

SSTSDS-Vol.4. N1. 119

Transformación pedagógica en la enseñanza de matemáticas y física en la educación superior: integración, desafíos y oportunidades de la computación científica

Pedagogical transformation in the teaching of mathematics and physics in higher education: integration, challenges and opportunities of scientific computing

Autores:

Clemente Aguilar Galicia
Preparatoria Regional “Simón Bolívar”, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)
Atlixco, Puebla – México
clemente.aguilar@correo.buap.mx
<https://orcid.org/0009-0009-8830-7544>

Olga Leyva Juárez Osorio
Instituto Tecnológico de Oaxaca
Oaxaca de Juárez, Oaxaca – México
olga.jo@oaxaca.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0002-6255-7926>

Autor de correspondencia: *Olga Leyva Juárez Osorio*, olga.jo@oaxaca.tecnm.mx

Enviado: 23-05-2026
Aceptado: 15-08-2026

Revisado: 28-07-2026
Publicado: 17-08-2026



Cómo citar este artículo:

Aguilar Galicia, C., & Juárez Osorio, O. L. (2026). Transformación pedagógica en la enseñanza de matemáticas y física en la educación superior: integración, desafíos y oportunidades de la computación científica. *Sage Sphere of Technology, Sciences, Discoveries And Society*, 4(1), 1-34.

© 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 educación superior atraviesa un proceso de renovación que demanda superar las prácticas tradicionales empleadas en la enseñanza de las matemáticas y la física. En este escenario, la computación científica ofrece recursos como simulaciones, lenguajes de programación, métodos numéricos, modelización y visualización de datos, los cuales facilitan la comprensión y aplicación de contenidos complejos. El objetivo de esta investigación fue analizar la integración de la computación científica en la enseñanza universitaria de ambas disciplinas, considerando sus aplicaciones, desafíos y oportunidades, así como su aporte a la transformación pedagógica y al desarrollo de competencias científicas, digitales y cognitivas. Metodológicamente, se realizó una revisión sistemática de la literatura siguiendo las directrices de la declaración PRISMA 2020, lo que permitió identificar, seleccionar, organizar y sintetizar rigurosamente la evidencia disponible. Los resultados mostraron que estas herramientas acercaron la teoría a situaciones concretas, facilitaron la comprensión de conceptos abstractos y promovieron una participación más activa del estudiantado. Se concluyó que la computación científica fortaleció el razonamiento lógico, el análisis y la resolución de problemas, favoreciendo una enseñanza más práctica, dinámica y acorde con las necesidades actuales de la formación universitaria.

Palabras clave: computación científica, enseñanza de las matemáticas, enseñanza de la física, educación superior, transformación pedagógica.

ABSTRACT

Higher education is undergoing a process of renewal that demands moving beyond traditional practices used in teaching mathematics and physics. In this context, scientific computing offers resources such as simulations, programming languages, numerical methods, data modeling and visualization, which facilitate the understanding and application of complex content. The objective of this research was to analyze the integration of scientific computing into university teaching of both disciplines, considering its applications, challenges, and opportunities, as well as its contribution to pedagogical transformation and the development of scientific, digital, and cognitive competencies. Methodologically, a systematic literature review was conducted following the guidelines of the 2020 PRISMA statement, which allowed for the rigorous identification, selection, organization, and synthesis of the available evidence. The results showed that these tools brought theory closer to concrete situations, facilitated the understanding of abstract concepts, and promoted more active student participation. It was concluded that scientific computing strengthened logical reasoning, analysis and problem solving, favoring a more practical, dynamic teaching in line with the current needs of university education.

Keywords: scientific computing, mathematics teaching, physics teaching, higher education, pedagogical transformation.



1. INTRODUCCIÓN

La educación superior se encuentra en un proceso de cambio que exige renovar las formas tradicionales de enseñar matemáticas y física. En este contexto, la computación científica se presenta como una alternativa que permite explicar conceptos complejos mediante simulaciones, programación, métodos numéricos, visualización de datos y resolución de problemas. Su incorporación favorece una enseñanza más práctica, dinámica y cercana a situaciones reales, donde el estudiante participa activamente y no se limita a memorizar fórmulas.

Durante los últimos años, numerosas instituciones de educación superior han comenzado a incorporar programas de cálculo, laboratorios virtuales, simuladores y lenguajes de programación en la enseñanza de matemáticas y física. Estas herramientas han permitido representar fenómenos, comprobar modelos y desarrollar actividades experimentales que facilitan la comprensión de contenidos abstractos. Los estudios realizados sobre esta temática muestran resultados favorables en el razonamiento lógico, la autonomía y la capacidad para resolver problemas.

Esta investigación resulta importante porque permitirá comprender de qué manera la computación científica puede contribuir a mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas y la física en la educación superior. El análisis de esta realidad aportará conocimientos útiles para renovar las prácticas pedagógicas, fortalecer las competencias científicas, digitales y analíticas de los estudiantes, y promover experiencias de aprendizaje más significativas, participativas y relacionadas con las necesidades del contexto académico y profesional actual.

El objetivo de esta investigación es analizar la integración de la computación científica en la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior, considerando sus principales aplicaciones, desafíos y oportunidades, con el propósito de comprender su aporte a la transformación de las prácticas pedagógicas y al fortalecimiento de las competencias científicas, digitales y cognitivas de los estudiantes universitarios.

Tabla 1.

Categorías de análisis de la Investigación



Categorías de análisis	Aspectos principales
Integración de la computación científica	Incorporación de herramientas digitales en matemáticas y física.
Transformación pedagógica	Cambios en las metodologías y prácticas docentes.
Herramientas computacionales	Simuladores, programación, software y laboratorios virtuales.
Competencias desarrolladas	Habilidades científicas, digitales y cognitivas.
Desafíos y oportunidades	Capacitación, infraestructura, innovación y mejora del aprendizaje.

Fuente: Elaboración propia

Basándonos en la investigación, formulamos las siguientes preguntas de investigación: ¿De qué manera la integración de la computación científica contribuye a la transformación de las prácticas pedagógicas y al aprendizaje de las matemáticas y la física en la educación superior? ¿Cuáles son los principales desafíos y oportunidades asociados con la incorporación de herramientas computacionales en la enseñanza universitaria de las matemáticas y la física?

Marco teórico

El marco teórico permitió comprender cómo la computación científica transformó la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior. Para ello, se analizaron sus principales conceptos, herramientas y aplicaciones, así como las competencias que fortaleció en docentes y estudiantes. También se consideraron los desafíos y las oportunidades que surgieron durante su integración, especialmente en la búsqueda de una enseñanza más dinámica, práctica y cercana a las necesidades actuales de la formación universitaria.

Enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior

La enseñanza de las matemáticas y la física ocupa un lugar fundamental en la formación universitaria, ya que proporciona conocimientos necesarios para comprender fenómenos, analizar información y resolver problemas. De acuerdo con Koerfer et al. (2025), las matemáticas pueden entenderse como una herramienta de cálculo, un lenguaje científico y una vía para comprender otras disciplinas. Por ello, su enseñanza debe favorecer el razonamiento, la interpretación y la aplicación contextualizada de los conocimientos.



En el ámbito universitario, enseñar estas disciplinas debe ir más allá de memorizar fórmulas y repetir procedimientos. Como sostienen Maass et al. (2019), la educación matemática adquiere mayor significado cuando se vincula con la modelización, el pensamiento crítico y la resolución de situaciones interdisciplinarias. Desde esta perspectiva, las clases deben ofrecer oportunidades para preguntar, experimentar, argumentar y comprender cómo los contenidos se relacionan con los problemas científicos y profesionales.

Importancia de las matemáticas y la física en la formación universitaria

Las matemáticas y la física permiten comprender las relaciones existentes entre los modelos, las representaciones simbólicas y los fenómenos naturales. En este sentido, Palmgren et al. (2025) señalan que las matemáticas desempeñan funciones técnicas, estructurales y explicativas dentro de la física. Ambas disciplinas aportan fundamentos para construir conocimientos científicos, realizar predicciones y analizar resultados, convirtiéndose en componentes indispensables de la formación universitaria en áreas científicas y tecnológicas. Su importancia también se refleja en el desarrollo de habilidades necesarias para enfrentar situaciones profesionales complejas. Según Weintrop et al. (2016), la integración del pensamiento computacional en matemáticas y ciencias fortalece prácticas como la modelización, el análisis de datos y la resolución de problemas. Por tanto, su aprendizaje no solo permite aprobar asignaturas, sino también formar profesionales capaces de interpretar información, justificar decisiones y proponer soluciones fundamentadas.

Dificultades en el aprendizaje de conceptos abstractos

El aprendizaje de las matemáticas y la física puede resultar difícil debido al nivel de abstracción de muchos de sus contenidos. Como explican Palmgren y Rasa (2024), comprender la física exige relacionar las expresiones matemáticas con los conceptos y fenómenos que representan. Cuando esta conexión no se establece claramente, los estudiantes pueden aplicar fórmulas de manera mecánica sin comprender su significado, situación que genera confusión, inseguridad y dificultades para transferir lo aprendido.

Estas dificultades también pueden estar relacionadas con conocimientos previos insuficientes, temor a equivocarse o metodologías poco participativas. De acuerdo con Shute et al. (2017), el pensamiento computacional involucra procesos como la descomposición, la abstracción y la búsqueda organizada de soluciones. Estas habilidades pueden ayudar a abordar problemas complejos de manera gradual, siempre que el docente proporcione



orientación y actividades adaptadas a las necesidades y ritmos de aprendizaje de los estudiantes.

Transformación pedagógica en la educación superior

La transformación pedagógica implica revisar las prácticas tradicionales y avanzar hacia experiencias educativas donde el estudiante tenga una participación más activa. En esta línea, Hsu et al. (2018) destacan que el pensamiento computacional puede desarrollarse mediante estrategias como el aprendizaje basado en problemas, la programación y la colaboración. Este cambio permite que el estudiante deje de ser un receptor pasivo y se convierta en protagonista de la construcción de sus conocimientos.

En la educación superior, la transformación pedagógica también supone integrar la tecnología de manera coherente con los propósitos formativos. Bond et al. (2018) evidenciaron que la transformación digital universitaria depende tanto de los recursos disponibles como de las percepciones y prácticas de docentes y estudiantes. Por ello, el cambio educativo no se alcanza únicamente incorporando equipos, sino renovando las metodologías, fortaleciendo las competencias docentes y creando ambientes que favorezcan el aprendizaje.

Innovación de las prácticas docentes

La innovación docente consiste en buscar maneras más pertinentes de acompañar el aprendizaje, considerando los intereses, las dificultades y las características de los estudiantes. Según Henderson et al. (2017), los universitarios valoran las tecnologías cuando ofrecen beneficios concretos, como flexibilidad, organización y acceso a formas más visuales de aprendizaje. En consecuencia, innovar no significa utilizar herramientas novedosas sin planificación, sino incorporarlas cuando realmente facilitan la comprensión y la participación.

En matemáticas y física, la innovación puede desarrollarse mediante simulaciones, proyectos, actividades colaborativas y resolución de problemas contextualizados. La evidencia analizada por Hillmayr et al. (2020) muestra que las herramientas digitales pueden mejorar el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas, especialmente cuando complementan la enseñanza y se integran adecuadamente al contexto educativo. Estas estrategias permiten explorar conceptos complejos, recibir retroalimentación y relacionar los contenidos con situaciones cercanas a la realidad.



Relación entre tecnología, enseñanza y aprendizaje

La tecnología fortalece la enseñanza cuando responde a una finalidad pedagógica y no solamente a la disponibilidad de dispositivos. En este sentido, Makransky et al. (2019) demostraron que una tecnología más inmersiva puede aumentar la sensación de presencia, pero no garantiza por sí sola mejores resultados de aprendizaje. Por ello, los recursos digitales deben seleccionarse considerando los contenidos, las características de los estudiantes y las actividades necesarias para alcanzar los objetivos establecidos.

La relación entre tecnología y aprendizaje adquiere mayor sentido cuando las herramientas permiten explorar, interpretar y comunicar conocimientos científicos. De acuerdo con Gouvea (2023), integrar la computación en la enseñanza de las ciencias puede fortalecer el pensamiento computacional y ampliar las formas de participación del estudiante. Sin embargo, el docente continúa siendo esencial para orientar el proceso, formular preguntas y ayudar a interpretar los resultados, evitando que la actividad se reduzca a ejecutar instrucciones.

Integración de la computación científica en matemáticas y física

La computación científica combina conocimientos matemáticos, científicos e informáticos para estudiar problemas que pueden resultar difíciles mediante procedimientos convencionales. La revisión desarrollada por Lyon y Magana (2020) evidencia que el pensamiento computacional ha adquirido importancia en la educación superior por su relación con la solución de problemas y la formación en áreas STEM. Su incorporación facilita la creación de modelos, el procesamiento de datos y la representación de situaciones complejas.

La integración de la computación científica también permite que los estudiantes exploren diferentes soluciones y comprendan el razonamiento que existe detrás de cada procedimiento. Odden et al. (2019) identificaron dimensiones materiales, cognitivas y sociales en el desarrollo de la alfabetización computacional en física universitaria. Esto demuestra que aprender computación no implica solamente dominar un programa, sino comprender cómo se emplea para razonar, comunicar resultados y construir conocimiento científico.

