

JMNJE V4. N1. 097

Computación científica en la enseñanza de matemáticas y física en educación superior: revisión sistemática de desafíos y oportunidades para la innovación educativa

Scientific computing in the teaching of mathematics and physics in higher education: a systematic review of challenges and opportunities for educational innovation

Autores:

Angel Marcelo Cabrera Ortiz
Instituto Superior Tecnológico Limón
Limón Indanza – Ecuador
angel777ec@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-4830-2681>

Pamela Jacqueline Pintado Vallejo
Instituto Superior Tecnológico Cumandá
Chimborazo – Ecuador
jacquepintado@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0009-3779-8005>

Jairo Livardo Calapucha Alvarado
Universidad Bolivariana del Ecuador
Duran – Ecuador
jlcalapuchaa@ube.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-1384-2182>

William Alberto Beltrán Canaria
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC
Tunja – Colombia
william.beltran@uptc.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-5053-177X>

Autor de correspondencia: Angel Marcelo Cabrera Ortiz, angel777ec@hotmail.com

Enviado: 29-04-2026
Aceptado: 10-08-2026

Revisado: 11-06-2026
Publicado: 12-08-2026



Cómo citar este artículo:

Cabrera Ortiz, A. M., Pintado Vallejo, P. J., Calapucha Alvarado, J. L., & Beltrán Canaria, W. A. (2026). Computación científica en la enseñanza de matemáticas y física en educación superior: revisión sistemática de desafíos y oportunidades para la innovación educativa. *Journal of Multidisciplinary Novel Journeys & Explorations*, 4(1), 1-33. <https://doi.org/10.63688/f0hne337>

© 2026; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea correctamente citada.



RESUMEN

La computación científica se consolidó como un recurso pedagógico relevante para la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior, al favorecer la modelación, la simulación, la visualización y la resolución de problemas mediante herramientas digitales. La investigación tuvo como objetivo analizar sistemáticamente la evidencia científica sobre su integración en los procesos de enseñanza y aprendizaje, con énfasis en sus principales aplicaciones, desafíos, oportunidades y aportes al desarrollo de competencias científicas, digitales y cognitivas. Para ello, se realizó una revisión sistemática de la literatura conforme a las directrices de la declaración PRISMA 2020, lo que permitió identificar, seleccionar, organizar y sintetizar rigurosamente los estudios disponibles. Los resultados evidenciaron que el uso de modelos computacionales, métodos numéricos, lenguajes de programación y herramientas de visualización facilitó la comprensión de conceptos abstractos, la aplicación práctica del conocimiento y la solución de problemas complejos. Asimismo, fortaleció el pensamiento matemático, lógico y computacional de los estudiantes. Sin embargo, se identificaron desafíos relacionados con la formación docente, la actualización curricular, la infraestructura tecnológica y las competencias digitales del alumnado, cuya atención resultó fundamental para impulsar prácticas educativas innovadoras acordes con la transformación digital.

Palabras clave: computación científica, enseñanza de las matemáticas, enseñanza de la física, educación superior, innovación educativa.

ABSTRACT

Scientific computing has become a valuable pedagogical resource for teaching mathematics and physics in higher education, facilitating modeling, simulation, visualization, and problem-solving through digital tools. This research aimed to systematically analyze the scientific evidence on its integration into teaching and learning processes, emphasizing its main applications, challenges, opportunities, and contributions to the development of scientific, digital, and cognitive competencies. To this end, a systematic literature review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines, enabling the rigorous identification, selection, organization, and synthesis of available studies. The results demonstrated that the use of computational models, numerical methods, programming languages, and visualization tools facilitated the understanding of abstract concepts, the practical application of knowledge, and the solution of complex problems. Furthermore, it strengthened students' mathematical, logical, and computational thinking. However, challenges were identified related to teacher training, curriculum updates, technological infrastructure, and students' digital skills, addressing which proved essential to promoting innovative educational practices in line with digital transformation.

Keywords: scientific computing, mathematics teaching, physics teaching, higher education, educational innovation.



1. INTRODUCCIÓN

La computación científica ha adquirido un papel relevante en la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior al facilitar la modelización, la simulación y la resolución de problemas mediante herramientas digitales que fortalecen el aprendizaje y el desarrollo de competencias científicas y tecnológicas. Su incorporación impulsa metodologías activas e innovadoras acordes con la transformación digital; sin embargo, persisten desafíos relacionados con la capacitación docente, la actualización curricular, la infraestructura tecnológica y las competencias digitales del estudiantado.

Los antecedentes evidencian que la computación científica ha evolucionado como un recurso clave para fortalecer la enseñanza de las matemáticas y la física mediante el uso de simulaciones, modelización y herramientas de programación. Diversas investigaciones reportan mejoras en la comprensión de conceptos complejos, el pensamiento crítico y la resolución de problemas; sin embargo, también identifican limitaciones relacionadas con la infraestructura tecnológica, la formación docente y la integración curricular, aspectos que continúan representando desafíos para su implementación efectiva en la educación superior. La presente revisión sistemática se justifica por la necesidad de sintetizar la evidencia científica sobre la aplicación de la computación científica en la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior, identificando los principales desafíos y oportunidades para la innovación educativa. Los hallazgos permitirán orientar la toma de decisiones en el ámbito académico, fortalecer las estrategias pedagógicas y promover el desarrollo de competencias científicas, digitales y de resolución de problemas acordes con las exigencias de la educación superior actual.

El objetivo de esta investigación es analizar de manera sistemática la evidencia científica existente sobre la integración de la computación científica en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas y la física en la educación superior, con el propósito de identificar sus principales aplicaciones, desafíos y oportunidades, así como su contribución al fortalecimiento de las competencias científicas, digitales y cognitivas necesarias para impulsar prácticas pedagógicas innovadoras y acordes con las demandas de la transformación educativa actual.

Tabla 1.



Categorías de análisis de la Investigación

Categorías de análisis	Descripción
Integración de la computación científica	Uso de herramientas digitales, programación y software científico en la enseñanza de matemáticas y física.
Aplicaciones educativas	Implementación de simulaciones, modelización y análisis computacional para fortalecer el aprendizaje.
Impacto en el aprendizaje	Influencia en el desarrollo del pensamiento crítico, resolución de problemas y competencias científicas.
Innovación pedagógica	Uso de metodologías activas apoyadas en recursos tecnológicos para mejorar la enseñanza.
Desafíos y oportunidades	Limitaciones de implementación y posibilidades de transformación educativa mediante la tecnología.

Fuente: Elaboración propia

Basándonos en la investigación, formulamos las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo contribuye la integración de la computación científica en la enseñanza de las matemáticas y la física al fortalecimiento del aprendizaje y desarrollo de competencias científicas en la educación superior? ¿Cuáles son los principales desafíos y oportunidades asociados con la implementación de herramientas de computación científica para promover la innovación educativa en la enseñanza universitaria de las matemáticas y la física?

Marco teórico

El desarrollo del marco teórico permitió fundamentar los principales conceptos y enfoques relacionados con la integración de la computación científica en la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior. Para ello, se abordaron los fundamentos de la computación científica, sus herramientas y aplicaciones educativas, así como su contribución al fortalecimiento de competencias científicas, digitales y de resolución de problemas.

