Campbell Systematic Reviews*, 18(1), e1230. <https://doi.org/10.1002/cl2.1230>
- Hwang, G. J., Xie, H., Wah, B. W., & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of Artificial Intelligence in Education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 100001. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>
- Kharki, K., Berrada, K., & Burgos, D. (2021). Design and implementation of a virtual laboratory for physics subjects in Moroccan universities. *Sustainability*, 13(7), 3711. <https://doi.org/10.3390/su13073711>
- Kratova, I., Stefanova, G., Kirillova, T., & Proyanenkova, L. (2024). Developing the professional competencies of a physics teacher in a digital learning environment based on the psychological theory of activity. En *Proceedings of the 2nd International Interdisciplinary Scientific Conference “Digitalization and Sustainability for Development Management: Economic, Social, and Environmental Aspects”* (p. 0182412). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0182412>
- Kafle, R. (2024). Interactive multimedia in teaching physics concepts effectively. *Journal of Nepal Physical Society*, 10(1), 1–8. <https://doi.org/10.3126/jnphysoc.v10i1.72833>
- Lahme, S., Klein, P., Lehtinen, A., Müller, A., Pirinen, P., Rončević, L., & Sušac, A. (2023). Physics lab courses under digital transformation: A trinational survey among university lab instructors about the role of new digital technologies and learning objectives. *Physical Review Physics Education Research*, 19(2), 020159. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020159>
- Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: advancing the methodology. *Implementation Science*, 5(1), 69. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-5-69>
- Lidiawati, M. (2024). The role of e-books in learning physics: Literature review. *Physics Learning and Education*, 2(2), 1–10. <https://doi.org/10.24036/ple.v2i2.76>
- Muliani, D., Azmi, K., Alius, M., Sulvayenti, A., & Amelia, L. (2024). The influence of Classpoint media on the learning motivation of Physics Education Study Program students. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.37891/kpej.v7i1.484>

- Nungu, L., Mukama, E., & Nsabayezi, E. (2023). Online collaborative learning and cognitive presence in mathematics and science education. Case study of university of Rwanda, college of education. *Education and Information Technologies*, 1–20.  
<https://doi.org/10.1007/s10639-023-11607-w>
- Nyirahabimana, P., Minani, E., Nduwingoma, M., & Kemeza, I. (2023). Assessing the impact of multimedia application on student conceptual understanding in Quantum Physics at the Rwanda College of Education. *Education and Information Technologies*, 1–18.  
<https://doi.org/10.1007/s10639-023-11970-8>
- Nyirahabimana, P., Minani, E., Nduwingoma, M., & Kemeza, I. (2023). Multimedia-aided technologies for effective learning of quantum physics at the university level. *Journal of Science Education and Technology*, 32, 686–696.  
<https://doi.org/10.1007/s10956-023-10064-x>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Alonso-Fernández, 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.rec.2021.03.001>
- Peng, M., & Wei, X. (2024). Strategies for the application of digital means in teaching university physics. *Region - Educational Research and Reviews*, 6(10), 1–15.  
<https://doi.org/10.32629/rerr.v6i10.2691>
- Poultsakis, S., Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S. (2021). The management of digital learning objects of natural sciences and digital experiment simulation tools by teachers. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 1(2), 58–71.  
<https://doi.org/10.34748/AMLER.2021.01.02.05>
- Ramaila, S. (2024). Leveraging ICT tools for teaching and learning in the domain of physical sciences. En *Education and New Developments 2024 – Volume 1* (pp. 1–10). InScience Press. <https://doi.org/10.36315/2024viendo98>
- Rebollo, M., & García-Romero de Tejada, M. (2016). El laboratorio en el bolsillo: Aprendiendo física con tu smartphone. *Dialnet.Unirioja.Es*, 6, 28–35.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5737900>
- Salinas Marín, I. (2019). *Didáctica de la Física Experimental con Smartphones* [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València].  
<https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/125698>
- Sari, S., Rahim, F., Sundari, P., & Aulia, F. (2022). The importance of e-books in improving students' skills in physics learning in the 21st century: A literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 2309(1), 012061. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2309/1/012061>
- Semernia, O., Rudnytska, Z., & Borodiy, I. (2024). The impact of digital resources on modernizing natural science education. *Collection of Scientific Papers Kamianets-Podilsky Ivan Ohienko National University Pedagogical Series*, 30, 30–34.  
<https://doi.org/10.32626/2307-4507.2024-30.30-34>
- Shafiq, M., Sami, M., Bano, N., Bano, R., & Rashid, M. (2025). Artificial intelligence in physics education: Transforming learning from primary to university level. *Indus Journal of Social Sciences*, 3(1), 1–15. <https://doi.org/10.59075/ijss.v3i1.807>

- Sharma, A., Patwardhan, S., Mani, S., & Chawade, S. (2023). An e-learning approach to implement flipped learning pedagogy for physics course. En *2023 6th International Conference on Advances in Science and Technology (ICAST)* (pp. 575–580). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICAST59062.2023.10455068>
- Tan, D., & Cheah, C. (2021). Developing a gamified AI-enabled online learning application to improve students' perception of university physics. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100032. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100032>
- Timchenko, S., Semikolenov, A., Zadorozhnyi, N., Chuev, A., & Dementeva, O. (2020). The course of physics at the technical university digital education system. *ITM Web of Conferences*, 35, 01020. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20203501020>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., ... & Straus, S. E. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467–473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- Turrubiarres, M., Turrubiarres, I., Posadas, M., & Reyes, J. (2020). Teaching Physics in higher education: use of information and communication technologies and digital resources. En *2020 X International Conference on Virtual Campus (JICV)* (pp. 1–3). IEEE. <https://doi.org/10.1109/JICV51605.2020.9375694>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2017). Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*, 111(2), 1053–1070. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2300-0>
- Yevtushenko, Y. (2024). Innovative teaching methods in medical and biological physics in higher education: Integration of pedagogical technologies and a scientific approach. *Education and Pedagogical Sciences*, 187(1), 47–59. [https://doi.org/10.12958/2227-2747-2024-3\(187\)-47-59](https://doi.org/10.12958/2227-2747-2024-3(187)-47-59)
- Yang, T. (2025). Digital intelligence technology creates a new paradigm of blended teaching in college physics courses. *Education Reform and Development*, 7(1), 1–12. <https://doi.org/10.26689/erd.v7i1.9597>
- Yusuf, I., & Widyaningsih, S. (2020). Implementing e-learning-based virtual laboratory media to students' metacognitive skills. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(5), 63–74. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i05.12029>
- Zambrano-Cedeño, A. A., Intriago-Delgado, Y. M., & Carrión-Cano, H. A. (2024). Recursos digitales para el refuerzo pedagógico en contenidos de la asignatura de física. *MQRInvestigar*, 8(4), 87–106. <https://doi.org/10.55905/mqrij.v8.n4-008>
- Zataráin-Cabada, R., Estrada, M., Cárdenas-Sainz, B., & Chavez-Echeagaray, M. (2022). Experiences of web-based extended reality technologies for physics education. *Computer Applications in Engineering Education*, 31(1), 63–82. <https://doi.org/10.1002/cae.22571>