Aplicaciones en la enseñanza de la física

En la enseñanza de la física, la computación científica permite representar fenómenos que pueden ser difíciles de reproducir en un laboratorio convencional. Mashood et al. (2022)



mostraron que la modelización computacional puede incorporarse progresivamente en el nivel universitario a partir de prácticas ya existentes. Mediante estas aplicaciones, los estudiantes pueden analizar movimientos, modificar variables y observar el comportamiento de diferentes sistemas, vinculando las expresiones matemáticas con los fenómenos físicos. Las aplicaciones computacionales también pueden presentar dificultades cuando los estudiantes poseen diferentes niveles de experiencia tecnológica. En el estudio de Hamerski et al. (2022), la computación hizo que el aprendizaje de la física fuera más auténtico para algunos estudiantes, pero generó frustración en quienes tenían menor familiaridad con la programación. Esto evidencia la necesidad de introducir estas herramientas gradualmente, brindar acompañamiento y evitar que las dificultades técnicas oculten la comprensión de los conceptos físicos.

Herramientas computacionales para la enseñanza

Las herramientas computacionales utilizadas en la enseñanza comprenden simuladores, lenguajes de programación, programas de cálculo, plataformas de visualización y laboratorios virtuales. Según la revisión de Potkonjak et al. (2016), los laboratorios virtuales ofrecen nuevas posibilidades para experimentar en las disciplinas científicas y tecnológicas. Estos recursos permiten repetir procedimientos, modificar condiciones y observar resultados sin depender completamente de la disponibilidad de equipos o materiales físicos.

La elección de una herramienta debe responder a los objetivos de aprendizaje y a las condiciones particulares del grupo. Faulconer y Gruss (2018) explican que los laboratorios virtuales, remotos y a distancia presentan beneficios y limitaciones que deben valorarse antes de su implementación. Por esta razón, el docente necesita seleccionar recursos accesibles, organizar actividades progresivas y acompañar al estudiante para que comprenda tanto el funcionamiento de la herramienta como el fundamento científico del procedimiento realizado.

Competencias científicas, digitales y cognitivas

La computación científica favorece el desarrollo de competencias relacionadas con la formulación de hipótesis, la interpretación de datos y la evaluación de resultados. La revisión de Ogegbo y Ramnarain (2022) señala que el pensamiento computacional puede integrarse en la enseñanza de las ciencias mediante diversas estrategias y recursos. Estas experiencias



permiten comprender que la actividad científica no consiste únicamente en memorizar información, sino en investigar, analizar evidencias y construir explicaciones fundamentadas. En el plano cognitivo, el estudiante aprende a descomponer problemas, reconocer patrones, organizar procedimientos y comparar posibles soluciones. Tang et al. (2020) identificaron diferentes formas de evaluar el pensamiento computacional, lo que demuestra su carácter multidimensional. Además de adquirir habilidades técnicas, el estudiante fortalece el pensamiento crítico, la autonomía y la capacidad de reflexionar sobre sus decisiones, competencias necesarias para desenvolverse responsablemente en ambientes académicos, tecnológicos y profesionales.

Infraestructura y acceso tecnológico

La infraestructura tecnológica es necesaria para integrar adecuadamente la computación científica en la educación superior. De acuerdo con Basilotta-Gómez-Pablos et al. (2022), el desarrollo de competencias digitales universitarias se relaciona con la formación docente y con las condiciones que facilitan el uso pedagógico de la tecnología. Las instituciones deben contar con equipos funcionales, conectividad, programas actualizados y espacios que permitan realizar actividades prácticas sin interrupciones frecuentes.

El acceso tecnológico también debe abordarse desde una perspectiva de equidad educativa, debido a que no todos los estudiantes disponen de los mismos recursos. Amhag et al. (2019) encontraron que el profesorado universitario necesita apoyo para aprovechar el valor pedagógico de las herramientas digitales. Además de proporcionar infraestructura, las instituciones deben ofrecer capacitación, soporte técnico, software accesible y alternativas para quienes enfrentan dificultades de conectividad o disponibilidad de dispositivos.

Actualización de los planes de estudio

La incorporación de la computación científica requiere actualizar los planes de estudio para responder a las transformaciones tecnológicas y profesionales. El marco propuesto por Redecker (2017) plantea que la competencia digital docente incluye la selección de recursos, la creación de contenidos y el uso de tecnologías para fortalecer el aprendizaje. Por ello, la actualización curricular debe contemplar programación, análisis de datos, simulación y modelización, integrándolos con los contenidos matemáticos y físicos de cada carrera.

La revisión curricular también debe acompañarse de procesos de formación docente que permitan implementar los cambios de manera efectiva. Como explica Falloon (2020), la



competencia digital supera el manejo técnico e incluye dimensiones pedagógicas, éticas y profesionales. En consecuencia, actualizar un plan de estudios no significa solamente añadir nuevas asignaturas, sino establecer relaciones coherentes entre conocimientos, metodologías, herramientas tecnológicas y resultados de aprendizaje relevantes para la formación universitaria.

Preparación para el ámbito científico y profesional

La computación científica prepara a los estudiantes para contextos donde el uso de modelos, la programación y el análisis de datos forman parte de la actividad profesional. Gallagher et al. (2026) evaluaron una iniciativa orientada a incorporar métodos computacionales en todo un programa universitario de física y observaron que las experiencias curriculares influyen en el desarrollo de estas habilidades. Su integración progresiva permite que los estudiantes perciban la computación como una práctica habitual del trabajo científico.

Esta preparación también requiere habilidades para interpretar resultados, comunicar hallazgos, trabajar colaborativamente y reconocer las limitaciones de los modelos empleados. La National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2018) destacó la necesidad de ofrecer una formación universitaria interdisciplinaria que combine fundamentos matemáticos, computacionales y analíticos. De esta manera, la universidad puede formar profesionales capaces de adaptarse a nuevas tecnologías, tomar decisiones responsables y aportar soluciones a los problemas científicos y sociales contemporáneos.

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 transformación pedagógica en la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior mediante la integración de la computación científica. Este enfoque permitió reunir los hallazgos de investigaciones empíricas, revisiones de literatura y estudios teóricos relacionados con la modelización computacional, los métodos numéricos, los lenguajes de programación, las simulaciones, los laboratorios virtuales y las herramientas de visualización científica.