Computación científica en la educación superior

En los últimos años, el desarrollo tecnológico ha modificado la manera de estudiar y resolver problemas científicos en las universidades. En este contexto, Caballero y Merner (2018) señalaron que la formación computacional ha adquirido una presencia creciente en los programas universitarios, especialmente en áreas como la física. Su incorporación permite trasladar los conocimientos teóricos a situaciones prácticas mediante la construcción de



modelos, el diseño de algoritmos y la ejecución de simulaciones orientadas al análisis de fenómenos complejos.

Desde una perspectiva formativa, esta disciplina contribuye al desarrollo de competencias relacionadas con la programación, la interpretación de datos y la resolución de problemas. En su investigación, Magana et al. (2024) demostraron que los proyectos de modelación y simulación computacional favorecen la competencia representacional y la autorregulación del aprendizaje. Por ello, su aplicación ofrece oportunidades para promover experiencias educativas más activas, reflexivas y vinculadas con las actuales exigencias científicas y profesionales.

Características y componentes de la computación científica

Uno de los rasgos distintivos de este campo es su capacidad para representar problemas reales mediante modelos matemáticos que posteriormente pueden analizarse con herramientas informáticas. Al abordar esta competencia, Chiu y Lin (2019) explicaron que la modelación científica comprende la construcción, utilización, evaluación y modificación de representaciones destinadas a describir o predecir fenómenos. Este proceso facilita la realización de cálculos complejos, la comparación de escenarios y el estudio del comportamiento de diferentes variables.

Para alcanzar estos propósitos, se articulan componentes como la modelación matemática, los métodos numéricos, la programación, la simulación y la visualización científica. Desde una perspectiva interdisciplinaria, Martinovic y Milner Bolotin (2021) plantearon la modelación como un proceso cíclico de generación, comprobación y aplicación del conocimiento. En el contexto universitario, esta integración ayuda a que los estudiantes comprendan no solamente la respuesta obtenida, sino también el procedimiento científico seguido para formular, evaluar y mejorar una solución.

Herramientas y lenguajes utilizados en la computación científica

Actualmente existe una amplia variedad de programas y entornos destinados al cálculo, el procesamiento de datos y la representación de modelos. Entre ellos, Perkel (2018) destacó que Jupyter Notebook permite integrar código, texto explicativo, ecuaciones y visualizaciones en un mismo documento interactivo. Junto con esta plataforma, recursos como MATLAB, Mathematica, GeoGebra y R ofrecen funciones especializadas que facilitan la experimentación y el análisis de problemas matemáticos y físicos.



En cuanto a los lenguajes de programación, Python, R, C++ y Julia presentan importantes aplicaciones en la formación científica universitaria. Mediante una propuesta educativa basada en Python, para Barba & Forsyth (2018) mostraron que los estudiantes pueden aprender métodos numéricos y resolver progresivamente problemas relacionados con ecuaciones diferenciales. El empleo de estos lenguajes favorece la comprensión de la lógica de los algoritmos y evita que el estudiante se limite a aceptar automáticamente los resultados proporcionados por el software.

Enseñanza de las matemáticas en la educación superior

Aprender matemáticas en el ámbito universitario implica comprender conceptos abstractos, dominar procedimientos y aplicar los conocimientos adquiridos en diferentes situaciones profesionales. En una revisión sistemática, Bray y Tangney (2017) identificaron que las tecnologías digitales han ampliado las posibilidades de representación, exploración y resolución de problemas matemáticos. Sin embargo, su efectividad depende de que sean incorporadas con objetivos pedagógicos definidos y no solamente como instrumentos destinados a simplificar los cálculos.

Frente a las dificultades experimentadas por los estudiantes, los recursos computacionales permiten representar funciones, explorar modelos y comprobar diversos procedimientos de solución. Al analizar los desarrollos recientes de este campo, Engelbrecht y Borba (2024) sostuvieron que las tecnologías digitales han transformado los espacios de aprendizaje matemático mediante experiencias más dinámicas, interactivas y colaborativas. Al modificar variables y observar sus efectos, los estudiantes pueden construir una comprensión más concreta de contenidos que inicialmente resultan abstractos.

Pensamiento matemático, lógico y computacional

Resolver problemas científicos requiere más que memorizar fórmulas o reproducir procedimientos previamente establecidos. En este sentido, Weintrop et al. (2016) organizaron el pensamiento computacional aplicado a las matemáticas y las ciencias en prácticas relacionadas con datos, modelación, simulación, resolución de problemas y sistemas computacionales. Estas capacidades permiten que los estudiantes reconozcan patrones, organicen la información y formulen soluciones fundamentadas ante situaciones nuevas o complejas.



A estas habilidades se suma la capacidad para descomponer problemas, abstraer sus elementos principales, elaborar algoritmos y evaluar posibles soluciones. En la revisión desarrollada por Subramaniam et al. (2022), se reconoció que el pensamiento computacional mantiene una estrecha relación con la resolución de problemas matemáticos y el razonamiento lógico. De esta manera, la computación científica genera escenarios en los que los estudiantes pueden construir procedimientos ordenados, comprobar sus resultados y reflexionar críticamente sobre la efectividad de las soluciones propuestas.

Aplicaciones de la computación científica en cálculo, álgebra, estadística y ecuaciones diferenciales

Dentro del cálculo y el álgebra, las herramientas computacionales facilitan el análisis de funciones, límites, derivadas, integrales, matrices y sistemas de ecuaciones. En la revisión realizada por Hidayat y Firmanti (2024), se identificó que la integración tecnológica en la enseñanza matemática favorece la visualización, la interactividad y la exploración de diferentes representaciones. Estas posibilidades ayudan a relacionar las expresiones simbólicas con su comportamiento numérico y gráfico, especialmente cuando los ejercicios presentan un elevado nivel de complejidad.

También se encuentran aplicaciones relevantes en la estadística y las ecuaciones diferenciales. En el campo estadístico, Al-Haddad et al. (2024) presentaron un modelo de enseñanza apoyado en tecnologías que facilitó el análisis de datos y fortaleció la experiencia de aprendizaje. De manera complementaria, la programación permite aproximar soluciones de ecuaciones diferenciales y estudiar el comportamiento de sistemas dinámicos; no obstante, estas herramientas deben acompañarse de una adecuada comprensión conceptual para evitar una utilización mecánica de los procedimientos.

Enseñanza de la física en la educación superior

Comprender los fenómenos físicos exige relacionar principios teóricos, procedimientos matemáticos y experiencias experimentales. Al examinar la evolución de la modelación computacional, Weber y Wilhelm (2020) destacaron sus beneficios para representar sistemas, comprobar hipótesis y analizar procesos difíciles de estudiar mediante procedimientos tradicionales. Su incorporación en la formación universitaria permite articular los conceptos físicos con la programación y ofrecer alternativas para abordar fenómenos caracterizados por múltiples variables.



Ante la dificultad para observar o reproducir determinados fenómenos, las simulaciones proporcionan espacios seguros y flexibles para explorar su comportamiento. En su revisión, Banda y Nzabahimana (2021) encontraron evidencias favorables sobre el efecto de las simulaciones PhET en la comprensión conceptual de contenidos físicos. Mediante estas experiencias, los estudiantes pueden modificar parámetros, formular hipótesis y contrastar las predicciones teóricas con los resultados generados, siempre que exista una orientación pedagógica adecuada.

