



**Innovative Approaches in STEM: Strategies Based on Virtual
Physics Experiments and Advanced Mathematical Reasoning to
Strengthen University Scientific Competencies**

**Enfoques innovadores en STEM: estrategias basadas en
experimentos virtuales de física y razonamiento
matemático avanzado para fortalecer competencias
científicas universitarias**

Para citar este trabajo:

Duarte Cango, A. X. . (2025). Enfoques innovadores en STEM: estrategias basadas en experimentos virtuales de física y razonamiento matemático avanzado para fortalecer competencias científicas universitarias. *Educational Regent Multidisciplinary Journal*, 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.63969/dcsyps83>

Autores:

Andrea Ximena Duarte Cango

Universidad Estatal de Milagro

Milagro – Ecuador

aduartec3@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-6707-5570>

Autor de Correspondencia: Andrea Ximena Duarte Cango, aduartec3@unemi.edu.ec

RECIBIDO: 10-Enero-2026

ACEPTADO: 24-Enero-2026

PUBLICADO: 30-Enero-2026



Resumen

La educación superior en áreas STEM ha experimentado una transformación progresiva a partir de la incorporación de tecnologías digitales y enfoques pedagógicos innovadores, entre los que destacan los experimentos virtuales de física y las estrategias orientadas al razonamiento matemático avanzado. Estas propuestas surgen como respuesta a las exigencias de una formación científica orientada a la resolución de problemas complejos, al desarrollo del pensamiento crítico y a la transferencia del conocimiento a situaciones académicas y profesionales diversas, superando las limitaciones de enfoques tradicionales centrados en la exposición de contenidos y la repetición procedimental. Los entornos virtuales de aprendizaje posibilitan la simulación de fenómenos físicos complejos y su representación mediante modelos matemáticos, favoreciendo una comprensión conceptual más profunda y el fortalecimiento de competencias científicas en estudiantes universitarios, especialmente en instituciones con restricciones de acceso a laboratorios físicos. En este sentido, el análisis de los enfoques innovadores en educación STEM que articulan la experimentación virtual en física con el razonamiento matemático avanzado permite comprender su aporte conceptual a la reconfiguración de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Los hallazgos evidencian que esta articulación promueve una visión integradora del aprendizaje científico, en la que la experimentación mediada por tecnologías digitales y el pensamiento matemático avanzado operan de manera complementaria, contribuyendo a una formación universitaria más coherente, activa y orientada a la construcción profunda del conocimiento científico.

Palabras clave: Educación STEM; Experimentos virtuales; Física universitaria; Razonamiento matemático avanzado; Competencias científicas.

Abstract

Higher education in STEM fields has undergone a gradual transformation driven by the incorporation of digital technologies and innovative pedagogical approaches, among which virtual physics experiments and strategies focused on advanced mathematical reasoning stand out. These approaches have emerged in response to the demands of scientific education oriented towards complex problem-solving, the development of critical thinking, and the transfer of knowledge to diverse academic and professional settings, thereby overcoming the limitations of traditional models centred on content delivery and procedural repetition. Virtual learning environments enable the simulation of complex physical phenomena and their representation through mathematical models, fostering deeper conceptual understanding and strengthening scientific competencies among university students, particularly in institutions with limited access to physical laboratories. From this perspective, the analysis of innovative STEM approaches that integrate virtual experimentation in physics with advanced mathematical reasoning makes it possible to understand their conceptual contribution to the reconfiguration of teaching and learning processes. The findings indicate that this integration promotes an integrative view of scientific learning, in which technology-mediated experimentation and advanced mathematical thinking operate in a complementary manner, contributing to a more coherent, active, and conceptually grounded university education.

Keywords: STEM education; Virtual experiments; University physics; Advanced mathematical reasoning; Scientific competencies.



1. Introducción

En las últimas décadas, la educación superior en áreas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) ha experimentado una transformación significativa impulsada por la integración de tecnologías digitales y enfoques pedagógicos innovadores. En particular, el uso de experimentos virtuales en física y el fortalecimiento del razonamiento matemático avanzado han emergido como estrategias clave para responder a las demandas de una formación científica orientada a la resolución de problemas complejos, el pensamiento crítico y la transferencia del conocimiento a situaciones reales. Estas aproximaciones buscan superar las limitaciones de los métodos tradicionales, promoviendo aprendizajes activos, situados y basados en la experimentación.