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, la enseñanza de las matemáticas y la física y la educación superior. La estrategia de búsqueda se diseñó mediante los operadores booleanos AND y OR, combinando términos en español e inglés vinculados con el objeto de estudio. La ecuación empleada fue la siguiente: ("scientific computing" OR "computación científica" OR "computational modeling" OR "modelización computacional") AND ("mathematics education" OR "physics education" OR "enseñanza de las matemáticas" OR "enseñanza de la física") AND ("higher education" OR university OR "educación superior") AND ("pedagogical transformation" OR "transformación pedagógica" OR challenges OR opportunities). En cada base de datos se realizaron ajustes de sintaxis según sus características de indexación, manteniendo la coherencia conceptual de los términos empleados. Este procedimiento permitió identificar evidencia sobre las aplicaciones, herramientas, desafíos y oportunidades de la computación científica para transformar las prácticas pedagógicas y fortalecer el aprendizaje universitario de las matemáticas y la física. Los criterios de inclusión contemplaron artículos científicos originales, investigaciones cualitativas, cuantitativas y mixtas, estudios empíricos y aplicados, trabajos descriptivos, teóricos, conceptuales, documentales y bibliométricos, así como revisiones sistemáticas y narrativas, publicados entre 2016 y 2026, disponibles en texto completo, redactados en español o inglés, sometidos a revisión por pares y recuperados de al menos una de las bases seleccionadas: Scopus, Web of Science o SciELO. Este periodo se delimitó debido al crecimiento de la producción científica sobre transformación pedagógica y uso de tecnologías computacionales en la educación superior. También se incluyeron estudios relacionados con la modelización computacional, los métodos numéricos, los lenguajes de programación, las simulaciones, los laboratorios virtuales y las herramientas de visualización científica, además de investigaciones centradas en sus aplicaciones, desafíos y oportunidades para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje universitario de las matemáticas y la física. Se excluyeron los documentos duplicados, las actas de congresos, las editoriales, las cartas al editor y las publicaciones que no habían sido sometidas a revisión por pares. También se descartaron los estudios que, aunque abordaban la transformación digital, las tecnologías



educativas o el pensamiento computacional, no analizaban la integración de la computación científica en la enseñanza de las matemáticas y la física. Asimismo, se excluyeron las investigaciones desarrolladas en contextos diferentes de la educación superior, aquellas que no examinaban sus aplicaciones, desafíos u oportunidades pedagógicas y las que mostraban escasa correspondencia con el objetivo de la investigación.

Durante la fase de identificación se localizaron 110 registros bibliográficos en Scopus, Web of Science y SciELO, relacionados con la transformación pedagógica en la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior mediante la integración de la computación científica. Después de eliminar 40 registros duplicados, quedaron 70 para la fase de cribado. En esta etapa se revisaron los títulos y resúmenes con la finalidad de determinar su posible correspondencia con el objetivo de la investigación. Debido a que los 70 registros mostraron una relación potencial con el tema, ninguno fue excluido durante el cribado y todos avanzaron a la recuperación del texto completo.

Posteriormente, se buscaron los textos completos de los 70 artículos seleccionados y todos pudieron recuperarse, por lo que no se registraron informes no recuperados. En consecuencia, los 70 artículos fueron evaluados mediante la lectura del texto completo para determinar su elegibilidad, aplicando los criterios previamente establecidos. En esta etapa se verificó la correspondencia de los artículos con el objetivo de la investigación y su relación directa con la transformación pedagógica, la integración de la computación científica y la enseñanza universitaria de las matemáticas y la física. Como resultado, se excluyeron 44 artículos: 19 no abordaban específicamente la aplicación de la computación científica en la enseñanza de las matemáticas y la física; 9 no cumplían los criterios de inclusión establecidos; 7 presentaban un enfoque o contexto diferente del delimitado; 5 no habían sido sometidos a revisión por pares; y 4 mostraban escasa relación con el objetivo del estudio.

El corpus final quedó conformado por 26 artículos científicos, los cuales constituyeron el conjunto documental definitivo analizado sobre la integración de la computación científica y su contribución a la transformación pedagógica de la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior. El análisis evidenció una diversidad de enfoques, diseños y tipos de estudio, entre ellos investigaciones cualitativas, cuantitativas y mixtas; revisiones sistemáticas, documentales y narrativas; estudios bibliométricos; análisis conceptuales y documentales; investigaciones aplicadas y estudios descriptivos, tal como se presenta en la

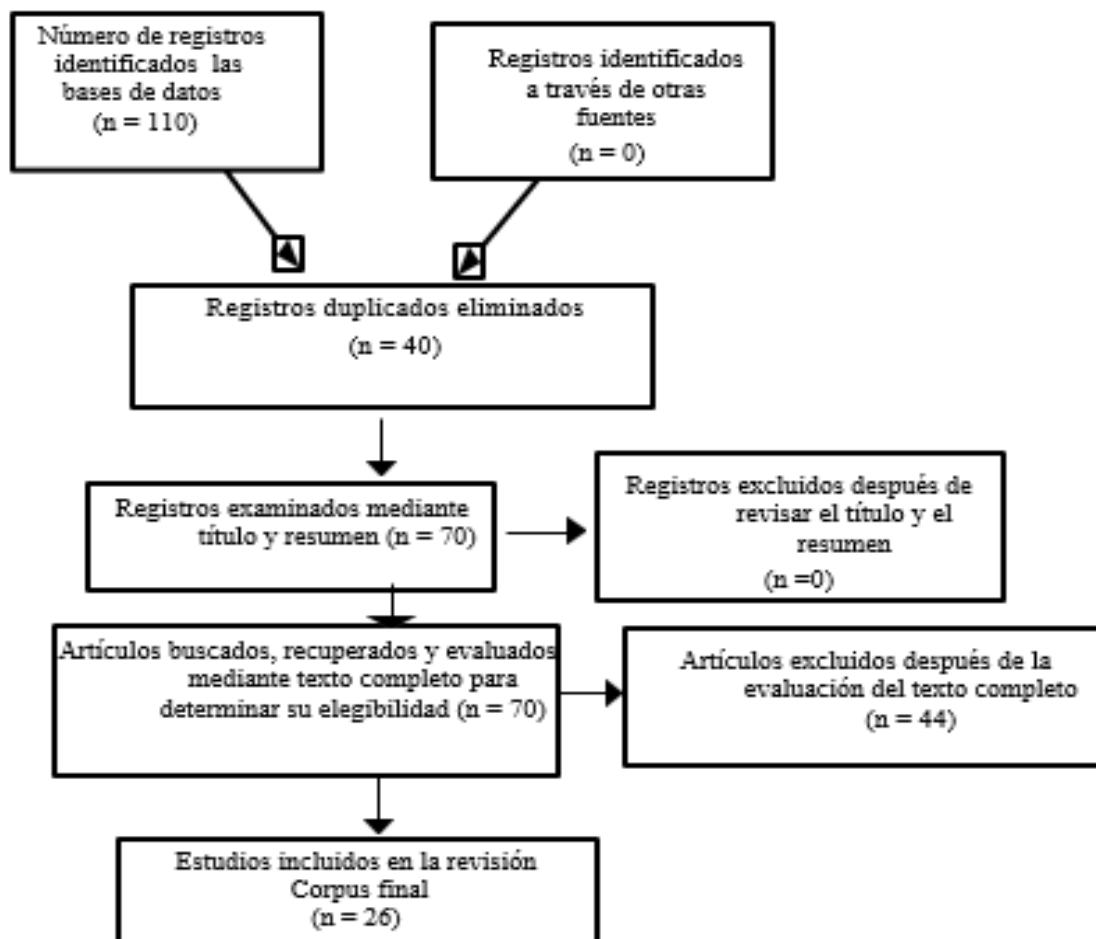


Tabla 2. Esta diversidad permitió reconocer la heterogeneidad metodológica de la evidencia e interpretar de manera integral las principales aplicaciones, herramientas, oportunidades y desafíos identificados.