Relación entre conocimientos matemáticos y conceptos físicos

Las leyes de la física se expresan mediante ecuaciones, funciones, vectores y otras estructuras matemáticas. Al estudiar la alfabetización computacional en estudiantes universitarios, Odden et al. (2019) evidenciaron que la programación permite integrar conocimientos disciplinares, procedimientos computacionales y formas científicas de comunicación. Así, las matemáticas no funcionan únicamente como herramientas de cálculo, sino como un lenguaje que permite describir, explicar y predecir el comportamiento de los fenómenos físicos.

Sin embargo, aplicar correctamente una fórmula no significa necesariamente que se haya comprendido el fenómeno representado. En el estudio de Phillips et al. (2023), se resaltó la importancia de relacionar los modelos computacionales, el código empleado y el significado físico de los resultados obtenidos. La computación científica facilita esta conexión al convertir las ecuaciones en representaciones dinámicas que permiten observar la interacción entre variables y evaluar la coherencia física de las soluciones.

Visualización de modelos y sistemas físicos complejos

Existen fenómenos cuya escala, duración, velocidad o complejidad dificulta su observación directa en un aula o laboratorio. Al analizar el empleo educativo de las simulaciones, Almasri (2022) destacó que estas favorecen la participación, la confianza y la satisfacción del estudiantado al permitir la visualización de procesos científicos. De esta forma, contenidos como los campos electromagnéticos, el movimiento ondulatorio o los sistemas termodinámicos pueden presentarse mediante gráficos, animaciones y modelos interactivos. Además de facilitar la comprensión, estas representaciones permiten identificar patrones y analizar los cambios producidos al modificar las condiciones iniciales de un sistema. En su revisión, Potkonjak et al. (2016) señalaron que los laboratorios virtuales ofrecen



oportunidades para repetir experimentos, controlar variables y superar determinadas restricciones materiales o de seguridad. Sin embargo, estos recursos deben acompañarse de orientación docente, debido a que todo modelo constituye una representación simplificada de la realidad.

Integración pedagógica de la computación científica

Incorporar recursos computacionales en el aula universitaria no consiste únicamente en utilizar un programa durante una actividad determinada. Al revisar el modelo TPACK, Schmid et al. (2024) destacaron la necesidad de articular los conocimientos tecnológicos, pedagógicos y disciplinares para lograr una integración educativa coherente. Por tanto, la selección de las herramientas debe responder a los objetivos de aprendizaje, los contenidos de la asignatura y las características del contexto institucional.

En este proceso, el profesorado debe diseñar actividades contextualizadas, orientar la interpretación de los resultados y acompañar las dificultades relacionadas con la programación o la modelación. A partir de una revisión de la literatura, Njiku et al. (2020) señalaron que el conocimiento tecnológico-pedagógico del contenido comprende distintas dimensiones que deben evaluarse de manera articulada. En consecuencia, la computación científica debe complementar el razonamiento, la argumentación y la construcción del conocimiento, sin reemplazar la comprensión conceptual.

Enfoques pedagógicos para la integración de tecnologías computacionales

El potencial educativo de las tecnologías aumenta cuando su utilización se vincula con metodologías que promueven una participación activa. Mediante un metaanálisis, Ting et al. (2023) encontraron efectos favorables del aprendizaje activo sobre el desempeño del estudiantado en las áreas STEM. En este marco, el aprendizaje basado en problemas, los proyectos, la indagación y el trabajo colaborativo proporcionan condiciones adecuadas para investigar, experimentar y aplicar la computación científica en situaciones contextualizadas. En matemáticas y física, estas metodologías pueden desarrollarse mediante proyectos de modelación, diseño de simulaciones y análisis de datos experimentales. Al examinar las tendencias recientes, Tariq et al. (2025) identificaron que el aprendizaje basado en proyectos favorece el pensamiento computacional, la colaboración y la resolución de problemas en la educación STEM. Estas actividades permiten valorar no solamente el resultado final, sino



también la formulación del problema, la selección de procedimientos y la interpretación de evidencias.

Herramientas tecnológicas para la enseñanza de matemáticas y física

La diversidad de recursos disponibles ha ampliado las posibilidades para enseñar contenidos matemáticos y físicos en la universidad. A partir de una revisión de la literatura, Godsk y Møller (2025) presentaron recomendaciones para promover la participación del estudiantado mediante diferentes tecnologías educativas. Programas como GeoGebra, Desmos, MATLAB, Mathematica, Python y Jupyter Notebook permiten efectuar cálculos, procesar datos, elaborar gráficos y desarrollar modelos interactivos relacionados con distintas áreas científicas.

En el ámbito de la física, los simuladores permiten modificar variables, repetir procedimientos y obtener retroalimentación inmediata. El metaanálisis realizado por Fadillah et al. (2026) encontró un efecto positivo amplio de las simulaciones PhET sobre los resultados de aprendizaje. Por ello, la selección de estas herramientas debe considerar su accesibilidad, facilidad de uso, pertinencia disciplinar y correspondencia con los objetivos formativos, evitando que su incorporación se reduzca al uso instrumental de la tecnología.

Estudio de casos

De acuerdo Gómez García (2025), en su investigación metodologías didácticas contemporáneas en la enseñanza de las matemáticas en educación superior: Revisión sistemática de literatura (2020–2025), el estudio analizó las metodologías didácticas contemporáneas aplicadas a la enseñanza de las matemáticas en la educación superior hispanohablante mediante una revisión sistemática de investigaciones publicadas entre 2020 y 2025. Los resultados evidenciaron que el aprendizaje basado en problemas, el trabajo cooperativo, la gamificación, el aula invertida, la inteligencia artificial y la educación socioemocional favorecieron la motivación, la autonomía, el pensamiento crítico y la comprensión matemática. Asimismo, las tecnologías emergentes facilitaron la personalización del aprendizaje, mientras que los enfoques socioemocionales contribuyeron a disminuir la ansiedad matemática. No obstante, se identificaron limitaciones relacionadas con la brecha digital, la resistencia al cambio y la insuficiente formación docente.

Conforme a lo planteado por Ibarra Ordóñez et al. (2025), en su investigación, Integración de tecnologías digitales y gamificación en la enseñanza de matemáticas, físicas y química en



la educación superior: impacto en la comprensión conceptual y la resolución de problemas, el estudio analizó la incorporación de tecnologías digitales y estrategias de gamificación en la enseñanza universitaria de matemáticas, física y química mediante una revisión sistemática cualitativa basada en el método PRISMA. Los resultados evidenciaron que los laboratorios virtuales, los simuladores y los recursos gamificados favorecieron la motivación, la comprensión conceptual, la resolución de problemas complejos y el pensamiento crítico de los estudiantes. Sin embargo, se identificaron limitaciones relacionadas con la insuficiente infraestructura tecnológica, la escasa formación docente en competencias digitales y la débil integración de estas estrategias en los planes de estudio, especialmente en Ecuador, Perú y México.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente investigación se adoptó la revisión sistemática de la literatura, siguiendo las directrices de la declaración PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), con el propósito de identificar, seleccionar, organizar y sintetizar rigurosamente la evidencia científica disponible sobre la computación científica aplicada a la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior. Este enfoque metodológico permitió integrar los hallazgos provenientes de investigaciones empíricas, revisiones de literatura y aportes teóricos relacionados con la modelación matemática y computacional, los métodos numéricos, los lenguajes de programación, las simulaciones, los laboratorios virtuales y las herramientas de visualización científica. Asimismo, permitió examinar las estrategias pedagógicas orientadas al fortalecimiento de la comprensión conceptual, la resolución de problemas y el desarrollo del pensamiento matemático, lógico y computacional en los estudiantes universitarios.

