

Efectividad de la simulación computacional en la enseñanza de la física en educación superior: una revisión sistemática

Effectiveness of computer simulation in teaching physics in higher education: a systematic review

Recibido: 02/04/2025 - Aceptado: 13/07/2025

Diana Carolina Aguay-Saquicaray

<https://orcid.org/0000-0002-2855-3876>

diana.aguay@epoch.edu.ec

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador

Diana Estefanía Aguirre-Ruiz

<https://orcid.org/0009-0002-2263-5595>

diana.aguirre@epoch.edu.ec

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador

David Sebastián Aguay-Saquicaray

<https://orcid.org/0009-0000-2072-2092>

david-seb@hotmail.com

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador

Alcivar Bladimir Ilbay-Telenchano

<https://orcid.org/0009-0002-3242-269X>

ilbayalcivar@gmail.com

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador

Resumen

La presente revisión sistemática tiene como objetivo analizar la evidencia empírica reciente sobre la eficacia de la simulación computacional en la enseñanza de la Física a nivel superior. Para ello, se empleó un enfoque cualitativo, descriptivo y deductivo, siguiendo el protocolo PRISMA, lo que garantizó un proceso riguroso, transparente y replicable. La búsqueda bibliográfica se realizó en bases de datos académicas como ERIC, Scopus, Dialnet, Springer y Google Scholar, utilizando términos clave y operadores booleanos. En total, se identificaron 74 estudios, de los cuales, después de aplicar criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 16 investigaciones pertinentes para el análisis final. Los resultados evidencian que las simulaciones computacionales ofrecen beneficios pedagógicos notables: facilitan la comprensión de conceptos abstractos, estimulan el aprendizaje activo y aumentan el interés de los estudiantes. No obstante, también se detectaron desafíos importantes, como la insuficiente formación docente, las limitaciones tecnológicas de las instituciones y la resistencia al cambio en las metodologías de enseñanza tradicionales. En conclusión, se determina que las simulaciones computacionales superan en efectividad a los métodos convencionales, ya que favorecen una participación estudiantil más dinámica, mejoran el rendimiento académico y fortalecen competencias clave, como el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

Palabras clave: aprendizaje activo, educación universitaria, simulación.

Abstract

This systematic review aims to analyze recent empirical evidence on the effectiveness of computational simulations in teaching physics at the higher education level. To this end, a qualitative, descriptive, and deductive approach was employed, following the PRISMA protocol, which ensured a rigorous, transparent, and replicable process. The literature search was conducted in academic databases such as ERIC, Scopus, Dialnet, Springer, and Google Scholar, using key terms and Boolean operators. A total of 74 studies were identified, of which, after applying inclusion and exclusion criteria, 16 relevant studies were selected for the final analysis. The results show that computational simulations offer significant pedagogical benefits: they facilitate the understanding of abstract

concepts, stimulate active learning, and increase student interest. However, significant challenges were also identified, such as insufficient teacher training, technological limitations at institutions, and resistance to change in traditional teaching methodologies. In conclusion, it is determined that computational simulations are more effective than conventional methods, as they promote more dynamic student participation, improve academic performance, and strengthen key competencies such as critical thinking and problem-solving.

Keywords: active learning, university education, simulation.

Introducción

¿Puede una simulación reemplazar un laboratorio real en el aprendizaje de la Física? Esta pregunta, que hace poco podría haberse considerado arriesgada, cobra hoy especial relevancia en el contexto de la rápida evolución tecnológica y los profundos cambios en el ámbito educativo. La incorporación de tecnologías emergentes ha transformado las metodologías de enseñanza en la educación superior, especialmente en áreas tradicionalmente complejas como la Física.

Durante largo tiempo, la enseñanza de esta disciplina se ha enfrentado a importantes desafíos, derivados de la abstracción de sus conceptos, la necesidad de espacios específicos y la carencia de recursos adecuados para la experimentación (Rehman et al., 2021). En contextos donde los laboratorios son limitados o inexistentes, el predominio de métodos convencionales basados en conferencias ha favorecido la memorización sobre el pensamiento crítico, afectando así el desarrollo de habilidades analíticas y una comprensión profunda de los fenómenos físicos (Darko & Darko, 2021). A nivel global, la Física suele percibirse como una materia difícil, lo que se traduce en baja motivación, altas tasas de abandono y bajo desempeño académico, especialmente durante el primer año universitario (Tsvetkova et al., 2023).