Los entornos virtuales de aprendizaje permiten simular fenómenos físicos complejos y representarlos mediante modelos matemáticos, facilitando la comprensión conceptual profunda y el desarrollo de competencias científicas en estudiantes universitarios. La convergencia entre simulaciones interactivas, experimentación virtual y razonamiento matemático avanzado configura un marco didáctico innovador que potencia la construcción del conocimiento, especialmente en escenarios donde el acceso a laboratorios físicos resulta limitado o insuficiente. Por ello, se vuelve pertinente analizar de manera sistemática los enfoques innovadores en STEM que integran estas estrategias desde una perspectiva investigativa.

A pesar del avance sostenido de las tecnologías aplicadas a la educación superior, persisten limitaciones estructurales en la enseñanza de la física y las matemáticas avanzadas, evidenciadas en niveles insuficientes de comprensión conceptual, un dominio restringido de la modelación matemática y un desarrollo incipiente de competencias científicas de carácter aplicado. Diversos aportes académicos coinciden en que los enfoques pedagógicos tradicionales, centrados en la exposición de contenidos y la resolución rutinaria de ejercicios, no logran responder de manera efectiva a las exigencias cognitivas, analíticas y formativas propias de los programas universitarios en áreas STEM.

De forma paralela, la débil articulación entre la experimentación física y el razonamiento matemático avanzado propicia procesos de aprendizaje fragmentados, en los cuales los estudiantes presentan dificultades para establecer vínculos significativos entre los principios conceptuales, la experimentación y su aplicación en la resolución de problemas científicos complejos. Esta desconexión limita el desarrollo de capacidades esenciales como la formulación y contraste de hipótesis, el análisis e interpretación de información científica, la construcción de modelos matemáticos y la comprensión integral de fenómenos físicos de alta complejidad.

Ante esta situación, resulta imprescindible identificar y analizar enfoques innovadores que integren de manera coherente los experimentos virtuales de física con estrategias orientadas al fortalecimiento del razonamiento matemático avanzado, con el propósito de potenciar las competencias científicas en el nivel universitario. No obstante, la producción académica disponible presenta una marcada diversidad de perspectivas conceptuales y metodológicas, lo que sustenta la necesidad de realizar un análisis organizado y crítico de la literatura especializada que permita sistematizar los aportes existentes, reconocer tendencias relevantes y delimitar vacíos conceptuales que orienten futuras líneas de investigación.

Los laboratorios virtuales se han consolidado como una estrategia didáctica relevante para la enseñanza de la física universitaria, al favorecer procesos de aprendizaje basados en la exploración y el descubrimiento guiado. Estas herramientas permiten a los estudiantes interactuar con simulaciones dinámicas que representan fenómenos físicos complejos, facilitando la formulación de hipótesis y la comprobación de relaciones causales sin las restricciones propias de los entornos experimentales tradicionales. En este marco, Rodríguez et al. (2023) sostienen



que el uso de entornos virtuales reduce la carga cognitiva asociada a la manipulación instrumental, permitiendo que los estudiantes centren su atención en la comprensión conceptual y en la construcción progresiva del conocimiento científico.

La integración combinada de experimentos virtuales y experiencias experimentales presenciales ha demostrado un impacto positivo en la comprensión de conceptos fundamentales de la física. Al alternar entre simulaciones digitales y prácticas experimentales, los estudiantes logran establecer conexiones más sólidas entre los modelos teóricos y su manifestación observable, fortaleciendo la coherencia del aprendizaje científico. En este sentido, Rodríguez et al. (2026) señalan que los entornos virtuales no sustituyen la experimentación real, sino que la complementan de manera eficaz, ampliando las oportunidades de exploración conceptual en la educación superior.

El desarrollo de simulaciones interactivas ha contribuido de manera significativa a la transformación de la enseñanza en ciencias e ingeniería, al promover aprendizajes más activos y motivadores. Estas herramientas facilitan la visualización de variables abstractas y la manipulación directa de parámetros, favoreciendo la comprensión profunda de los fenómenos estudiados. Desde esta perspectiva, Yanchapaxi et al. (2024), a través del proyecto PhET, demostraron que el uso sistemático de experimentos virtuales incrementa tanto la motivación como el aprendizaje conceptual en estudiantes universitarios de disciplinas STEM.