Finalmente, los estudios se organizaron en una matriz que incluyó autor, año, objetivo, metodología, contexto, temática y principales hallazgos. La información se sintetizó mediante un análisis temático y descriptivo, a través del cual se identificaron tendencias, coincidencias y diferencias relacionadas con la integración de la computación científica, las herramientas computacionales empleadas, sus aportes a la transformación de las prácticas pedagógicas y los desafíos que enfrentan las instituciones de educación superior en la enseñanza de las matemáticas y la física.

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 seleccionados en la revisión sistemática, cuya evidencia permitió reconocer los principales hallazgos sobre la integración de la computación científica en la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación superior. El análisis destacó sus aplicaciones en la modelización, la simulación, la programación y la visualización de datos, así como su aporte a la transformación de las prácticas pedagógicas, el fortalecimiento de las competencias científicas y digitales y los desafíos relacionados con su incorporación en los procesos de enseñanza y aprendizaje universitarios.

Tabla 2.
Matriz de estudios incluidos en la revisión sistemática

Autor y año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra/contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
Amhag, Hellström y Stigmar (2019)	Identificar el uso de herramientas digitales por parte de formadores de docentes y sus necesidades de competencia digital.	Estudio cuantitativo, descriptivo y transversal mediante encuesta digital.	105 formadores de docentes pertenecientes a dos universidades suecas.	Competencia digital y utilización de herramientas tecnológicas en educación superior.	Se evidenció un uso limitado de herramientas digitales con propósitos pedagógicos avanzados. Los participantes manifestaron necesidades de formación en diseño didáctico, evaluación digital y aplicación educativa de las tecnologías.
Basilotta-Gómez-	Identificar, analizar y	Revisión sistemática con análisis	56 publicaciones de Scopus y Web	Competencias digitales	Las competencias digitales



Autor y año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra/contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
Pablos et al. (2022)	clasificar las investigaciones sobre competencias digitales del profesorado universitario.	bibliométrico mediante SciMAT.	of Science, correspondientes al periodo 2000–2021.	docentes en educación superior.	integraron dimensiones tecnológicas, pedagógicas, comunicativas y éticas. Se identificó la necesidad de ampliar la formación permanente y desarrollar instrumentos comunes de evaluación.
Bond et al. (2018)	Examinar las percepciones y el uso de medios digitales por parte de docentes y estudiantes universitarios.	Estudio descriptivo con análisis secundario de dos encuestas.	200 estudiantes y 381 docentes de la Universidad de Oldenburg, Alemania.	Transformación digital de la educación superior.	Docentes y estudiantes utilizaron principalmente tecnologías convencionales y herramientas institucionales. La transformación digital requirió apoyo pedagógico, planificación estratégica e impulso institucional.



Autor y año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra/contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
Falloon (2020)	Proponer un marco ampliado de competencia digital docente que supere la concepción instrumental de alfabetización digital.	Revisión conceptual y construcción teórica de un marco de competencia.	No aplica; análisis de modelos y literatura sobre competencia digital docente.	Marco de competencia digital del profesorado.	La competencia digital incluyó capacidades técnicas, pedagógicas, personales, profesionales, éticas y críticas. El dominio tecnológico por sí solo no aseguró una integración educativa adecuada.
Faulconer y Gruss (2018)	Comparar las ventajas y limitaciones de los laboratorios científicos presenciales, virtuales, remotos y a distancia.	Revisión narrativa de literatura.	Estudios sobre experiencias de laboratorio en ciencias desarrolladas en diferentes modalidades educativas.	Laboratorios virtuales y enseñanza de las ciencias.	Los laboratorios no presenciales ofrecieron flexibilidad, accesibilidad y reducción de riesgos. Persistieron dudas sobre el desarrollo de habilidades procedimentales, los costos, la interacción docente y la preparación para trabajos experimentales avanzados.



Autor y año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra/contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
Gallagher et al. (2026)	Evaluar una iniciativa departamental orientada a integrar métodos computacionales en el currículo universitario de física.	Estudio evaluativo cuantitativo mediante encuestas aplicadas durante varios años.	Estudiantes de pregrado de un departamento de Física de una universidad estadounidense.	Integración curricular de métodos computacionales en física.	La integración progresiva de la computación favoreció las actitudes y la autoeficacia computacional. Los avances estuvieron relacionados especialmente con determinadas experiencias y asignaturas del programa.
Gouvea (2023)	Analizar cómo la computación podía integrarse significativamente en la educación científica.	Ensayo teórico y análisis conceptual.	No aplica; discusión situada principalmente en la enseñanza de las ciencias de la vida.	Integración de la computación en la educación científica.	La computación debía incorporarse como una práctica científica para modelar, analizar datos, formular explicaciones y explorar sistemas, y no solamente como una habilidad técnica adicional.
Hamerski et al. (2022)	Comprender las perspectivas de los estudiantes sobre las dificultades	Estudio cualitativo de caso basado en entrevistas y análisis interpretativo.	Estudiantes de una asignatura universitaria de física que incorporaba	Desafíos del aprendizaje computacional en física.	Las dificultades surgieron al traducir conceptos físicos a algoritmos,



Autor y año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra/contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
	computacionales experimentadas en las clases de física.		programación y modelación computacional.		interpretar códigos, depurar errores y relacionar representaciones matemáticas y computacionales. El acompañamiento docente y la colaboración ayudaron a superar estos obstáculos.
Henderson, Selwyn y Aston (2017)	Identificar qué tecnologías digitales consideraban útiles los estudiantes y explicar las razones de dicha valoración.	Estudio descriptivo mediante encuesta con respuestas abiertas y análisis cualitativo.	1.658 estudiantes universitarios de Australia.	Utilidad de las tecnologías digitales en la enseñanza universitaria.	Los estudiantes valoraron las tecnologías que facilitaban el acceso, la organización, la flexibilidad, la comunicación y el control del aprendizaje. La utilidad dependió más de su aplicación pedagógica que de su novedad.
Hillmayr et al. (2020)	Determinar el efecto de las herramientas digitales en el	Revisión sistemática y metaanálisis contextual.	92 estudios realizados con estudiantes de los grados 5 a 13 de	Herramientas digitales en	Se encontró un efecto positivo de las tecnologías digitales sobre el