Ante esta situación, la simulación por computadora ha emergido como una alternativa innovadora y eficaz. Estas herramientas permiten representar fenómenos físicos complejos en entornos digitales interactivos, promoviendo la participación activa del estudiante y facilitando la visualización de procesos que en laboratorios tradicionales podrían ser costosos, peligrosos o inviables (Flegr et al., 2023). Diversos estudios han demostrado que los simuladores interactivos pueden igualar o incluso superar los resultados de aprendizaje obtenidos en laboratorios físicos, al incentivar la creatividad, el pensamiento crítico y la experimentación autónoma (Álvarez et al., 2025; Banda & Nzabahimana, 2023). Por ejemplo, Yaipén et al. (2023) resaltan cómo los simuladores en línea han ampliado el acceso a prácticas experimentales en entornos donde el equipamiento físico resulta insuficiente.

Desde un enfoque teórico, estas experiencias se fundamentan en el constructivismo, que plantea que el conocimiento se construye activamente mediante la interacción con el entorno. Simuladores como los de PhET se ajustan a este modelo, al permitir a los estudiantes explorar, manipular variables y formular hipótesis, consolidando así su comprensión sobre fenómenos físicos (Saudelli et al., 2021). Además, en la educación científica se reconoce que la simulación computacional impulsa el desarrollo de habilidades investigativas al ofrecer un acceso seguro, continuo y replicable a la experimentación (Maraza et al., 2023).

No obstante, aún persisten dudas respecto a la efectividad de las simulaciones por computadora en diferentes contextos educativos, áreas específicas y niveles formativos. Aunque existen numerosos estudios de caso, son escasas las revisiones sistemáticas que integren la evidencia empírica más reciente. Por ello, este estudio plantea la siguiente interrogante: ¿qué tan efectiva es la simulación computacional para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la Física en la educación superior?

Partiendo de esta pregunta, el propósito principal de esta revisión sistemática es examinar la evidencia empírica actual sobre la eficacia de la simulación computacional en la enseñanza universitaria de la Física. Se busca identificar los beneficios pedagógicos vinculados a su uso, las barreras para su implementación —como la falta de capacitación docente y limitaciones tecnológicas—, y evaluar su efectividad en comparación con métodos tradicionales, considerando indicadores como la comprensión conceptual, la motivación estudiantil y el rendimiento académico.

A partir del análisis, se pretende ofrecer una visión integral que apoye la toma de decisiones pedagógicas, especialmente en cuanto a la integración tecnológica en los planes de estudio universitarios. Seguidamente, el texto presenta el desarrollo metodológico de la revisión, los principales hallazgos y una discusión crítica de los resultados más relevantes.

Metodología

En este estudio se adoptó un enfoque cualitativo, aplicado a una revisión sistemática con un carácter descriptivo y deductivo. El objetivo principal fue analizar y sintetizar la evidencia disponible acerca de la eficacia de la simulación por computadora en la enseñanza de la Física a nivel superior. Para garantizar un proceso metódico, transparente y replicable, la revisión se desarrolló siguiendo el modelo PRISMA, lo cual aseguró la calidad y confiabilidad de los datos recopilados.

El procedimiento se estructuró en las siguientes etapas:

1. Etapa de identificación

En esta fase inicial, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva y sistemática en diversas bases de datos académicas reconocidas, como ERIC, Scopus, Dialnet, Springer y Google Scholar. La estrategia de búsqueda se diseñó a partir de términos clave seleccionados, entre los que se incluyen “*computer simulation*”, “*physics teaching*”, “*higher education*”, “*active learning*” y “*educational technologies*”. Además, se emplearon operadores booleanos —como AND y OR— para optimizar la relevancia y precisión de los resultados obtenidos.

Tabla 1

Estrategia de búsqueda para el estudio

Base de datos	Palabras clave con operadores booleanos	Estudios identificados
ERIC	("computer simulation" OR "digital simulation") AND ("physics instruction" OR "physics education") AND "higher education"	14 estudios
Scopus	("computer simulation" OR "interactive simulation") AND ("physics teaching" OR "physics learning") AND "higher education"	18 estudios
Dialnet	("educational technology" OR "digital tools") AND ("physics simulation" OR "virtual experiments") AND ("university learning" OR "HE")	10 estudios
Google Scholar	("use of simulators in physics" OR "simulation-based learning") AND ("active learning" OR "student engagement") AND "higher education"	20 estudios
Springer	("computer simulation" OR "ICT in education") AND ("university-level physics instruction" OR "physics didactics") AND "pedagogical effectiveness"	12 estudios

Como resultado, se identificaron un total de 74 registros iniciales. Después de eliminar 16 estudios duplicados, quedaron 58 artículos para avanzar a la etapa de selección.