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo durante marzo, abril y mayo de 2026 en las bases de datos Scopus, Web of Science y SciELO, seleccionadas por su reconocimiento científico, rigurosidad metodológica y amplia cobertura de publicaciones relacionadas con la computación científica y la enseñanza universitaria de las matemáticas y la física. La estrategia de búsqueda se diseñó mediante operadores booleanos (AND y OR), combinando términos en español e inglés vinculados con el objeto de estudio. La ecuación de búsqueda empleada fue la siguiente: ("scientific computing" OR "computational science" OR



"computational modeling") AND ("mathematics education" OR "physics education") AND ("higher education" OR universit*) AND (teaching OR learning). De manera complementaria, se utilizaron los términos equivalentes en español: **("computación científica" OR "ciencia computacional" OR "modelación computacional") AND ("educación matemática" OR "enseñanza de la física") AND ("educación superior" OR universidad) AND (enseñanza OR aprendizaje). En cada base de datos se realizaron ajustes específicos en la sintaxis de búsqueda, de acuerdo con las características de indexación y recuperación de información de cada plataforma, manteniendo la coherencia conceptual de los términos utilizados.

Los criterios de inclusión consideraron artículos científicos originales, revisiones sistemáticas, estudios documentales y estudios empíricos publicados entre 2016 y 2026, disponibles en texto completo, redactados en español o inglés e indexados en las bases de datos seleccionadas. Se seleccionó este período debido al crecimiento reciente de la producción científica relacionada con la computación científica aplicada a la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior, así como al avance de herramientas computacionales orientadas a la innovación de los procesos educativos universitarios.

Se excluyeron los documentos duplicados, así como las actas de congresos, editoriales, cartas al editor y las publicaciones que no hubieran sido sometidas a revisión por pares. También se descartaron los estudios que, aunque abordaban las tecnologías educativas, la enseñanza universitaria o los recursos digitales, no analizaban específicamente la computación científica aplicada a la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior. Del mismo modo, no se consideraron las investigaciones enfocadas exclusivamente en el desarrollo técnico o el rendimiento de herramientas computacionales, sin examinar su aplicación pedagógica en la modelación matemática y computacional, los métodos numéricos, los lenguajes de programación, las simulaciones, los laboratorios virtuales o la visualización científica. Asimismo, se excluyeron los estudios que no evaluaron su contribución a la comprensión conceptual, la resolución de problemas o el desarrollo del pensamiento matemático, lógico y computacional de los estudiantes universitarios.

Durante las etapas iniciales del proceso de revisión sistemática se identificaron 110 registros bibliográficos en bases de datos científicas relacionados con la computación científica aplicada a la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior.



Posteriormente, se eliminaron 40 registros duplicados, por lo que se obtuvieron 70 estudios para la fase de cribado. Esta etapa permitió identificar las investigaciones potencialmente relevantes para continuar con la evaluación de elegibilidad y consolidar una base documental sobre la aplicación de la modelación matemática y computacional, los métodos numéricos, los lenguajes de programación, las simulaciones, los laboratorios virtuales y las herramientas de visualización científica. Asimismo, se consideraron estudios orientados al fortalecimiento de la comprensión conceptual, la resolución de problemas y el desarrollo del pensamiento matemático, lógico y computacional en los estudiantes de educación superior.

Posteriormente, los 70 registros fueron sometidos a un proceso de evaluación de elegibilidad mediante la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos. En esta etapa se verificó la correspondencia temática con el objetivo de la investigación, la relación directa con la computación científica aplicada a la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior y la pertinencia de los aportes relacionados con la modelación computacional, los métodos numéricos, los lenguajes de programación, las simulaciones, los laboratorios virtuales y las herramientas de visualización científica. Como resultado de este proceso, se excluyeron 44 estudios, de los cuales 18 no abordaban específicamente la aplicación de la computación científica en la enseñanza universitaria de las matemáticas y la física, 9 no cumplían los criterios de inclusión establecidos, 7 presentaban un enfoque o contexto educativo diferente al delimitado en la investigación, 5 no habían sido sometidos a revisión por pares y 5 presentaban escasa relación con el objetivo del estudio.

En consecuencia, el corpus final de la revisión sistemática quedó conformado por 26 artículos científicos, los cuales constituyeron el corpus documental definitivo analizado sobre la computación científica aplicada a la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior. De acuerdo con la clasificación general del enfoque metodológico establecida para organizar y representar los estudios incluidos en el proceso PRISMA, 16 investigaciones fueron categorizadas con enfoque cualitativo y 10 con enfoque cuantitativo. No obstante, el análisis detallado de sus características metodológicas evidenció diversidad en los diseños empleados, entre ellos revisiones sistemáticas, revisiones documentales, revisiones narrativas, revisiones del estado del arte, análisis documentales, investigaciones aplicadas y estudios descriptivos, como se presenta en la Tabla 2. Esta diferenciación permitió reconocer