Autor y año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra/contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
Hsu, Chang y Hung (2018)	aprendizaje de matemáticas y ciencias.		educación secundaria.	matemáticas y ciencias.	aprendizaje. Las simulaciones, los sistemas tutoriales y las herramientas específicas fueron más eficaces cuando se acompañaron de orientación docente y formación pedagógica.
	Analizar cómo se aprendía y enseñaba el pensamiento computacional y formular recomendaciones pedagógicas.	Revisión de literatura o metarrevisión.	Investigaciones publicadas entre 2006 y 2017, principalmente en contextos escolares.	Enseñanza y aprendizaje del pensamiento computacional.	La programación, la resolución de problemas, el aprendizaje basado en proyectos, la robótica y las actividades colaborativas fueron estrategias frecuentes. Se destacó la necesidad de integrar el pensamiento computacional en diferentes asignaturas.
Koerfer et al. (2025)	Explorar las concepciones del profesorado	Estudio cualitativo fenomenográfico	16 docentes de química, informática,	Funciones de las matemáticas en	Se identificaron cinco concepciones:



Autor y año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra/contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
	universitario sobre el papel de las matemáticas en las disciplinas STEM.	mediante entrevistas semiestructuradas.	geociencias y física de una universidad sueca.	la educación superior STEM.	matemática como herramienta de cálculo, lenguaje de comunicación, medio de comprensión, agente de desarrollo y fundamento filosófico. Las concepciones docentes influyeron en sus prácticas educativas.
Lyon y Magana (2020)	Examinar cómo se conceptualizaba, enseñaba y evaluaba el pensamiento computacional en la educación superior.	Revisión integradora de literatura.	Estudios sobre pensamiento computacional desarrollados en universidades y carreras STEM.	Pensamiento computacional en educación superior.	La enseñanza se concentró en programación, modelación, simulación y resolución de problemas. Se observó falta de consenso conceptual, diversidad de estrategias y limitada evaluación de aprendizajes transferibles.



Autor y año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra/contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
Maass et al. (2019)	Analizar el papel de las matemáticas dentro de la educación STEM interdisciplinaria.	Revisión conceptual y análisis teórico.	No aplica; literatura y experiencias educativas interdisciplinarias STEM.	Matemáticas y educación interdisciplinaria STEM.	Las matemáticas actuaron como lenguaje, herramienta de modelación y medio para solucionar problemas reales. Se advirtió que podían quedar subordinadas a otras disciplinas si no se explicitaban sus objetivos de aprendizaje.
Makransky, Terkildsen y Mayer (2019)	Determinar los efectos de incorporar realidad virtual inmersiva a una simulación de laboratorio científico.	Diseño experimental comparativo con medidas de aprendizaje, presencia, carga cognitiva y electroencefalografía.	52 estudiantes universitarios distribuidos entre realidad virtual inmersiva y simulación convencional.	Realidad virtual y simulaciones de laboratorio.	La realidad virtual aumentó la sensación de presencia, pero produjo mayor carga cognitiva y menores resultados de aprendizaje. La inmersión tecnológica no garantizó por sí misma una mejor comprensión.
Mashood et al. (2022)	Diseñar una estrategia participativa para introducir	Investigación basada en diseño y	Docentes, investigadores y experiencias de cursos	Modelación computacional y derivaciones	La ampliación computacional de las derivaciones permitió conectar



Autor y año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra/contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
	modelación computacional sin sustituir las prácticas existentes del currículo de física.	enfoque participativo.	universitarios de física en India.	matemáticas en física.	ecuaciones, modelos físicos y simulaciones. La propuesta favoreció una integración gradual de la computación dentro del currículo existente.
National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2018)	Examinar las oportunidades y alternativas para incorporar la ciencia de datos en la formación universitaria.	Informe académico basado en revisión documental, análisis curricular y consenso de expertos.	Programas universitarios, experiencias institucionales y especialistas de Estados Unidos.	Formación universitaria en ciencia de datos.	Se recomendó desarrollar programas interdisciplinarios que integraran matemáticas, estadística, computación, conocimiento disciplinar, comunicación y ética. También se planteó crear rutas formativas flexibles y accesibles.
Odden, Lockwood y Caballero (2019)	Explorar la alfabetización computacional en física mediante la elaboración de	Estudio de caso exploratorio con análisis cualitativo de producciones estudiantiles.	Estudiantes de un curso universitario de física que elaboraron ensayos con	Alfabetización computacional en física.	Los ensayos computacionales ayudaron a integrar programación, explicación



Autor y año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra/contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
	ensayos computacionales.		texto, código, gráficos y modelos.		científica y visualización. Permitieron hacer visible el razonamiento del estudiante y evaluar conjuntamente conocimientos físicos y computacionales.
Ogegbo y Ramnarain (2022)	Analizar las metodologías, estrategias y prácticas de evaluación utilizadas para integrar el pensamiento computacional en las clases de ciencias.	Revisión sistemática de literatura.	23 estudios desarrollados en aulas escolares de ciencias.	Pensamiento computacional en la enseñanza de las ciencias.	La modelación, programación, robótica y resolución de problemas favorecieron la integración del pensamiento computacional. Persistieron limitaciones en la preparación docente y en la evaluación uniforme de estas competencias.
Palmgren, Kokkonen y Bruun (2025)	Identificar y clasificar las funciones atribuidas a las matemáticas	Revisión sistemática de literatura.	Investigaciones sobre educación en física y relaciones entre matemática y	Papel de las matemáticas en la educación física.	Las matemáticas cumplieron funciones de cálculo, representación,



Autor y año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra/contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
	dentro de la enseñanza y el aprendizaje de la física.		conocimiento físico.		razonamiento, comunicación, construcción de modelos y comprensión conceptual. Se destacó la necesidad de enseñar explícitamente su relación con los fenómenos físicos.
Palmgren y Rasa (2024)	Desarrollar una perspectiva teórica para modelar los diferentes papeles de las matemáticas en física.	Estudio teórico-conceptual.	No aplica; análisis de literatura sobre física, matemáticas y educación científica.	Modelación de las funciones de las matemáticas en física.	Se mostró que las matemáticas no solo sirvieron para calcular, sino también para representar, explicar, predecir y construir conocimiento físico. La enseñanza debía visibilizar estas funciones epistemológicas.
Potkonjak et al. (2016)	Revisar el desarrollo, las características y las posibilidades educativas de los laboratorios	Revisión narrativa y tecnológica.	Plataformas y experiencias de laboratorios virtuales y remotos en áreas	Laboratorios virtuales en educación STEM.	Los laboratorios virtuales ofrecieron acceso flexible, repetición de experimentos, seguridad y