2. Etapa de selección

Con el fin de garantizar la calidad y relevancia de los estudios incluidos, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión conforme al modelo PRISMA.

Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

- Artículos publicados entre enero de 2020 y marzo de 2025.
- Publicaciones en español o inglés.
- Estudios centrados en el uso de simulación computacional en la enseñanza de la Física.
- Investigaciones desarrolladas en el contexto de la educación superior o en contextos relevantes relacionados.

Por otra parte, los criterios de exclusión contemplaron:

- Artículos duplicados o escritos en idiomas distintos al español o inglés.
- Investigaciones enfocadas en áreas de conocimiento diferentes a la Física.

- Trabajos sin acceso al texto completo o carentes de rigor metodológico.
- Artículos de opinión, editoriales o ensayos que careciesen de fundamentación científica.

3. Etapa de elegibilidad

Durante esta fase, se realizó una revisión minuciosa de los 58 estudios mediante sus títulos y resúmenes, descartándose 28 debido a que no se ajustaban al objetivo de la investigación. De los 30 restantes, se intentó recuperar el texto completo, pero 5 no estuvieron disponibles por restricciones de acceso. Posteriormente, 9 artículos más fueron excluidos tras una evaluación completa debido a aspectos relacionados con:

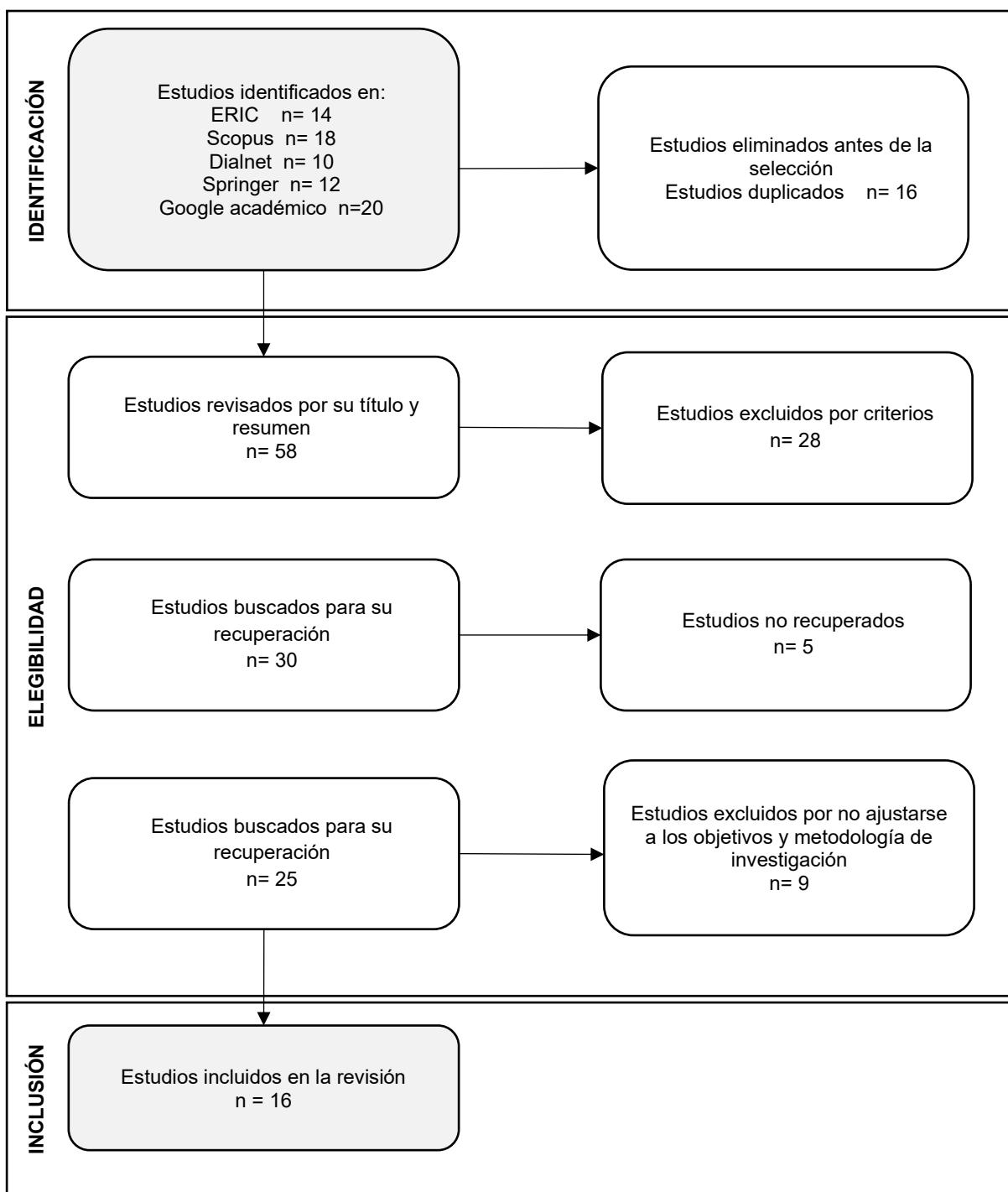
- La relevancia de los enfoques metodológicos empleados.
- La pertinencia del contexto educativo en el que se aplicaron las simulaciones.
- Los resultados en términos de mejora en el aprendizaje, la motivación y la comprensión de conceptos físicos.