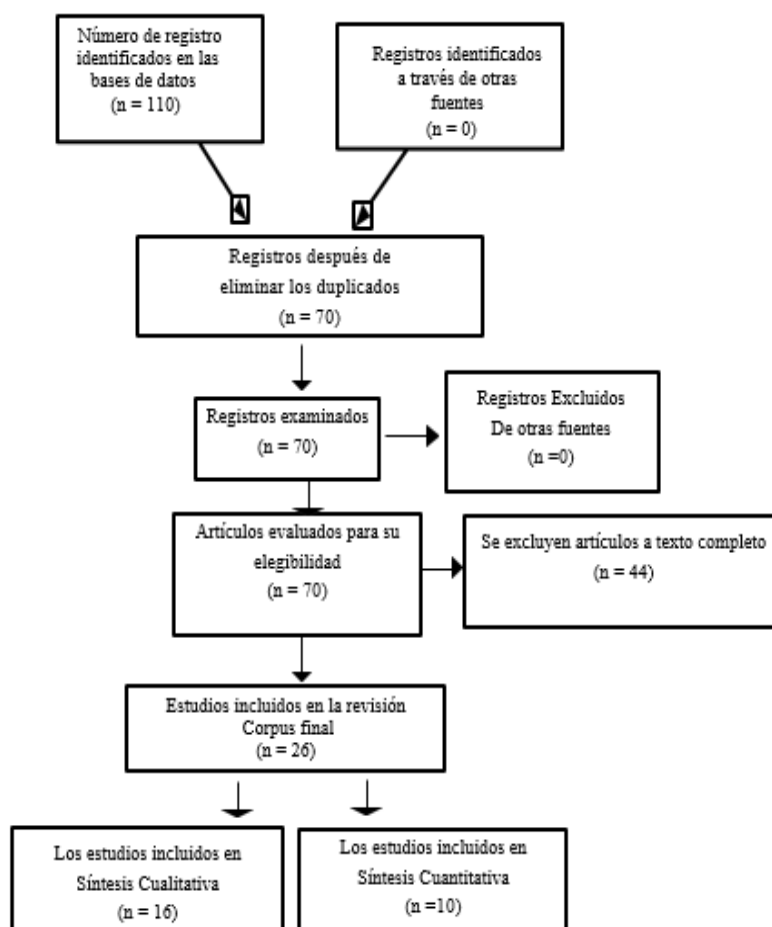


la heterogeneidad metodológica de la evidencia científica seleccionada y fortalecer la interpretación de los resultados relacionados con la aplicación de la modelación computacional, los métodos numéricos, los lenguajes de programación, las simulaciones, los laboratorios virtuales y las herramientas de visualización científica en la enseñanza universitaria de las matemáticas y la física.

Posteriormente, la información de los estudios seleccionados fue organizada mediante una matriz de extracción de datos que consideró los siguientes elementos: autor, año de publicación, objetivo, diseño metodológico, muestra o contexto, temática abordada y principales hallazgos. Este procedimiento permitió sistematizar la evidencia científica y facilitar el análisis comparativo de las investigaciones incluidas.

Figura 1

Método Prisma



Nota. Descripción del proceso de cribado a través del método PRISMA



3. RESULTADOS

Los resultados se derivaron del análisis de los 26 estudios científicos que conformaron el corpus final de la revisión sistemática. La evidencia examinada permitió identificar los principales hallazgos sobre la computación científica aplicada a la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior, destacando el uso de la modelación computacional, los lenguajes de programación, los métodos numéricos, las simulaciones, los laboratorios virtuales y las herramientas de visualización científica. Asimismo, se reconocieron sus aportes al fortalecimiento de la comprensión conceptual, la resolución de problemas y el desarrollo del pensamiento matemático, lógico y computacional, además de los desafíos relacionados con su integración pedagógica en los procesos de enseñanza y aprendizaje universitarios.

Tabla 2:

Matriz de estudios incluidos en la revisión sistemática

Autor, año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra / Contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
Al-Haddad et al. (2024)	Analizar un modelo de enseñanza de estadística apoyado por tecnología y su utilidad en contextos educativos presenciales y posteriores a la pandemia.	Estudio aplicado con enfoque educativo	Estudiantes en cursos de estadística	Tecnología en la enseñanza de estadística	La integración planificada de herramientas tecnológicas favoreció el acompañamiento del aprendizaje y ofreció alternativas para fortalecer la enseñanza de estadística.
Almasri (2022)	Analizar las relaciones entre compromiso, autoconfianza, satisfacción y estilos de aprendizaje durante el uso	Cuantitativo, descriptivo-correlacional	1.034 estudiantes universitarios de física, química y biología	Simulaciones en ciencias	Las simulaciones mostraron relaciones favorables con el compromiso, la satisfacción y la autoconfianza



Autor, año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra / Contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
	de simulaciones científicas.				del estudiantado, aunque los resultados variaron según las características de aprendizaje. La evidencia mostró que las simulaciones constituyen un recurso favorable para facilitar la comprensión de conceptos abstractos y complementar las experiencias de aprendizaje en física.
Banda & Nzabahimana (2021)	Examinar el efecto de las simulaciones PhET sobre la comprensión conceptual de contenidos de física.	Revisión de literatura	Estudios sobre implementación de PhET en enseñanza de física	Simulaciones PhET	La evidencia mostró que las simulaciones constituyen un recurso favorable para facilitar la comprensión de conceptos abstractos y complementar las experiencias de aprendizaje en física.
Barba & Forsyth (2018)	Presentar una propuesta computacional para enseñar la resolución numérica progresiva de las ecuaciones de Navier–Stokes mediante Python.	Artículo educativo/aplicado	Material educativo basado en 12 módulos computacionales	Python y dinámica de fluidos computacional	La secuencia permitió integrar programación, métodos numéricos y contenidos de dinámica de fluidos mediante actividades computacionales progresivas.
Bray & Tangney (2017)	Clasificar y analizar cómo se empleaban las tecnologías digitales en	Revisión sistemática	139 estudios y 152 intervenciones	Tecnología digital en matemáticas	Predominó el uso de tecnología para ampliar prácticas



Autor, año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra / Contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
	investigaciones sobre educación matemática.				pedagógicas existentes, mientras que se observó menor presencia de usos verdaderamente transformadores.
	Determinar la prevalencia y características de la enseñanza computacional en programas universitarios de física de Estados Unidos.	Cuantitativo; encuesta nacional	1.246 docentes de 357 instituciones	Computación en física universitaria	Aunque numerosos docentes tenían experiencia computacional, su incorporación formal al currículo era limitada y pocos departamentos disponían de programas específicos de física computacional.
Caballero & Merner (2018)					La modelización fue reconocida como una competencia relevante para representar fenómenos, construir explicaciones y desarrollar el razonamiento científico.
	Examinar conceptualmente la competencia de modelización y su importancia dentro de la educación científica.	Análisis teórico/conceptual	Literatura y marcos sobre educación científica	Modelización científica	
Chiu & Lin (2019)					



Autor, año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra / Contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
Engelbrecht & Borba (2024)	Examinar desarrollos recientes relacionados con el empleo de tecnologías digitales en educación matemática.	Revisión/análisis de tendencias	Literatura reciente en educación matemática digital	Tecnología digital y matemáticas	Las tecnologías digitales ampliaron las posibilidades de representación, interacción y aprendizaje matemático, aunque su efectividad dependió de una integración pedagógica adecuada. La síntesis reportó un efecto favorable de las simulaciones PhET en el aprendizaje, respaldando su utilización como recurso para la enseñanza de conceptos físicos.
Fadillah et al. (2026)	Determinar mediante metaanálisis la efectividad de las simulaciones PhET en el aprendizaje de física.	Metaanálisis	Estudios empíricos sobre PhET y educación física	Simulación computacional en física	Se formularon 61 recomendaciones basadas en evidencia y se encontró que las tecnologías que favorecen estructura, aprendizaje activo,
Godsk & Møller (2025)	Identificar cómo las tecnologías educativas pueden emplearse para promover la participación estudiantil en educación superior.	Revisión amplia de literatura	Evidencia sobre ocho tipos de tecnologías educativas	Tecnología y compromiso estudiantil	