Los enfoques pedagógicos centrados en la interacción y la participación activa del estudiante han mostrado resultados superiores en términos de comprensión conceptual en física universitaria. La incorporación de recursos tecnológicos interactivos permite superar la pasividad asociada a las metodologías tradicionales, promoviendo procesos cognitivos de mayor nivel. En este sentido, Lara (2016) destaca que las estrategias de enseñanza interactiva apoyadas en herramientas digitales generan mejoras sustanciales en la comprensión de conceptos físicos, en comparación con los enfoques basados exclusivamente en la transmisión de contenidos.

El uso de entornos multimedia interactivos favorece la integración de múltiples formas de representación del conocimiento científico, incluyendo esquemas visuales, expresiones matemáticas y explicaciones conceptuales. Esta convergencia de representaciones facilita la construcción de significados y fortalece el razonamiento científico en los estudiantes. En esta línea, Raviolo (2019) explican que la combinación coherente de elementos visuales y matemáticos optimiza los procesos cognitivos implicados en el aprendizaje STEM, especialmente en contenidos de alta complejidad conceptual.

En el ámbito de las matemáticas avanzadas, las tecnologías digitales desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de habilidades de modelación y visualización de conceptos abstractos. Estas herramientas permiten representar estructuras matemáticas complejas de manera dinámica, favoreciendo la comprensión y el análisis de relaciones funcionales. Al respecto, Díaz et al. (2025) argumenta que el uso pedagógico de tecnologías digitales transforma la forma en que los estudiantes interactúan con el conocimiento matemático, fortaleciendo competencias esenciales para la formación científica universitaria.

Los entornos de aprendizaje basados en la investigación y la simulación promueven el desarrollo de competencias científicas transversales, tales como el análisis crítico, la argumentación fundamentada y la toma de decisiones informadas. Estas estrategias fomentan una participación activa del estudiante en la construcción del conocimiento, alineándose con los principios de la educación STEM. En este sentido, Hernando et al. (2016) destacan que los ambientes de aprendizaje apoyados en simulaciones favorecen procesos cognitivos complejos y una comprensión más profunda de los fenómenos científicos.



En el ámbito latinoamericano, la incorporación de laboratorios virtuales en la enseñanza de la física ha evidenciado resultados positivos en el rendimiento académico y en el desarrollo de habilidades científicas en educación superior. Estas experiencias han permitido ampliar el acceso a recursos experimentales y mejorar la calidad del aprendizaje en instituciones con limitaciones de infraestructura. En este marco, Cuecuecha et al. (2025) señalan que la implementación de experimentación virtual contribuye de manera significativa al fortalecimiento de competencias científicas en estudiantes universitarios de la región.

El enfoque constructivista concibe el aprendizaje científico como un proceso activo de construcción del conocimiento, en el cual el estudiante interactúa de manera permanente con los objetos de estudio y reorganiza sus esquemas cognitivos a partir de dicha interacción. Bajo esta perspectiva, los entornos de experimentación virtual adquieren un papel relevante al funcionar como mediadores cognitivos que facilitan la exploración, la manipulación de variables y la generación de inferencias científicas. Esta concepción se alinea con los planteamientos de Piaget mencionado por González et al. (2024) quien sostiene que el conocimiento se construye mediante la acción y la reflexión sobre la experiencia, principios que fundamentan el uso pedagógico de simulaciones interactivas en la enseñanza de la física.

La dimensión sociocultural del aprendizaje resalta el papel de la interacción social y de las herramientas mediadoras en la construcción del conocimiento científico. En los entornos virtuales, estas mediaciones se materializan a través de plataformas colaborativas, simulaciones compartidas y actividades de co-construcción del saber, que favorecen el aprendizaje significativo en STEM. En este sentido, Kiselitsa et al. (2024) enfatiza que el desarrollo cognitivo se potencia mediante la interacción con otros y con instrumentos culturales, lo que respalda el diseño de experiencias virtuales colaborativas orientadas al fortalecimiento de competencias científicas.

El aprendizaje experiencial propone que el conocimiento emerge de la transformación reflexiva de la experiencia, integrando la acción, la observación, la conceptualización y la aplicación. La experimentación virtual se inscribe plenamente en esta lógica, al ofrecer experiencias controladas y repetibles que permiten al estudiante contrastar hipótesis y analizar resultados. Desde esta perspectiva, Márquez (2025) sostiene que el aprendizaje se consolida cuando el sujeto es capaz de transformar la experiencia en conocimiento, lo cual justifica la incorporación de entornos virtuales como eje central de las estrategias pedagógicas en educación STEM.