4. Etapa de inclusión y síntesis

Finalmente, se incorporaron 16 estudios para el análisis definitivo, todos ellos cumpliendo con los criterios establecidos. Estos trabajos fueron sometidos a un análisis detallado con el propósito de:

- Identificar los beneficios pedagógicos del uso de simulaciones computacionales en la enseñanza universitaria de la Física.
- Detectar las barreras y desafíos para la implementación de estas tecnologías, tales como la falta de capacitación docente y las limitaciones en recursos tecnológicos.
- Evaluar la efectividad de las simulaciones en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza.

Figura 1
Diagrama de flujo PRISMA



Resultados y discusión

Basandonos en la revisión realizada de los 16 artículos seleccionados para esta revisión sistemática, se presentan a continuación, en formato tabular, los hallazgos correspondientes a cada uno de los objetivos planteados.

a) Beneficios pedagógicos del uso de simulaciones computacionales en la enseñanza universitaria de la Física

En primer lugar, se destacan los resultados obtenidos en diversos estudios que han explorado el impacto pedagógico de las simulaciones computacionales en el aprendizaje de la Física a nivel universitario. La tabla recoge investigaciones recientes que evidencian cómo estas herramientas favorecen el desarrollo de competencias clave, tales como la motivación estudiantil, la comprensión conceptual y otros aspectos pedagógicos relevantes, contribuyendo así a una experiencia de aprendizaje más significativa y efectiva.

Tabla 2

Resultados de la revisión sistemática para el objetivo específico 1 bajo PRISMA

Nº	Autores/Año	Artículo título	Tipo de estudio	Resultados
1	Maraza et al. (2023)	Hacia el desarrollo de habilidades investigativas de los estudiantes de física a través del uso de simuladores: Un estudio de caso	Estudio de caso cualitativo	El uso de simuladores fortaleció competencias investigativas como la formulación de hipótesis, análisis de datos y razonamiento científico. Se destaca que los estudiantes mostraron mayor iniciativa, reflexión crítica y autonomía.
2	Yaipén et al. (2023)	Simuladores virtuales en la enseñanza-aprendizaje de la química y la física: una revisión sistemática de la literatura	Revisión sistemática	Se evidencian beneficios pedagógicos como la mejora en la comprensión de conceptos abstractos, el fomento del aprendizaje activo y la participación estudiantil. También se destacan avances en la motivación y autonomía.
3	Babayekhorasani et al. (2024)	Blended Learning: Mejorando la participación de los estudiantes a través del aprendizaje basado en simulación	Estudio de caso / experimental	El uso de simulaciones computacionales y herramientas interactivas como MATLAB Live Scripts incrementó significativamente la participación y comprensión de conceptos complejos. Se destaca el aprendizaje activo, la retroalimentación inmediata y el vínculo entre teoría y práctica como beneficios pedagógicos clave.
4	Rehman et al. (2021)	Enseñanza de la física con simulación interactiva por ordenador en el nivel secundario	Estudio experimental	El uso de simulaciones interactivas mejoró significativamente la comprensión conceptual de los estudiantes, favoreció el aprendizaje autónomo y permitió una resolución de problemas más eficaz en comparación con métodos tradicionales de enseñanza. Los estudiantes pudieron interactuar visualmente con los fenómenos físicos y desarrollar habilidades críticas de pensamiento.
5	Darko & Darko (2021)	Mejorar el aprendizaje de los conceptos de física por parte de los estudiantes con la simulación como herramienta didáctica de las TIC	Estudio cualitativo con enfoque en implementación de simulaciones PhET	Las simulaciones PhET permitieron mejorar la comprensión conceptual de la física, estimular la participación activa de los estudiantes y promover el pensamiento crítico, demostrando beneficios pedagógicos claros en el aprendizaje de conceptos complejos.
6	Saudelli et al. (2021)	Simulaciones PhET en Física de Pregrado: Teoría del Aprendizaje Constructivista en la Práctica	Investigación-acción	Se identificaron beneficios pedagógicos de las simulaciones PhET al actuar como un "par más capaz" según la teoría de Vygotsky, facilitando la comprensión conceptual en física universitaria.