Autor, año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra / Contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
Gómez García (2025)	Analizar las metodologías didácticas contemporáneas utilizadas en la enseñanza universitaria de las matemáticas durante 2020–2025.	Revisión sistemática de literatura	Estudios publicados entre 2020–2025	Metodologías didácticas en matemáticas	comunicación e interacción presentan mayor potencial de compromiso. Las metodologías activas y los recursos tecnológicos se identificaron como componentes relevantes para renovar la enseñanza matemática y favorecer una participación más activa. La tecnología presentó oportunidades para enriquecer la enseñanza y facilitar nuevas experiencias de aprendizaje, condicionadas por las competencias docentes y el diseño pedagógico.
Hidayat & Firmanti (2024)	Analizar sistemáticamente las tendencias y formas de integración tecnológica en la educación matemática.	Revisión sistemática	Estudios sobre tecnología y enseñanza matemática	Integración tecnológica	La integración de estrategias digitales y gamificadas favoreció la
Ibarra Ordóñez et al. (2025)	Analizar la integración de tecnologías digitales y gamificación en	Estudio educativo sobre integración tecnológica	Contexto de educación superior	Gamificación y tecnologías digitales	



Autor, año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra / Contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
	matemáticas, física y química y su relación con la comprensión y resolución de problemas.				participación, comprensión conceptual y abordaje de problemas en las áreas científicas estudiadas. Los proyectos colaborativos con andamiaje facilitaron la articulación de múltiples representaciones y promovieron habilidades regulatorias durante la resolución de problemas. Se destacó la necesidad de fortalecer experiencias de modelización en la formación docente para conectar conocimientos teóricos con situaciones y prácticas educativas.
Magana et al. (2024)	Analizar proyectos computacionales colaborativos y escalonados para desarrollar competencias representacionales y habilidades de autorregulación.	Estudio aplicado con intervención educativa	Estudiantes participantes en proyectos de modelización y simulación	Modelización y simulación computacional	Los proyectos colaborativos con andamiaje facilitaron la articulación de múltiples representaciones y promovieron habilidades regulatorias durante la resolución de problemas. Se destacó la necesidad de fortalecer experiencias de modelización en la formación docente para conectar conocimientos teóricos con situaciones y prácticas educativas.
Martinovic & Milner-Bolotin (2021)	Examinar la modelización dentro de la formación de docentes STEM y establecer conexiones entre teoría y práctica.	Revisión/análisis educativo	Formación docente STEM K–12	Modelización STEM	Se identificaron criterios relevantes para desarrollar instrumentos
Njiku et al. (2020)	Revisar la literatura sobre el desarrollo de ítems destinados a medir el	Revisión de literatura	Estudios e instrumentos sobre TPACK	Competencias tecnológicas-pedagógicas	



Autor, año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra / Contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
	conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar (TPACK).				TPACK y se evidenció la necesidad de una medición contextualizada de las competencias tecnológicas docentes.
Odden et al. (2019)	Explorar la alfabetización computacional en física mediante el empleo de ensayos computacionales .	Estudio de caso exploratorio	Estudiantes de un curso introductorio de electricidad y magnetismo	Alfabetización computacional en física	Se identificaron dimensiones materiales, cognitivas y sociales de la alfabetización computacional; los ensayos computacionales permitieron explorar prácticas, conocimientos y creencias del estudiantado. Jupyter facilitó la integración de código, resultados, explicaciones y visualizaciones dentro de un mismo entorno, favoreciendo flujos de trabajo reproducibles e interactivos.
Perkel (2018)	Describir las características y ventajas que explican la adopción de Jupyter como cuaderno computacional para el trabajo científico.	Artículo descriptivo/divulgativo	Comunidad científica y usuarios de Jupyter	Jupyter y computación científica	La interacción con herramientas
Phillips et al. (2023)	Analizar la relación entre materialidad,	Estudio educativo cualitativo	Estudiantes de una clase de	Modelización	



Autor, año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra / Contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
	modelización y agencia del estudiante dentro de un curso de física computacional.		física computacional	computacion al	computacionale s favoreció formas de agencia y participación en la construcción y análisis de modelos físicos. Los laboratorios virtuales ampliaron las oportunidades de experimentació n, acceso y aprendizaje práctico, aunque se identificaron desafíos tecnológicos y pedagógicos para su implementació n. Se observó una amplia producción sobre TPACK, pero también heterogeneidad conceptual y metodológica, evidenciando la necesidad de mayor precisión en su
Potkonjak et al. (2016)	Revisar el desarrollo y aplicación de laboratorios virtuales en ciencia, tecnología e ingeniería.	Revisión de literatura	Estudios y experiencias sobre laboratorios virtuales	Laboratorios virtuales	
Schmid et al. (2024)	Sintetizar revisiones existentes sobre el conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar (TPACK).	Revisión sistemática de revisiones	Revisiones sobre TPACK	Competencia digital docente	



Autor, año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra / Contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
Subramaniam et al. (2022)	Sintetizar investigaciones relacionadas con el pensamiento computacional en la educación matemática.	Revisión sistemática	Estudios sobre pensamiento computacional y matemáticas	Pensamiento computacional	medición e implementación. La integración del pensamiento computacional mostró posibilidades para fortalecer la resolución de problemas, el razonamiento lógico y la conexión entre matemáticas y programación. El pensamiento computacional se consolidó como una competencia transversal relevante, aunque persistieron desafíos curriculares, pedagógicos y de formación para su integración sistemática.
Tariq et al. (2025)	Examinar el estado actual del pensamiento computacional en STEM e identificar futuras líneas de investigación.	Revisión del estado del arte	Literatura sobre pensamiento computacional en STEM	Pensamiento computacional al STEM	El aprendizaje activo presentó efectos positivos sobre el desempeño académico, respaldando
Ting et al. (2023)	Determinar mediante metaanálisis los efectos del aprendizaje activo sobre el desempeño de	Metaanálisis	Estudios empíricos con estudiantes asiáticos en STEM	Aprendizaje activo	



Autor, año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra / Contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
Weber & Wilhelm (2020)	estudiantes asiáticos en áreas STEM.				metodologías centradas en una participación más activa del estudiante.
	Analizar históricamente los beneficios y evolución de la modelización computacional dentro de la enseñanza de la física.	Revisión histórica	Literatura sobre modelización computacional en física	Modelización computacional	La modelización computacional permitió vincular conocimientos físicos, matemáticos y algorítmicos, ampliando las posibilidades para representar y estudiar sistemas complejos. Se propuso una taxonomía de prácticas computacionales aplicables a matemáticas y ciencias, incluyendo manejo de datos, modelización, simulación, resolución computacional de problemas y pensamiento sistémico.
Weintrop et al. (2016)	Definir las prácticas que conforman el pensamiento computacional específicamente en las aulas de matemáticas y ciencias.	Estudio teórico con construcción de marco conceptual	Contextos educativos de matemáticas y ciencias	Pensamiento computacional	

Fuente: Elaboración propia



El análisis de los 26 estudios permitió identificar cinco categorías principales: aplicaciones en matemáticas, aplicaciones en física, herramientas computacionales, aportes al aprendizaje y desafíos de implementación.

Aplicaciones en matemáticas. Los estudios evidenciaron el uso de tecnologías digitales, modelización, programación y pensamiento computacional para fortalecer la representación de conceptos, el razonamiento lógico y la resolución de problemas matemáticos.

Aplicaciones en física. Se identificó una presencia destacada de la modelización computacional, las simulaciones PhET y los laboratorios virtuales, utilizados para representar fenómenos, analizar variables y favorecer la comprensión de conceptos físicos.