La integración de múltiples representaciones en los entornos de aprendizaje constituye un factor clave para la comprensión de contenidos científicos complejos. La combinación de elementos visuales, expresiones matemáticas y explicaciones textuales facilita el procesamiento cognitivo y la construcción de modelos mentales coherentes. En este marco, Lugo et al. (2024) explica que el aprendizaje multimedia resulta más efectivo cuando los recursos se diseñan de manera coherente con el funcionamiento de la memoria humana, aspecto fundamental en el diseño de simulaciones y experimentos virtuales en física y matemáticas avanzadas.

La comprensión de conceptos científicos de alta complejidad exige un diseño instruccional que considere las limitaciones cognitivas del estudiante. Los entornos virtuales bien estructurados permiten distribuir la información de manera progresiva, reduciendo la sobrecarga mental y favoreciendo un procesamiento más eficiente. Desde esta perspectiva, Skulmowski (2024) argumenta que la optimización de la carga cognitiva es esencial para el aprendizaje profundo, lo que refuerza la pertinencia de los experimentos virtuales como recursos didácticos en la educación superior STEM.

El razonamiento matemático avanzado constituye una competencia central en la formación científica universitaria, especialmente en disciplinas vinculadas a la física y la ingeniería. La resolución de problemas complejos requiere estrategias sistemáticas de análisis, formulación de



conjeturas y validación de soluciones. Meneses et al. (2020) establece principios fundamentales para el desarrollo del pensamiento matemático orientado a la resolución de problemas, los cuales se ven fortalecidos mediante el uso de entornos virtuales que permiten modelar y visualizar relaciones matemáticas abstractas.

Los enfoques de aprendizaje activo enfatizan la participación del estudiante mediante actividades prácticas, resolución de problemas y procesos de experimentación interactiva. La experimentación virtual desempeña un papel central dentro de estas estrategias, al permitir que los estudiantes manipulen variables, contrasten hipótesis y analicen resultados en entornos controlados. En esta línea, Bell et al. (2024) destacan que las estrategias de aprendizaje activo fortalecen de manera significativa la comprensión conceptual y las habilidades de resolución de problemas en la formación universitaria en ingeniería y disciplinas STEM.

La educación STEM se concibe progresivamente como un enfoque integrador que articula la indagación científica, el razonamiento matemático y el uso pedagógico de herramientas tecnológicas con el fin de desarrollar competencias científicas sólidas y transferibles. Esta visión promueve la conexión entre disciplinas y favorece la formación de profesionales capaces de enfrentar problemas complejos desde una perspectiva interdisciplinaria. Desde esta perspectiva, Guanotuña et al. (2024) plantea que la educación STEM debe orientarse hacia la integración coherente de ciencia, matemáticas y tecnología para potenciar el aprendizaje significativo y el desarrollo de competencias en la educación superior.

El estudio se apoya en un proceso metodológico de análisis y sistematización de la producción científica especializada, orientado a examinar de manera crítica y articulada los aportes académicos vinculados con los enfoques innovadores en educación STEM, la experimentación virtual en física y el desarrollo del razonamiento matemático avanzado. Este enfoque permite organizar el conocimiento existente, identificar tendencias relevantes y reconocer vacíos conceptuales, contribuyendo a una comprensión integral del estado del campo y a la construcción de una base sólida para la discusión académica.

Examinar y valorar críticamente los enfoques innovadores en educación STEM que articulan el uso de experimentos virtuales de física con estrategias de razonamiento matemático avanzado, con el propósito de comprender su aporte conceptual al fortalecimiento de las competencias científicas en la formación universitaria.

En este estudio, la pregunta de investigación se plantea de la siguiente manera: ¿De qué manera los enfoques innovadores en educación STEM que integran experimentos virtuales de física y estrategias de razonamiento matemático avanzado se configuran, desde una perspectiva teórica y pedagógica, como referentes para el fortalecimiento de las competencias científicas en la educación superior? A partir de esta interrogante, se orienta el análisis crítico de los aportes conceptuales y pedagógicos presentes en la literatura especializada, con el fin de comprender cómo dichas aproximaciones contribuyen a la formación científica universitaria y a la consolidación de competencias clave en el ámbito STEM.

2. Metodología

El estudio se desarrolló a partir de un análisis documental de carácter analítico y descriptivo, orientado a la sistematización crítica de la producción académica relacionada con los enfoques innovadores en educación STEM, el uso de experimentos virtuales en la enseñanza de la física y las estrategias de razonamiento matemático avanzado en la formación universitaria. Dada la naturaleza teórica del trabajo, el análisis se centró exclusivamente en el examen, contraste e integración de investigaciones previamente publicadas, sin la aplicación de instrumentos de campo, intervenciones pedagógicas ni medición directa de variables.