7	Poma et al. (2023)	Impacto del uso de FISLAB en el aprendizaje de la Física experimental, estudio de caso: Universidad Central del Ecuador	Estudio de caso aplicado en educación superior	Se confirma que el uso de simulaciones computacionales fortalece el aprendizaje práctico-teórico, especialmente en contextos donde el acceso a laboratorios físicos es limitado.
---	-----------------------	--	---	---

Los estudios coinciden en señalar que el uso de simulaciones computacionales ofrece importantes beneficios pedagógicos. Entre ellos destacan el fortalecimiento del aprendizaje práctico-teórico (Poma et al., 2023), la mejora en la comprensión conceptual (Darko & Darko, 2021; Saudelli et al., 2021) y el impulso al desarrollo del pensamiento crítico (Maraza et al., 2023). En particular, la investigación de Poma et al. (2023) respalda con fuerza estos hallazgos, al evidenciar que las simulaciones mediante FISLAB compensan eficazmente las limitaciones de infraestructura, favoreciendo un aprendizaje autónomo e interactivo. Asimismo, estudios como el de Yaipén et al. (2023) confirman que las simulaciones virtuales estimulan la participación activa, la autonomía y la motivación de los estudiantes. En consecuencia, los beneficios pedagógicos derivados del uso de estas herramientas están sólidamente fundamentados en la literatura reciente y se manifiestan a través de diversas metodologías, desde enfoques cualitativos hasta experimentales.

b) Barreras y desafíos en la implementación de las simulaciones computacionales

A continuación, se presenta una tabla que resume los hallazgos de investigaciones que han identificado los principales obstáculos para la integración de simulaciones computacionales en la enseñanza universitaria de la Física. Entre los desafíos más frecuentes se encuentran la insuficiente capacitación docente, las limitaciones tecnológicas de las instituciones y la resistencia al cambio en las metodologías pedagógicas.

Tabla 2

Resultados de la revisión sistemática para el objetivo específico 2 bajo PRISMA

Nº	Autores/Año	Artículo título	Tipo de estudio	Resultados
1	Kefalis et al. (2025)	Simulaciones digitales en la educación STEM: perspectivas de estudios empíricos recientes, una revisión sistemática	Revisión sistemática de 31 estudios empíricos (2019–2024)	La revisión identifica desafíos en la implementación de simulaciones digitales en la educación STEM, incluyendo la falta de formación docente específica, limitaciones en recursos tecnológicos, y la necesidad de adaptar las simulaciones a contextos educativos diversos, que pueden obstaculizar la integración efectiva de las simulaciones en la enseñanza de la física.
2	López et al. (2024)	Simulador Fluidflow y Asistente Matemático para la demostración de existencia de fluidos miscibles	Estudio aplicado con desarrollo y uso de simulador educativo	El artículo evidencia dificultades en la integración de simulaciones computacionales en contextos universitarios por la limitada formación docente en tecnologías digitales y escasos recursos en instituciones públicas. Señala también la necesidad de mayor acompañamiento técnico y pedagógico para que los docentes incorporen estas herramientas en la enseñanza de la física y las matemáticas.