Herramientas computacionales. Entre los principales recursos se encontraron Python, Jupyter, simulaciones PhET, laboratorios virtuales y diferentes herramientas de modelización y visualización, que facilitaron la integración entre programación, métodos numéricos y contenidos científicos.

Aportes al aprendizaje. Los hallazgos mostraron mejoras relacionadas con la comprensión conceptual, la resolución de problemas, el pensamiento computacional, la participación activa, la autorregulación y la capacidad para interpretar y representar fenómenos científicos.

Principales desafíos. Se identificaron dificultades relacionadas con la integración pedagógica de las tecnologías, las competencias digitales y computacionales del profesorado, la incorporación curricular de estos recursos y las condiciones tecnológicas necesarias para su implementación.

En conjunto, los resultados mostraron que la computación científica amplió las posibilidades de enseñanza de las matemáticas y la física, especialmente mediante la modelización, simulación, programación y visualización, aunque su efectividad estuvo vinculada con una adecuada integración pedagógica y curricular.

4. DISCUSIÓN

Los hallazgos obtenidos evidenciaron que la integración de la computación científica fortaleció los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas y la física en la educación superior, principalmente al favorecer la conexión entre los fundamentos teóricos, la representación de fenómenos y su aplicación mediante procedimientos computacionales. Este resultado coincidió con Magana et al. (2024), quienes demostraron que los proyectos de



modelización y simulación contribuyeron al desarrollo de competencias representacionales y habilidades de autorregulación. De manera complementaria, Chiu y Lin (2019) destacaron la importancia de la construcción y evaluación de modelos para interpretar fenómenos científicos, mientras que Caballero y Merner (2018) evidenciaron la presencia de la instrucción computacional dentro de programas universitarios de física. La convergencia entre estos estudios permitió interpretar que el valor educativo de la computación científica trascendió la automatización de cálculos, al propiciar escenarios en los que el estudiantado pudo formular, representar y analizar problemas desde una perspectiva más activa. No obstante, su incorporación curricular continuó representando un desafío, especialmente cuando las prácticas computacionales se desarrollaron de manera aislada de los contenidos disciplinares.

En la enseñanza de las matemáticas, los resultados mostraron que la integración de tecnologías digitales, programación y herramientas de representación amplió las posibilidades para abordar conceptos abstractos y explorar diferentes procedimientos de resolución. Esta tendencia fue consistente con Bray y Tangney (2017), quienes identificaron una creciente incorporación de tecnologías en la educación matemática, y con Engelbrecht y Borba (2024), quienes destacaron la transformación de los entornos de aprendizaje a partir de recursos digitales. Asimismo, Weintrop et al. (2016) y Subramaniam et al. (2022) permitieron relacionar estos hallazgos con el desarrollo del pensamiento computacional, particularmente mediante prácticas vinculadas con datos, algoritmos, modelización y resolución de problemas. En esta misma línea, Hidayat y Firmanti (2024) señalaron que la integración tecnológica ofreció nuevas oportunidades para enriquecer la enseñanza matemática. Sin embargo, el análisis también permitió advertir que la disponibilidad de tecnología por sí sola no garantizó mejores aprendizajes, puesto que su efectividad estuvo condicionada por la intencionalidad pedagógica y por la capacidad del docente para orientar al estudiante hacia la interpretación, argumentación y comprensión de los procedimientos realizados.

En el campo de la física, las simulaciones, los modelos computacionales y los laboratorios virtuales se posicionaron como recursos relevantes para representar fenómenos difíciles de observar directamente, modificar variables y contrastar predicciones con resultados. Esta evidencia coincidió con Banda y Nzabahimana (2021), quienes reportaron beneficios de las



simulaciones PhET para la comprensión conceptual, y con Fadillah et al. (2026), cuyo metaanálisis respaldó la efectividad de estas herramientas en la enseñanza de la física. De forma similar, Almasri (2022) relacionó el empleo de simulaciones con aspectos como el compromiso, la autoconfianza y la satisfacción del estudiantado, mientras que Potkonjak et al. (2016) destacaron las posibilidades educativas de los laboratorios virtuales en ciencias e ingeniería. A su vez, Weber y Wilhelm (2020) mostraron que la modelización computacional adquirió progresivamente mayor relevancia en la enseñanza de la física. Pese a estas coincidencias, los resultados sugirieron que las simulaciones no debían entenderse como sustitutos absolutos de la experimentación o del razonamiento físico, sino como recursos complementarios cuya utilidad dependió de la capacidad para relacionar las representaciones digitales con principios, ecuaciones y fenómenos reales.

Finalmente, el análisis permitió establecer que la innovación asociada con la computación científica dependió menos de la disponibilidad aislada de herramientas digitales y más de su articulación con metodologías activas, objetivos de aprendizaje y competencias docentes. Esta interpretación encontró respaldo en Schmid et al. (2024) y Njiku et al. (2020), quienes destacaron la relevancia de integrar conocimientos tecnológicos, pedagógicos y disciplinares en la práctica educativa. Asimismo, Ting et al. (2023) evidenciaron efectos favorables del aprendizaje activo en las áreas STEM, mientras que Tariq et al. (2025) resaltaron la creciente importancia del pensamiento computacional como competencia transversal. En conjunto, estos resultados permitieron sostener que la computación científica alcanzó mayor potencial educativo cuando se incorporó mediante actividades de modelización, simulación, indagación, colaboración y resolución de problemas, en lugar de limitarse al manejo instrumental de programas informáticos. Sin embargo, persistieron desafíos relacionados con la formación docente, la infraestructura tecnológica, el acceso equitativo y la actualización curricular, aspectos que deberían considerarse para consolidar una integración sostenible de la computación científica en la educación superior.

5. CONCLUSIÓN

Se concluyó que la computación científica constituyó una estrategia pedagógica relevante para fortalecer la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior. La evidencia analizada mostró que la incorporación de la modelación computacional, los



métodos numéricos, los lenguajes de programación y las herramientas de visualización facilitó la comprensión de conceptos abstractos y la aplicación de conocimientos en situaciones prácticas. De esta manera, su integración contribuyó al desarrollo de procesos formativos más dinámicos, analíticos y orientados a la resolución de problemas.

Se determinó que las simulaciones y los laboratorios virtuales enriquecieron especialmente la enseñanza de la física, al facilitar la representación de fenómenos, la modificación de variables y el contraste entre fundamentos teóricos y resultados experimentales. En el ámbito de las matemáticas, las herramientas computacionales favorecieron la exploración de diferentes procedimientos, la interpretación de datos y la visualización de modelos. Sin embargo, se evidenció que estos beneficios estuvieron condicionados por una adecuada mediación pedagógica que promoviera la comprensión y evitara un uso exclusivamente instrumental de la tecnología.

Se estableció que la integración de la computación científica favoreció el desarrollo de competencias científicas, matemáticas y digitales en el estudiantado universitario. Su utilización fortaleció habilidades relacionadas con el pensamiento lógico y computacional, el análisis e interpretación de datos, la formulación de hipótesis, la construcción de modelos y la evaluación de resultados. En este sentido, la computación científica se posicionó como un recurso formativo capaz de vincular conocimientos disciplinares con competencias necesarias para afrontar problemas científicos de mayor complejidad.