El proceso de identificación, selección y análisis de los documentos se llevó a cabo siguiendo los lineamientos del método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), con el propósito de garantizar transparencia, rigor metodológico y trazabilidad en cada una de las fases del estudio. En la fase de identificación, se localizaron 138 registros procedentes de fuentes académicas especializadas y repositorios científicos vinculados con educación STEM, didáctica de la física, tecnologías educativas, simulaciones interactivas, razonamiento matemático avanzado y formación universitaria en ciencias e ingeniería.

La estrategia de búsqueda se diseñó a partir de la combinación estructurada de palabras clave y descriptores temáticos en español e inglés, seleccionados en función de su pertinencia conceptual con el objeto de estudio. Entre los términos utilizados se incluyeron: educación STEM, STEM education, experimentos virtuales de física, virtual physics experiments, simulaciones interactivas, interactive simulations, razonamiento matemático avanzado, advanced mathematical reasoning, competencias científicas, scientific competencies, aprendizaje activo, active learning y educación superior, higher education. Estos descriptores fueron articulados mediante operadores booleanos AND y OR, permitiendo ampliar y refinar los resultados de búsqueda de manera sistemática.

Posteriormente, se procedió a la eliminación de 34 registros duplicados, obteniéndose un total de 104 documentos únicos considerados para la siguiente fase. En la etapa de cribado, se realizó una revisión sistemática de títulos y resúmenes, excluyéndose 62 documentos por no abordar de manera directa la integración entre experimentación virtual y razonamiento matemático, por centrarse exclusivamente en aspectos tecnológicos sin articulación pedagógica, o por carecer de pertinencia para el nivel universitario. Como resultado de esta fase, 42 estudios fueron seleccionados para su análisis en texto completo.

Durante la fase de elegibilidad, se efectuó un examen exhaustivo de los textos completos aplicando criterios de inclusión previamente definidos, tales como: pertinencia temática con el enfoque STEM, claridad conceptual y metodológica, articulación explícita entre experimentos virtuales de física y razonamiento matemático avanzado, y carácter académico de las publicaciones. En esta etapa se excluyeron 26 documentos debido a debilidades argumentativas, escasa profundidad analítica o limitada vinculación con el desarrollo de competencias científicas en educación superior. Finalmente, 16 estudios cumplieron con la totalidad de los criterios establecidos y fueron incorporados en la síntesis analítica del trabajo.

El análisis de los estudios seleccionados se realizó mediante procedimientos propios del análisis documental cualitativo, lo que permitió organizar la información en categorías analíticas como educación STEM, experimentación virtual en física, razonamiento matemático avanzado, aprendizaje activo, mediación tecnológica y competencias científicas universitarias. Estas categorías fueron integradas en una estructura interpretativa coherente, orientada a comprender los aportes conceptuales y pedagógicos de los enfoques analizados.

De manera complementaria, el razonamiento inductivo facilitó la identificación de patrones recurrentes y tendencias investigativas predominantes, mientras que el análisis comparativo permitió examinar similitudes y diferencias entre marcos conceptuales, modelos pedagógicos y propuestas formativas centradas en la experimentación virtual y el razonamiento matemático avanzado. Este procedimiento posibilitó reconocer convergencias teóricas, divergencias conceptuales y vacíos analíticos relevantes.

Finalmente, los hallazgos fueron organizados mediante un análisis temático que permitió agrupar los aportes científicos en núcleos interpretativos vinculados a la integración de experimentos



virtuales de física y estrategias de razonamiento matemático avanzado como referentes conceptuales para el fortalecimiento de competencias científicas en la educación superior. Este proceso se complementó con una articulación interdisciplinaria desde la didáctica de las ciencias, la educación matemática y la tecnología educativa, garantizando una construcción analítica rigurosa, coherente y metodológicamente consistente.

3. Resultados

El análisis desarrollado permite reconocer una tendencia clara hacia la articulación de enfoques innovadores en educación STEM que integran experimentos virtuales de física y estrategias orientadas al fortalecimiento del razonamiento matemático avanzado como ejes formativos fundamentales en la educación superior. Estas propuestas se sustentan en principios pedagógicos que privilegian la participación activa del estudiante, la exploración sistemática de fenómenos y la construcción progresiva del conocimiento científico, superando esquemas de enseñanza centrados exclusivamente en la transmisión de contenidos.