3	Herrera (2024)	Desarrollo de competencias a través de prototipos y simuladores en un entorno interdisciplinario de física-matemática	Investigación aplicada con enfoque en simuladores y prototipos educativos
4	Sánchez & Mora (2020)	Simulación en Easy Java para el campo de Poynting de un circuito circular	Desarrollo de simulación didáctica con análisis de aplicabilidad
5	Poma et al. (2023)	Impacto del uso de FISLAB en el aprendizaje de la Física experimental, estudio de caso: Universidad Central del Ecuador	Estudio de caso aplicado en educación superior

Los estudios analizados coinciden en que, a pesar de los evidentes beneficios que ofrecen las simulaciones, su implementación enfrenta barreras tanto estructurales como humanas. En particular, Kefalis et al. (2025) destacan que la falta de formación docente y de recursos adecuados constituyen obstáculos frecuentes; esta situación es corroborada por López et al. (2024) y Herrera (2024), quienes además subrayan la importancia de un acompañamiento técnico y pedagógico para facilitar el uso efectivo de estas herramientas.

Este panorama revela una brecha significativa entre la innovación tecnológica disponible y la preparación del cuerpo docente, lo que incide negativamente en la adopción efectiva de las simulaciones en la enseñanza. Asimismo, Sánchez & Mora (2020) señalan la resistencia metodológica como una barrera cultural persistente dentro de muchos entornos educativos tradicionales, limitando así la incorporación de nuevas prácticas. En este sentido, Poma et al. (2023) reiteran que, aunque las simulaciones poseen un alto potencial pedagógico, su aprovechamiento depende en gran medida del contexto institucional y del nivel de capacitación del profesorado.

c) Efectividad de las simulaciones en comparación con métodos tradicionales de enseñanza

A continuación, se presenta una tabla con los resultados relacionados a la comparación entre métodos tradicionales y el uso de simulaciones computacionales en la enseñanza de la Física. Se incluyen estudios experimentales y cuasi-experimentales que permiten evaluar los efectos de estas metodologías sobre el aprendizaje, la motivación y el rendimiento académico.

Tabla 3

Resultados de la revisión sistemática para el objetivo específico 3 bajo PRISMA

Nº	Autores/Año	Artículo título	Tipo de estudio	Resultados
1	Álvarez et al. (2025)	Simulators as an Innovative Strategy in the Teaching of Physics in Higher Education	Cuasi-experimental, cuantitativo	El grupo experimental que utilizó simuladores PhET mostró un aumento significativo en la motivación según la escala RIMMS, en comparación con el grupo de control que realizó prácticas tradicionales. No se encontraron diferencias significativas en la autoeficacia entre los grupos.
2	Flegr, Kuhn & Scheiter (2023)	When the whole is greater than the sum of its parts: Combining real and virtual experiments in science education	Cuasi-experimental, cuantitativo	Los estudiantes que participaron en combinaciones de experimentos reales y virtuales obtuvieron puntuaciones significativamente más altas en comprensión conceptual (59.7 % en promedio) en comparación con aquellos que realizaron solo experimentos reales (53.5 %). La secuencia de los experimentos (real-virtual o virtual-real) no afectó los resultados, indicando que la combinación de métodos es más efectiva que el uso exclusivo de experimentos tradicionales.
3	Banda & Nzabahimana (2023)	The impact of interactive simulation-based learning using PhET on motivation and academic performance among physics students in Malawi	Cuantitativo, diseño cuasi-experimental	El grupo experimental que usó simulaciones PhET mostró un rendimiento académico significativamente superior al grupo de control ($p < 0.05$). Además, se observó un aumento en la motivación intrínseca y el interés por el aprendizaje de la física, demostrando la efectividad de las simulaciones sobre los métodos tradicionales.
4	Sari et al. (2021)	Viabilidad de la simulación por computadora para el aprendizaje de la ley de Newton	Estudio de viabilidad	El estudio demuestra que las simulaciones por computadora son efectivas para mejorar la comprensión conceptual de los estudiantes sobre la ley de Newton, facilitando un aprendizaje autónomo y una mejor resolución de problemas en comparación con los métodos tradicionales.
5	Tsvetkova et al. (2023)	Desarrollo e implementación de simulaciones de laboratorio de física virtual para mejorar la experiencia de aprendizaje en la educación superior	Estudio de implementación	Los resultados indican que las simulaciones de laboratorio virtual mejoraron la participación de los estudiantes y su comprensión de los conceptos de física. Se observó una mayor efectividad en la comprensión de principios complejos, especialmente cuando las simulaciones fueron implementadas en el aula como complemento a los métodos tradicionales de enseñanza. Además, se notó que los estudiantes mostraron un mayor interés y motivación en aprender física.

6	Poma et al. (2023)	<p>Impacto del uso de FISLAB en el aprendizaje de la Física experimental, estudio de caso: Universidad Central del Ecuador</p> <p>Estudio de caso aplicado en educación superior</p>	<p>Se demuestra que las simulaciones no solo complementan, sino que pueden superar en efectividad a métodos tradicionales en ciertos aspectos del aprendizaje de física experimental.</p>
---	-----------------------	--	---

Los hallazgos obtenidos refuerzan la idea de que las simulaciones computacionales resultan tan efectivas, o incluso más, que los métodos tradicionales, sobre todo en el desarrollo de la comprensión conceptual. Por ejemplo, Banda & Nzabahimana (2023) junto con Sari et al. (2021) evidencian mejoras significativas en el rendimiento académico y en la autonomía de los estudiantes, aspectos clave para el aprendizaje profundo y significativo. Asimismo, Flegl et al. (2023) resaltan que la combinación de métodos tradicionales con simulaciones produce mejores resultados que la aplicación exclusiva de prácticas presenciales, alineándose con una perspectiva híbrida del proceso educativo.

Por otro lado, Tsvetkova et al. (2023) y Álvarez et al. (2025) señalan que, aunque estas herramientas incrementan la participación y motivación estudiantil, no siempre generan cambios significativos en la percepción de autoeficacia. Por último, Poma et al. (2023) reafirman que, en contextos con recursos limitados, las simulaciones pueden superar en efectividad a los métodos convencionales, evidenciando así su potencial para democratizar el acceso y la calidad educativa.

Conclusiones

Una vez finalizado el desarrollo de la investigación, se concluye que, en relación con el primer objetivo, los estudios analizados demuestran que las simulaciones por computadora aportan ventajas pedagógicas significativas a la enseñanza universitaria de la Física. Estas herramientas no solo facilitan la visualización y la interacción con fenómenos abstractos, favoreciendo una mayor comprensión de los conceptos teóricos, sino que también promueven el desarrollo de habilidades cognitivas superiores, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el análisis. En consecuencia, contribuyen a una experiencia de aprendizaje más enriquecedora y autónoma para el estudiantado. Por todo ello, el uso de simulaciones se consolida como una alternativa educativa innovadora, alineada con las demandas actuales de la educación científica en entornos digitales.

Respecto al segundo objetivo, se identificaron diversas limitaciones que dificultan la implementación efectiva de las simulaciones por computadora en el ámbito universitario. Entre las barreras más destacadas figuran la escasa formación docente en el manejo de estas tecnologías, la resistencia al cambio metodológico y las limitaciones en la infraestructura tecnológica de algunas instituciones educativas. Si bien estas dificultades pueden ser superadas, requieren una atención prioritaria por parte de las autoridades académicas y responsables de política educativa, ya que restringen el impacto transformador de las TIC en la enseñanza de las ciencias exactas. Superar estas barreras demanda inversión en capacitación docente, mejoras tecnológicas y ajustes curriculares para posibilitar una adopción más equitativa y sostenible de las simulaciones.

Por último, en cuanto al tercer objetivo, la comparación entre métodos tradicionales y simulaciones computacionales revela que estas últimas pueden ser tan efectivas, e incluso superiores, a las clases magistrales, particularmente en lo que se refiere al aprendizaje. La mayoría de los trabajos revisados señala mejoras en el rendimiento académico, una mayor retención del conocimiento y un incremento notable en la motivación estudiantil al emplear entornos simulados. Estos resultados sugieren que la simulación no solo complementa, sino que en muchos casos supera a los enfoques convencionales, destacando su valor en contextos donde el acceso a laboratorios físicos es limitado. Por lo tanto, su incorporación estratégica en los planes de estudio universitarios representa una oportunidad tangible para innovar en la enseñanza de la Física, sustentada en evidencia científica.