Se identificó que los principales desafíos para la implementación de la computación científica estuvieron relacionados con las limitaciones de infraestructura tecnológica, las desigualdades de acceso, la insuficiente formación docente y la limitada incorporación de estos recursos en los planes de estudio. A pesar de estas dificultades, se reconocieron oportunidades para impulsar la innovación educativa mediante metodologías activas, modelación computacional, experimentación virtual y experiencias interactivas. Por consiguiente, su implementación requirió capacitación continua del profesorado, apoyo institucional y disponibilidad adecuada de recursos tecnológicos.

Finalmente, se determinó que la incorporación efectiva de la computación científica requirió una articulación coherente entre tecnología, objetivos de aprendizaje, estrategias pedagógicas y planificación curricular. Asimismo, se reconoció la importancia de promover metodologías centradas en la modelación, la indagación, la colaboración y la resolución de problemas,



garantizando que las herramientas computacionales complementaran el razonamiento científico en lugar de sustituirlo. En consecuencia, su integración planificada representó una oportunidad para avanzar hacia procesos de enseñanza y aprendizaje más significativos, contextualizados e innovadores en las matemáticas y la física universitarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Haddad, S., Chick, N., & Safi, F. (2024). Teaching statistics: A technology-enhanced supportive instruction (TSI) model during the COVID-19 pandemic and beyond. *Journal of Statistics and Data Science Education*, 32(2), 129–142. <https://doi.org/10.1080/26939169.2024.2315939>
- Almasri, F. (2022). Simulations to teach science subjects: Connections among students' engagement, self-confidence, satisfaction, and learning styles. *Education and Information Technologies*, 27(5), 7161–7181. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10940-w>
- Banda, H. J., & Nzabanimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), Article 023108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023108>
- Barba, L. A., & Forsyth, G. F. (2018). CFD Python: The 12 steps to Navier–Stokes equations. *Journal of Open Source Education*, 1(9), 21. <https://doi.org/10.21105/jose.00021>
- Bray, A., & Tangney, B. (2017). Technology usage in mathematics education research—A systematic review of recent trends. *Computers & Education*, 114, 255–273. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.004>
- Caballero, M. D., & Merner, L. (2018). Prevalence and nature of computational instruction in undergraduate physics programs across the United States. *Physical Review Physics Education Research*, 14(2), Article 020129. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020129>
- Chiu, M.-H., & Lin, J.-W. (2019). Modeling competence in science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), Article 12. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0012-y>
- Engelbrecht, J., & Borba, M. C. (2024). Recent developments in using digital technology in mathematics education. *ZDM–Mathematics Education*, 56(2), 281–292. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01530-2>



- Fadillah, M. A., Alawyah, K., Syafrijon, S., & Usmeldi, U. (2026). Meta-analysis of the effectiveness of PhET simulations in physics education. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 22(2), 21–37. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v22i02.59007>
- Godsk, M., & Møller, K. L. (2025). Engaging students in higher education with educational technology. *Education and Information Technologies*, 30(3), 2941–2976. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12901-x>
- Gómez García, B. (2025). Metodologías didácticas contemporáneas en la enseñanza de las matemáticas en educación superior: Revisión sistemática de literatura (2020–2025). *Revista Investigativa Académica*, 1(1). <https://investigacionacademica.univo.edu.sv/index.php/au/article/view/10>
- Hidayat, A., & Firmanti, P. (2024). Navigating the tech frontier: A systematic review of technology integration in mathematics education. *Cogent Education*, 11(1), Article 2373559. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2373559>
- Ibarra Ordóñez, J., Chasi Amangandi, M., Maila Ibañez, C., & Bustillos Castillo, D. (2025). Integración de tecnologías digitales y gamificación en la enseñanza de matemáticas, físicas y química en la educación superior: Impacto en la comprensión conceptual y la resolución de problemas. *Reincisol*, 4(7), 3226–3245. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V4\(7\)3226-3245](https://doi.org/10.59282/reincisol.V4(7)3226-3245)
- Magana, A. J., Arigye, J., Udosen, A., Lyon, J. A., Joshi, P., & Pienaar, E. (2024). Scaffolded team-based computational modeling and simulation projects for promoting representational competence and regulatory skills. *International Journal of STEM Education*, 11(1), Article 34. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00494-3>
- Martinovic, D., & Milner-Bolotin, M. (2021). Examination of modelling in K–12 STEM teacher education: Connecting theory with practice. *STEM Education*, 1(4), 279–304. <https://doi.org/10.3934/steme.2021018>
- Njiku, J., Mutarutinya, V., & Maniraho, J. F. (2020). Developing technological pedagogical content knowledge survey items: A review of literature. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 36(3), 150–165. <https://doi.org/10.1080/21532974.2020.1724840>
- Odden, T. O. B., Lockwood, E., & Caballero, M. D. (2019). Physics computational literacy: An exploratory case study using computational essays. *Physical Review Physics Education Research*, 15(2), Article 020152. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020152>
- Perkel, J. M. (2018). Why Jupyter is data scientists' computational notebook of choice. *Nature*, 563(7729), 145–146. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-07196-1>



- Phillips, A. M., Gouvea, E. J., Gravel, B. E., Beachemin, P.-H., & Atherton, T. J. (2023). Physicality, modeling, and agency in a computational physics class. *Physical Review Physics Education Research*, 19(1), Article 010121. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010121>
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309–327. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>
- Schmid, M., Brianza, E., Mok, S. Y., & Petko, D. (2024). Running in circles: A systematic review of reviews on technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers & Education*, 214, Article 105024. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105024>
- Subramaniam, S., Maat, S. M., & Mahmud, M. S. (2022). Computational thinking in mathematics education: A systematic review. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 17(6), 2029–2044. <https://doi.org/10.18844/cjes.v17i6.7494>
- Tariq, R., Aponte Babines, B. M., Ramirez, J., Alvarez-Icaza, I., & Naseer, F. (2025). Computational thinking in STEM education: Current state-of-the-art and future research directions. *Frontiers in Computer Science*, 6, Article 1480404. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2024.1480404>
- Ting, F. S. T., Shroff, R. H., Lam, W. H., Garcia, R. C. C., Chan, C. L., Tsang, W. K., & Ezeamuzie, N. O. (2023). A meta-analysis of studies on the effects of active learning on Asian students' performance in science, technology, engineering and mathematics (STEM) subjects. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 32(3), 379–400. <https://doi.org/10.1007/s40299-022-00661-6>
- Weber, J., & Wilhelm, T. (2020). The benefit of computational modelling in physics teaching: A historical overview. *European Journal of Physics*, 41(3), Article 034003. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab7a7f>
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127–147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>

CONFLICTO DE INTERESES:

Ninguno.

FINANCIAMIENTO:

No aplica.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Angel Marcelo Cabrera Ortiz.



Metodología: Pamela Jacqueline Pintado Vallejo.

Investigación: Pamela Jacqueline Pintado Vallejo, Jairo Livardo Calapucha Alvarado.

Redacción – borrador original: William Alberto Beltrán Canaria.

Redacción – revisión y edición: Angel Marcelo Cabrera Ortiz, Pamela Jacqueline Pintado Vallejo, Jairo Livardo Calapucha Alvarado, William Alberto Beltrán Canaria.