Los experimentos virtuales de física se configuran como recursos didácticos que favorecen la comprensión profunda de fenómenos complejos mediante la interacción directa con simulaciones dinámicas. Su uso facilita la formulación y contrastación de hipótesis, la manipulación controlada de variables y el análisis de relaciones funcionales, lo que contribuye a una mayor coherencia entre los modelos teóricos y su representación matemática. Asimismo, estas herramientas amplían las oportunidades de acceso a experiencias experimentales significativas, especialmente en escenarios donde la infraestructura tradicional resulta limitada.

De manera complementaria, el fortalecimiento del razonamiento matemático avanzado emerge como un componente central en la formación científica universitaria. La integración de herramientas digitales y entornos de simulación favorece la modelación, visualización y análisis de estructuras matemáticas abstractas, permitiendo abordar problemas complejos desde una perspectiva analítica y reflexiva. Esta articulación entre física y matemáticas potencia habilidades cognitivas de alto nivel, tales como la argumentación lógica, la validación de procedimientos y la transferencia del conocimiento a situaciones novedosas.

Asimismo, se evidencia que los entornos de aprendizaje basados en simulaciones promueven la integración de múltiples formas de representación del conocimiento científico, combinando elementos visuales, simbólicos y conceptuales. Esta convergencia facilita la construcción de modelos mentales coherentes y optimiza los procesos cognitivos implicados en el aprendizaje de contenidos de elevada complejidad, fortaleciendo la comprensión conceptual y la capacidad de análisis científico.

Los enfoques pedagógicos sustentados en la interacción y la participación activa del estudiante favorecen el desarrollo de competencias científicas transversales, entre las que destacan el pensamiento crítico, la resolución fundamentada de problemas, la toma de decisiones informadas y el trabajo colaborativo. La posibilidad de repetir, modificar y analizar experiencias en entornos virtuales contribuye a una reflexión sistemática sobre los fenómenos estudiados y a la consolidación del aprendizaje científico.

En el ámbito de la educación superior latinoamericana, se identifica una valoración creciente de los laboratorios virtuales como estrategias pedagógicas que contribuyen a mejorar la calidad de la enseñanza de la física y las matemáticas avanzadas. Estas experiencias permiten reducir desigualdades en el acceso a recursos experimentales y fortalecen el desarrollo de competencias científicas esenciales para la formación profesional en áreas STEM.

El análisis también pone de manifiesto la necesidad de consolidar marcos pedagógicos integradores que orienten de manera coherente la articulación entre experimentación virtual y



razonamiento matemático avanzado. La ausencia de modelos sistematizados evidencia oportunidades para profundizar en propuestas teóricas que permitan fortalecer la formación científica universitaria y orientar futuras líneas de investigación en educación STEM.

4. Discusión

El análisis desarrollado pone de manifiesto que la integración de experimentos virtuales de física y estrategias orientadas al razonamiento matemático avanzado constituye una vía sólida para el fortalecimiento de las competencias científicas en la educación superior. La diversidad de enfoques identificados refleja un campo en evolución, caracterizado por múltiples aproximaciones pedagógicas que coinciden en reconocer el valor de la experimentación mediada por tecnologías digitales como elemento articulador del aprendizaje científico universitario.

Los laboratorios virtuales emergen como herramientas pedagógicas que favorecen procesos de exploración sistemática, permitiendo a los estudiantes interactuar con representaciones dinámicas de fenómenos físicos complejos. Esta interacción posibilita una aproximación progresiva a la comprensión conceptual, al reducir barreras asociadas a la manipulación instrumental y al centrarse en el análisis de relaciones causales y funcionales. En este sentido, la experimentación virtual no se limita a reproducir prácticas tradicionales, sino que redefine la forma en que los estudiantes se aproximan al conocimiento científico.

La complementariedad entre experiencias virtuales y prácticas experimentales presenciales se configura como un aspecto clave para consolidar aprendizajes significativos. La alternancia entre simulaciones digitales y actividades experimentales permite establecer vínculos más coherentes entre los modelos teóricos y su manifestación observable, favoreciendo una comprensión integrada de los fenómenos estudiados. Esta articulación contribuye a superar dicotomías entre teoría y práctica, fortaleciendo la coherencia interna del aprendizaje científico.