Referencias

- Álvarez, F., Merino, C., Rosas, S., Pérez, M., & Chans, G. (2025). Simulators as an innovative strategy in the teaching of physics in higher education. *Education Sciences*, 15(2), 131. <https://doi.org/10.3390/educsci15020131>
- Babayekhorasani, F., Bao, J., Horton, B., & Zheng, C. (2024). Blended learning: Enhancing students' engagement using simulation-based learning. En *Proceedings of the 35th Annual Conference of the Australasian*

- Association for Engineering Education (AAEE 2024), pp. 1188–1197. <https://search.informit.org/doi/epdf/10.3316/informit.T2025032400012290217722224>
- Banda, H., & Nzabahimana, J. (2023). The impact of Physics Education Technology (PhET) interactive simulation-based learning on motivation and academic achievement among Malawian physics students. *Journal of Science Education and Technology*, 32(1), 127–141. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10010-3>
- Darko, E., & Darko, D. (2021). Mejorar el aprendizaje de los conceptos de física por parte de los estudiantes con la simulación como herramienta didáctica de las TIC. *Revista Europea de Educación y Multimedia Interactiva*, 2(2), e02111. <https://doi.org/10.30935/ejimed/11259>
- Flegr, S., Kuhn, J., & Scheiter, K. (2023). When the whole is greater than the sum of its parts: Combining real and virtual experiments in science education. *Computers & Education*, 197, 104745. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104745>
- Herrera, C. (2024). Desarrollo de competencias a través de prototipos y simuladores en un entorno interdisciplinario de física-matemática. *Revista Oratores*, 1(20), 78–102. <https://doi.org/10.37594/oratores.n20.1243>
- Kefalis, C., Constantino, S., & Athanasios, D. (2025). Simulaciones digitales en la educación STEM: Perspectivas de estudios empíricos recientes, una revisión sistemática. *Enciclopedia*, 5(1), 10. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia5010010>
- López, E., Gaitán, H., Picado, J., & Herrera, C. (2024). Simulador Fluidflow y Asistente Matemático para la demostración de existencia de fluidos miscibles. *Revista Universitaria del Caribe*, 32(1), 45–58. <https://doi.org/10.5377/ruc.v32i1.20253>
- Maraza, B., Torres, J., Reymer, G., Aguilar, J., Angulo, E., & Huaracha, D. (2023). Hacia el desarrollo de habilidades investigativas de los estudiantes de física a través del uso de simuladores: Un estudio de caso. *Revista Internacional de Tecnología de la Información y la Educación*, 13(7), 1062–1069. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.7.1905>
- Poma, L., Terán, G., Arequipa, E., & Dominguez, L. (2023). Impacto del uso de FISLAB en el aprendizaje de la física experimental, estudio de caso: Universidad Central del Ecuador. *Reciamuc*, 7(1), 430–438. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(1\).enero.2023.430-438](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(1).enero.2023.430-438)
- Rehman, N., Zhang, W., Mahmood, A., & Alam, F. (2021). Enseñanza de la física con simulación interactiva por ordenador en el nivel secundario. *Cadernos de Educação, Tecnologia e Sociedade*, 14(1), 127–141. <https://doi.org/10.14571/brajets.v14.n1>
- Sánchez, R., & Mora, C. (2020). Simulación en Easy Java para el campo de Poynting de un circuito circular. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42, e20190065. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0065>
- Sari, D., Widodo, W., & Madlazim, M. (2021). Viabilidad de la simulación por computadora para el aprendizaje de la ley de Newton. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(14), 4282–4291. <https://www.turcomat.org/index.php/turkibilmat/article/view/11270>
- Saudelli, M., Petirrojo, K., Davies, J., Jungmark, M., & Mueller, R. (2021). Simulaciones PhET en Física de Pregrado: Teoría del aprendizaje constructivista en la práctica. *Brock Education: A Journal of Educational Research and Practice*, 31(1), 52–68. <https://journals.library.brocku.ca/brocked>
- Tsvetkova, O., Piatykop, O., Dzherenova, A., & et al. (2023). Desarrollo e implementación de simulaciones de laboratorio de física virtual para mejorar la experiencia de aprendizaje en la educación superior. En *Workshop on Cloud Technologies in Education*, Vol. 10, 98–110. <https://cte.easyscience.education/cte2023/cte2023/paper10.pdf>
- Yaipén, H., Pulido, L., Montenegro, L., Huerta, R., & et al. (2023). Virtual simulators in the teaching-learning of chemistry and physics: A systematic review of the literature. *International Journal of Membrane Science and Technology*, 10(4), 632–641. <https://cosmosscholars.com/phms/index.php/ijmst/article/view/2109/1355>