Autor y año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra/contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
	virtuales en ciencia, tecnología e ingeniería.		científicas y de ingeniería.		reducción de costos. Su efectividad dependió del realismo, la interacción, la retroalimentación y la adecuada integración curricular.
Redecker (2017)	Establecer un marco europeo que describiera las competencias digitales necesarias para los educadores.	Desarrollo de marco conceptual basado en revisión, consultas y validación por expertos.	Docentes de diferentes niveles educativos en el contexto europeo; sin muestra empírica individual.	Competencia digital de los educadores: DigCompEdu.	Se establecieron 22 competencias organizadas en seis áreas: compromiso profesional, recursos digitales, enseñanza, evaluación, empoderamiento del alumnado y desarrollo de su competencia digital.
Shute, Sun y Asbell- Clarke (2017)	Clarificar el concepto de pensamiento computacional, sus componentes y sus posibilidades de evaluación.	Revisión teórica y síntesis conceptual.	No aplica; investigaciones y marcos previos sobre pensamiento computacional.	Conceptualización del pensamiento computacional.	Se identificaron procesos como descomposición, abstracción, algoritmos, depuración, iteración y generalización. Se concluyó que



Autor y año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra/contexto	Tema de estudio	Hallazgos principales
					podía desarrollarse más allá de la programación mediante problemas auténticos.
					Se encontró una elevada diversidad de instrumentos y definiciones.
			Investigaciones educativas que aplicaron		Muchas evaluaciones se concentraron en programación y presentaron limitada evidencia de validez, por lo que se recomendaron evaluaciones multidimensionales.
Tang et al. (2020)	Examinar los instrumentos y métodos empleados para evaluar el pensamiento computacional.	Revisión sistemática de estudios empíricos.	pruebas, escalas, entrevistas, rúbricas, portafolios y análisis automatizados.	Evaluación del pensamiento computacional.	
					Se establecieron cuatro dimensiones:
Weintrop et al. (2016)	Definir las prácticas de pensamiento computacional pertinentes para las aulas de matemáticas y ciencias.	Estudio de métodos mixtos sustentado en revisión bibliográfica, consulta a expertos y construcción de una taxonomía.	Docentes, científicos y especialistas vinculados con matemáticas, ciencias y computación.	Pensamiento computacional en matemáticas y ciencias.	prácticas de datos, modelación y simulación, resolución computacional de problemas y



Autor y año	Objetivo	Diseño metodológico	Muestra/context o	Tema de estudio	Hallazgos principales
					pensamiento sistémico. La taxonomía facilitó la integración curricular de la computación en STEM.

Fuente: Elaboración propia

Nota. La matriz permitió organizar y analizar sistemáticamente los 26 estudios seleccionados, considerando el autor y año de publicación, objetivo, diseño metodológico, muestra o contexto, tema abordado y principales hallazgos. Se identificó una diversidad metodológica compuesta por estudios cuantitativos, cualitativos, experimentales, revisiones sistemáticas, metaanálisis, informes académicos y propuestas conceptuales. Esta variedad facilitó una comprensión amplia de la integración de la computación científica, las herramientas digitales, el pensamiento computacional y la modelación en la enseñanza de las matemáticas y la física.

En conjunto, los estudios evidenciaron que las simulaciones, la programación, los laboratorios virtuales, la realidad virtual y la modelación computacional ofrecieron oportunidades para mejorar la visualización, el análisis de datos, la resolución de problemas y la comprensión de fenómenos científicos. Sin embargo, también se identificaron desafíos relacionados con la competencia digital docente, la preparación del profesorado, la carga cognitiva, la evaluación del pensamiento computacional y la articulación de estas tecnologías con el currículo. Asimismo, algunos estudios desarrollados en contextos escolares aportaron fundamentos teóricos y metodológicos aplicables a la educación superior.

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidenciaron que la computación científica contribuyó a transformar la enseñanza universitaria de las matemáticas y la física, al favorecer una mayor relación entre los conceptos teóricos, la modelización y la resolución de problemas. Estos



hallazgos coincidieron con Maass et al. (2019), quienes destacaron que la modelización fortaleció el pensamiento crítico y la comprensión interdisciplinaria, y con Koerfer et al. (2025), quienes reconocieron las matemáticas como una herramienta de cálculo, comunicación y comprensión científica. Asimismo, Palmgren y Rasa (2024) señalaron que la articulación entre las expresiones matemáticas y los fenómenos físicos resultó esencial para superar el aprendizaje mecánico. En conjunto, la evidencia indicó que la transformación pedagógica no dependió únicamente de incorporar tecnología, sino de utilizarla para promover una enseñanza contextualizada, participativa y orientada a la construcción de significados.

En relación con las herramientas empleadas, los estudios mostraron que las simulaciones, los lenguajes de programación, la modelización computacional y los laboratorios virtuales ampliaron las posibilidades de experimentación en matemáticas y física. Potkonjak et al. (2016) destacaron que los laboratorios virtuales permitieron repetir procedimientos y modificar condiciones sin depender totalmente de recursos físicos, mientras que Mashood et al. (2022) demostraron que la modelización computacional pudo integrarse progresivamente en las prácticas universitarias. Sin embargo, estos resultados contrastaron con Makransky et al. (2019), quienes comprobaron que una mayor inmersión tecnológica no garantizó mejores aprendizajes, y con Hamerski et al. (2022), quienes identificaron frustración entre los estudiantes con menor experiencia en programación. Por tanto, la efectividad de las herramientas dependió de su propósito pedagógico, la orientación docente y su introducción gradual.

Los hallazgos también evidenciaron que la computación científica fortaleció competencias científicas, digitales y cognitivas relacionadas con la interpretación de datos, el pensamiento crítico, la formulación de hipótesis y la búsqueda organizada de soluciones. Estos resultados coincidieron con Ogegbo y Ramnarain (2022), quienes identificaron aportes del pensamiento computacional en la enseñanza de las ciencias, y con Tang et al. (2020), quienes demostraron su carácter multidimensional. No obstante, también se reconocieron desafíos vinculados con la infraestructura, la conectividad y las diferencias en las competencias tecnológicas de docentes y estudiantes. Basilotta-Gómez-Pablos et al. (2022) relacionaron la competencia digital universitaria con las condiciones institucionales y la formación del profesorado, mientras que Amhag et al. (2019) señalaron la necesidad de un acompañamiento pedagógico



permanente. En consecuencia, la innovación tecnológica requirió políticas de acceso equitativo, capacitación y soporte institucional.

Finalmente, la evidencia analizada mostró que la incorporación de la computación científica exigió actualizar los planes de estudio y vincular la formación universitaria con las demandas científicas y profesionales contemporáneas. Redecker (2017) sostuvo que la competencia digital docente comprendió la selección de recursos, la creación de contenidos y su utilización pedagógica, mientras que Falloon (2020) añadió que esta competencia también incluyó dimensiones éticas y profesionales. De manera complementaria, Gallagher et al. (2026) evidenciaron que la integración progresiva de métodos computacionales en un programa de física fortaleció las habilidades y la confianza de los estudiantes. Estos planteamientos coincidieron con la National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2018), que destacó la necesidad de combinar conocimientos matemáticos, computacionales y analíticos. Así, la actualización curricular se presentó como una condición necesaria para formar profesionales capaces de interpretar resultados, trabajar colaborativamente y resolver problemas complejos.

5. CONCLUSIÓN

Se concluyó que la computación científica abrió nuevas posibilidades para enseñar matemáticas y física de una forma más cercana, práctica y comprensible en la educación superior. Mediante simulaciones, programación, modelización y visualización de datos, los estudiantes lograron relacionar la teoría con situaciones concretas y comprender mejor contenidos que suelen resultar abstractos. Esta integración también favoreció una participación más activa y fortaleció habilidades como el razonamiento lógico, el análisis y la resolución de problemas.

Asimismo, se reconoció que incorporar estas herramientas no fue un proceso sencillo, debido a las diferencias en el acceso a la tecnología y en la preparación digital de docentes y estudiantes. También influyeron las limitaciones de infraestructura, conectividad y acompañamiento institucional. Los estudios demostraron que disponer de programas y equipos no aseguró por sí solo un aprendizaje efectivo, ya que fue necesario contar con una planificación adecuada, orientación docente y actividades adaptadas a las necesidades y ritmos de aprendizaje del estudiantado.



Se concluyó que la computación científica ayudó a renovar la enseñanza de las matemáticas y la física, haciendo que las clases fueran más prácticas, dinámicas y fáciles de relacionar con situaciones reales. Las simulaciones, la programación y la modelización permitieron que los estudiantes comprendieran mejor los contenidos abstractos, experimentaran con diferentes soluciones y participaran de forma más activa. De esta manera, el docente dejó de ser solamente un transmisor de información y asumió un papel de guía durante el aprendizaje. Se determinó que incorporar herramientas computacionales presentó dificultades relacionadas con la falta de equipos, la conectividad, la capacitación docente y las diferencias en las habilidades digitales de los estudiantes. Sin embargo, también ofreció oportunidades para experimentar, comprender mejor los fenómenos y desarrollar capacidades útiles para la vida académica y profesional. Por ello, se consideró necesario introducir estas herramientas de manera gradual, acompañada y accesible, procurando que todos los estudiantes pudieran aprovechar sus beneficios.

Finalmente, se determinó que la computación científica representó una oportunidad para renovar los planes de estudio y preparar mejor a los estudiantes para los desafíos del ámbito científico y profesional. Su integración permitió desarrollar competencias digitales, cognitivas y colaborativas útiles para interpretar datos, construir modelos y buscar soluciones a problemas complejos. Por esta razón, se consideró necesario que las universidades fortalecieran la capacitación docente, mejoraran el acceso tecnológico y promovieran una incorporación gradual y pedagógicamente planificada de estas herramientas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amhag, L., Hellström, L., & Stigmar, M. (2019). Teacher educators' use of digital tools and needs for digital competence in higher education. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 35(4), 203–220.
<https://doi.org/10.1080/21532974.2019.1646169>
- Basilotta-Gómez-Pablos, V., Matarranz, M., Casado-Aranda, L. A., & Otto, A. (2022). Teachers' digital competencies in higher education: A systematic literature review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19, Article 8.
<https://doi.org/10.1186/s41239-021-00312-8>
- Bond, M., Marín, V. I., Dolch, C., Bedenlier, S., & Zawacki-Richter, O. (2018). Digital transformation in German higher education: Student and teacher perceptions and



usage of digital media. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 15, Article 48. <https://doi.org/10.1186/s41239-018-0130-1>

Falloon, G. (2020). From digital literacy to digital competence: The teacher digital competency (TDC) framework. *Educational Technology Research and Development*, 68, 2449–2472. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09767-4>

Faulconer, E. K., & Gruss, A. B. (2018). A review to weigh the pros and cons of online, remote, and distance science laboratory experiences. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 19(2), 155–168. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i2.3386>

Gallagher, G., Vemuri, G., Maric, D., & Gavrin, A. (2026). Evaluating a department-wide initiative incorporating computational methods into the undergraduate physics curriculum. *Physical Review Physics Education Research*, 22(1), Article 010138. <https://doi.org/10.1103/2zmq-2t62>

Gouvea, J. S. (2023). Integrating computation into science education. *CBE—Life Sciences Education*, 22(3), Article fe2. <https://doi.org/10.1187/cbe.23-05-0093>

Hamerski, P. C., McPadden, D., Caballero, M. D., & Irving, P. W. (2022). Students' perspectives on computational challenges in physics class. *Physical Review Physics Education Research*, 18(2), Article 020109. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.020109>

Henderson, M., Selwyn, N., & Aston, R. (2017). What works and why? Student perceptions of “useful” digital technology in university teaching and learning. *Studies in Higher Education*, 42(8), 1567–1579. <https://doi.org/10.1080/03075079.2015.1007946>

Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, Article 103897. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>

Hsu, T. C., Chang, S. C., & Hung, Y. T. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers & Education*, 126, 296–310. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004>

Koerfer, E., Polverini, G., Elmgren, M., Eriksson, L.-H., Freyhult, L., Herbert, R. B., Ho, F. M., Solders, A., & Eckerdal, A. (2025). Teachers' conceptions of the role of



mathematics in STEM higher education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 7, Article 15. <https://doi.org/10.1186/s43031-025-00135-x>

Lyon, J. A., & Magana, A. J. (2020). Computational thinking in higher education: A review of the literature. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(5), 1174–1189. <https://doi.org/10.1002/cae.22295>

Maass, K., Geiger, V., Ariza, M. R., & Goos, M. (2019). The role of mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM–Mathematics Education*, 51, 869–884. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01100-5>

Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225–236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>

Mashood, K. K., Khosla, K., Prasad, A., V, S., CH, M. A., Jose, C., & Chandrasekharan, S. (2022). Participatory approach to introduce computational modeling at the undergraduate level, extending existing curricula and practices: Augmenting derivations. *Physical Review Physics Education Research*, 18(2), Article 020136. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.020136>

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2018). *Data science for undergraduates: Opportunities and options*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25104>

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>

Ogebo, A. A., & Ramnarain, U. (2022). A systematic review of computational thinking in science classrooms. *Studies in Science Education*, 58(2), 203–230. <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.1963580>

Palmgren, E., Kokkonen, T., & Bruun, J. (2025). Roles of mathematics in physics education: A systematic review. *Physical Review Physics Education Research*, 21(2), Article 020602. <https://doi.org/10.1103/www-gwp8>



Palmgren, E., & Rasa, T. (2024). Modelling roles of mathematics in physics: Perspectives for physics education. *Science & Education*, 33, 365–382. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00393-5>

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>

Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu* (Y. Punie, Ed.). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>

Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>

Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R., & Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Computers & Education*, 148, Article 103798. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>

Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M. S., 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:

No existe.

FINANCIAMIENTO:

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:

Conceptualización: Clemente Aguilar Galicia.

Metodología: Clemente Aguilar Galicia.

Investigación: Clemente Aguilar Galicia.

Redacción – borrador original: Olga Leyva Juárez Osorio.

Redacción – revisión y edición: Olga Leyva Juárez Osorio, Clemente Aguilar Galicia.