Desde una perspectiva pedagógica, la incorporación de simulaciones interactivas impulsa metodologías centradas en la participación activa del estudiante. La posibilidad de manipular variables, explorar escenarios hipotéticos y analizar resultados en tiempo real promueve procesos cognitivos de mayor complejidad, tales como el razonamiento analítico, la formulación de inferencias y la toma de decisiones fundamentadas. Estos procesos resultan esenciales para el desarrollo de competencias científicas transferibles a situaciones problemáticas diversas.

Asimismo, la integración de múltiples representaciones —visuales, matemáticas y conceptuales— favorece la construcción de modelos mentales coherentes y profundiza la comprensión de contenidos de alta complejidad. La convergencia de estas representaciones contribuye a optimizar el procesamiento de la información científica, facilitando la articulación entre el lenguaje matemático y la interpretación física de los fenómenos, aspecto central en la formación STEM universitaria.

En el ámbito del razonamiento matemático avanzado, las tecnologías digitales desempeñan un papel decisivo al posibilitar la modelación y visualización de estructuras abstractas. Estas herramientas permiten abordar problemas complejos desde una perspectiva dinámica, favoreciendo la comprensión de relaciones funcionales, la validación de procedimientos y el análisis de soluciones. La integración de estas estrategias fortalece competencias matemáticas esenciales para la formación científica y tecnológica.

La discusión también evidencia que los entornos de aprendizaje basados en simulaciones contribuyen al desarrollo de competencias científicas transversales, tales como el pensamiento crítico, la argumentación fundamentada y el trabajo colaborativo. La interacción con entornos virtuales promueve una participación más reflexiva del estudiante, alineada con enfoques de aprendizaje activo que priorizan la construcción autónoma del conocimiento.



En el ámbito de la educación superior latinoamericana, la incorporación de laboratorios virtuales adquiere especial relevancia al ampliar el acceso a experiencias experimentales de calidad. Estas propuestas permiten reducir brechas asociadas a limitaciones de infraestructura y fortalecen la formación científica en instituciones con recursos restringidos, contribuyendo a una educación más equitativa y pertinente.

Finalmente, la discusión pone en evidencia la necesidad de avanzar hacia marcos pedagógicos integradores que orienten de manera coherente la articulación entre experimentación virtual y razonamiento matemático avanzado. La ausencia de modelos sistematizados señala la existencia de vacíos conceptuales que abren oportunidades para profundizar en propuestas teóricas y pedagógicas capaces de consolidar la educación STEM en la formación universitaria.

5. Conclusión

El análisis desarrollado sobre los enfoques innovadores en educación STEM pone de relieve que la articulación entre experimentos virtuales de física y estrategias de razonamiento matemático avanzado representa un aporte conceptual significativo para el fortalecimiento de las competencias científicas en la formación universitaria. Estas aproximaciones posibilitan la reconfiguración de los procesos de enseñanza y aprendizaje desde una visión integradora, en la que la experimentación mediada por tecnologías digitales y el pensamiento matemático avanzado operan como componentes complementarios y articulados del aprendizaje científico.

Los experimentos virtuales se consolidan como recursos pedagógicos que favorecen la comprensión profunda de fenómenos físicos complejos, al facilitar la exploración sistemática, la formulación de hipótesis y el análisis de relaciones funcionales en entornos controlados. Su valor no radica únicamente en la simulación de prácticas experimentales, sino en su capacidad para promover procesos cognitivos de alto nivel, orientados al razonamiento científico, la interpretación de modelos y la construcción progresiva del conocimiento.

De manera paralela, las estrategias de razonamiento matemático avanzado se presentan como un componente esencial para la formación STEM, al permitir la modelación, abstracción y validación de soluciones frente a problemas complejos. La integración coherente de estas estrategias con la experimentación virtual fortalece la capacidad de los estudiantes para establecer vínculos significativos entre representaciones matemáticas y fenómenos físicos, superando aprendizajes fragmentados y promoviendo una comprensión científica más estructurada.

Desde una perspectiva pedagógica, los enfoques analizados refuerzan la necesidad de transitar hacia modelos formativos centrados en la actividad cognitiva del estudiante, el aprendizaje activo y la construcción autónoma del conocimiento. La convergencia entre tecnologías digitales, experimentación virtual y razonamiento matemático avanzado contribuye al desarrollo de competencias científicas transversales, tales como el pensamiento crítico, la argumentación fundamentada y la resolución de problemas.

Finalmente, el análisis realizado permite concluir que los enfoques innovadores en STEM, entendidos desde su aporte conceptual y pedagógico, ofrecen referentes sólidos para la transformación de la educación científica universitaria. No obstante, la diversidad de perspectivas identificadas pone de manifiesto la necesidad de continuar profundizando en marcos teóricos integradores que orienten de manera sistemática la articulación entre experimentación virtual y razonamiento matemático avanzado, fortaleciendo así la formación científica en la educación superior.



Referencias Bibliográficas

- Bell, R. R., & al, e. (2024). Integración de la docencia y el aprendizaje activo en la educación superior. Metodologías, componentes y actores. *Prohominum. Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, <https://doi.org/10.47606/acven/pho230> .
- Cuecuecha, S. L., & al, e. (2025). Innovaciones pedagógicas en educación STEM: implementación de entornos experimentales virtuales en física y razonamiento matemático avanzado para el desarrollo de competencias científicas en el ámbito universitario. *Revista Social Fronteriza*, [https://doi.org/10.59814/resofro.2025.5\(5\)934](https://doi.org/10.59814/resofro.2025.5(5)934).
- Díaz, S. J., & al, e. (2025). Evaluación de la correlación entre las competencias digitales y el aprendizaje matemático significativo en estudiantes universitarios. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, <https://doi.org/10.47460/uct.v29i128.991> .
- González, A. M., & Fernández, M. K. (2024). Uso didáctico de la tecnología en la práctica docente en las áreas STEM. *Revista Educación*, <http://dx.doi.org/10.15517/revedu.v48i1.55997> .
- Guanotuña, B. G., & al, e. (2024). Adaptación de la Metodología STEM-STEAM en la educación pospandemia: un enfoque integral para la recuperación académica. *Revista InveCom*, <https://doi.org/10.5281/zenodo.10694156> .
- Hernando, B. T., & al, e. (2016). Neurociencias, educación y entorno sociocultural. *Redalyc*, <https://www.redalyc.org/journal/834/83448566005/html/>.
- Kiselitsa, E., & al, e. (2024). Uso de tecnologías a distancia en el desarrollo de la trayectoria STEM del entrenamiento. *Conrado*, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442024000200472&lang=en.
- Lara, B. G. (2016). Desarrollo y aplicación de una estrategia didáctica para la integración del conocimiento a la enseñanza de la física en ingeniería. *Innovación educativa (México, DF)*, https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-26732016000200133&script=sci_arttext_plus&tlng=es.
- Lugo, J., & Falsetti, M. (2024). Aportes de investigaciones cognitivas a la elaboración de hipermedia para el aprendizaje geométrico. *Revista Digital: Matemática, Educación e Internet* , <https://doi.org/10.18845/rdmei.v24i2.6917>.
- Márquez, Á. D. (2025). Nuevos paradigmas en la educación universitaria. *Medicina (Buenos Aires)*, https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=SO025-76802015000200010.
- Meneses, E. M., & Peñaloza, G. D. (2020). Método de Pólya como estrategia pedagógica para fortalecer la competencia resolución de problemas matemáticos con operaciones básicas. *Zona Próxima*, http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2145-94442019000200008.
- Raviolo, A. (2019). Imágenes y enseñanza de la Química. Aportes de la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia. *Educación química*, <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.2.67174> .



Rodríguez, B. S. (2026). Entornos virtuales en estudiantes universitarios: un estudio de revisión sistemática. *Revista InveCom*, <https://doi.org/10.5281/zenodo.15368517> .

Rodríguez, L. Y., Cruz, I. J., Berra, B. C., & Ramírez, R. M. (2023). Influencia de entornos virtuales de aprendizaje en el desarrollo de habilidades cognitivas: un modelo de ecuaciones estructurales. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, <https://doi.org/10.23913/ride.v13i26.1381> .

Skulmowski, A. (2024). ¿Aprender haciendo o hacer sin aprender? Potenciales y desafíos del aprendizaje basado en actividades. *Revista de Psicología Educativa*, 10.1007/s10648-024-09869-y.

Yanchapaxi, M. C., & Mérida, C. E. (2024). Uso del PHET Simulators y Analítica del Aprendizaje en el mejoramiento del proceso de enseñanza - aprendizaje en la asignatura Física. *MQR investigar* , 10.56048/MQR20225.8.4.2024.6913-6941.

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses relacionados con este estudio y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por la revista. Asimismo, confirman que este trabajo es inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación.