

Modelación Computacional y Experimentos Virtuales para Fortalecer el Pensamiento Científico en la Enseñanza de la Física.

Computational Modeling and Virtual Experiments to Strengthen Scientific Thinking in Physics Education.

PALABRA VERDADERA

Recepción: 15/09/2025

Aceptación: 19/09/2025

Publicación: 30/09/2025

AUTOR/ES

- Katherine Celinda Guachamín Granda
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN
- katherinec.guachamin@educacion.gob.ec
- <https://orcid.org/0009-0005-3456-874X>
- Ecuador

- Reinerio Israel Sánchez Borja
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN
- reinerio.sanchez@educacion.gob.ec
- <https://orcid.org/0009-0007-1397-353X>
- Ecuador

- Paola Brigitte Arias Pincay
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN
- briggitt_pao@hotmail.com
- <https://orcid.org/0009-0005-9273-9850>
- Ecuador

- Irma Elizabeth Chango Ramírez
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN
- irmaeliza_2008@hotmail.com
- <https://orcid.org/0009-0005-5206-3016>
- Ecuador

- Ángela Ramona Zambrano Zambrano
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN
- angelazambrano.23@hotmail.com
- <https://orcid.org/0009-0005-7302-5270>
- Ecuador

- Dunia Alba María Ramón Romero
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN
- dunia.ramon@educacion.gob.ec
- <https://orcid.org/0009-0004-0582-3054>
- Ecuador

CITACIÓN:

Guachamín Granda, K. C., Sánchez Borja, R. I., Arias Pincay, P. B., Chango Ramírez, I. E., Zambrano Zambrano, Á. R., & Ramón Romero, D. A. M. (2025). Modelación computacional y experimentos virtuales para fortalecer el pensamiento científico en la enseñanza de la física. *Revista Científica Tsafiki*, 2(2), 585–607.

RESUMEN

La enseñanza de la física en el bachillerato enfrenta el reto de superar metodologías centradas en la memorización de fórmulas y en la aplicación mecánica de procedimientos matemáticos, limitando así la construcción de un pensamiento científico crítico. Diversos estudios han señalado que el aprendizaje activo y la experimentación constituyen ejes fundamentales para que los estudiantes desarrollen capacidades de análisis, predicción y razonamiento lógico. En este marco, la modelación computacional y los experimentos virtuales emergen como herramientas que permiten ampliar el acceso a la investigación científica en contextos escolares con limitaciones de infraestructura.

El presente artículo examina las posibilidades pedagógicas de integrar estas estrategias en el proceso formativo de la física, a partir de una revisión documental de investigaciones latinoamericanas e internacionales, complementada con el análisis de lineamientos curriculares ecuatorianos. Se enfatiza que la modelación computacional favorece la comprensión de fenómenos complejos al trasladar al aula procesos de simulación numérica, mientras que los experimentos virtuales consolidan el aprendizaje mediante la observación, la manipulación de variables y la validación de hipótesis en entornos digitales controlados.

Los resultados sugieren que la implementación de estas metodologías no solo mejora el rendimiento académico, sino que fortalece la alfabetización científica y el compromiso con la construcción de ciudadanía crítica, estableciendo un puente entre ciencia, tecnología y sociedad.

PALABRAS CLAVE: pensamiento científico, modelación computacional, experimentos virtuales, enseñanza de la física, innovación educativa.

ABSTRACT

Physics education in high school faces the challenge of overcoming methodologies based on formula memorization and mechanical application of mathematical procedures, which restrict the development of critical scientific thinking. Several studies have highlighted that active learning and experimentation are essential for students to acquire analytical, predictive, and logical reasoning skills. Within this framework, computational modeling and virtual experiments emerge as tools that expand access to scientific inquiry in school contexts with limited infrastructure. This article examines the pedagogical possibilities of integrating these strategies into physics education through a documentary review of Latin American and international research, complemented by the analysis of Ecuadorian curriculum guidelines. It emphasizes that computational modeling enhances the understanding of complex phenomena by bringing numerical simulation processes into the classroom, while virtual experiments consolidate learning through observation, manipulation of variables, and hypothesis testing in controlled digital environments. Findings suggest

that the implementation of these methodologies not only improves academic performance but also strengthens scientific literacy and fosters civic engagement, building a bridge between science, technology, and society.

KEYWORDS: scientific thinking, computational modeling, virtual experiments, physics education, educational innovation.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la física ha transitado históricamente entre dos polos: por un lado, el énfasis en la memorización de fórmulas y leyes, y por otro, los intentos de promover un aprendizaje más activo mediante la experimentación y la reflexión crítica. En el caso ecuatoriano, los textos oficiales de Bachillerato General Unificado reflejan esta tensión, ya que, aunque incorporan conceptos fundamentales y experimentos sugeridos, mantienen una fuerte carga conceptual que exige estrategias innovadoras para evitar la fragmentación del aprendizaje.

El contexto latinoamericano comparte problemáticas similares. Investigaciones recientes señalan que la física suele percibirse como una asignatura de difícil acceso, asociada a altos niveles de abstracción y desvinculada de la realidad cotidiana de los estudiantes. Este fenómeno produce un círculo vicioso: baja motivación, resultados limitados en evaluaciones estandarizadas y una escasa apropiación del pensamiento científico. La falta de recursos en laboratorios escolares, particularmente en zonas rurales y periféricas, agrava estas dificultades, generando desigualdades educativas que se traducen en un acceso restringido a experiencias prácticas.

A lo largo de las últimas dos décadas, los debates sobre innovación pedagógica han insistido en la necesidad de superar este enfoque enciclopedista y memorístico, que se centra en la repetición de contenidos sin fomentar la comprensión crítica. Diversos autores coinciden en que el pensamiento científico no se construye únicamente a partir de la transmisión de información, sino de la interacción entre observación, experimentación y razonamiento lógico. En este marco, la incorporación de herramientas tecnológicas como la modelación computacional y los experimentos virtuales constituye una oportunidad para replantear la didáctica de la física en clave inclusiva y transformadora.

El fortalecimiento de la alfabetización científica aparece como un objetivo prioritario en las políticas educativas de la región. La UNESCO ha señalado que las ciencias naturales deben enseñar a los jóvenes no solo a dominar contenidos específicos, sino también a participar activamente en la construcción de sociedades críticas y tecnológicamente competentes. Este imperativo implica dotar a los estudiantes de habilidades para formular preguntas, generar hipótesis, experimentar con diferentes escenarios y comprender la naturaleza de los fenómenos

más allá de su formalización matemática.

En este panorama los retos no se limitan a la falta de infraestructura o a la complejidad intrínseca de la física. También se relacionan con la formación docente, ya que muchos profesores carecen de preparación en estrategias innovadoras que combinen recursos digitales y metodologías activas. De ahí que experiencias internacionales de modelación y simulación computacional resulten particularmente relevantes como referentes, dado que han mostrado cómo el uso de entornos virtuales y software especializado permite ampliar la comprensión conceptual y mejorar la motivación estudiantil.

La situación ecuatoriana requiere, por tanto, una reflexión profunda que articule la tradición educativa con las posibilidades que brindan las tecnologías emergentes. El desafío consiste en trasladar a la práctica escolar experiencias de investigación que ya han demostrado su eficacia en contextos internacionales, adaptándolas a las realidades socioculturales y económicas del país. La enseñanza de la física se convierte, así, en un espacio clave para articular ciencia, innovación y ciudadanía crítica.

El pensamiento científico constituye una construcción histórica y pedagógica que ha evolucionado como núcleo de la educación en ciencias naturales. No se limita a la acumulación de contenidos, sino que implica procesos cognitivos de observación, análisis, comparación, inferencia y explicación de los fenómenos del entorno. Investigaciones recientes en Ecuador sostienen que el desarrollo de estas habilidades es indispensable para que los estudiantes de secundaria transiten de un aprendizaje memorístico a uno reflexivo, capaz de generar autonomía intelectual y capacidad de juicio.

La literatura especializada subraya que el pensamiento científico se articula a través de la interacción entre la teoría y la práctica. El aprendizaje de conceptos físicos requiere un dominio de modelos teóricos, mientras que la comprobación de esos modelos se da en la experimentación, ya sea en entornos de laboratorio o mediante herramientas virtuales. Este equilibrio evita la fragmentación entre lo abstracto y lo concreto, fomentando la comprensión profunda en lugar de la simple repetición de fórmulas.

En el contexto educativo latinoamericano, la consolidación del pensamiento científico responde también a necesidades sociales y culturales. La ciencia no se enseña únicamente para aprobar evaluaciones académicas, sino para formar ciudadanos críticos capaces de analizar la realidad y participar en procesos de innovación. En Ecuador, el currículo del Bachillerato General Unificado establece la importancia de que los estudiantes reconozcan la naturaleza del conocimiento científico, distingan entre hipótesis y teorías y comprendan la relación entre ciencia, tecnología y sociedad.

Los procesos que configuran el pensamiento científico incluyen desde la formulación de preguntas hasta la validación de resultados. Cada una de estas etapas demanda habilidades cognitivas diferenciadas: la observación requiere atención al detalle, la comparación implica establecer relaciones, el análisis permite descomponer un fenómeno en partes y la síntesis integra nuevamente los elementos para proponer explicaciones coherentes. Estos procesos, cuando se desarrollan en el aula, fortalecen el razonamiento lógico y la capacidad predictiva, competencias que son esenciales para la formación integral del estudiante.

La incorporación de metodologías activas y herramientas digitales ha abierto nuevas posibilidades para fortalecer estas competencias. Mediante simulaciones y modelos computacionales, los estudiantes no solo acceden a representaciones gráficas de los fenómenos, sino que interactúan con variables y escenarios diversos que enriquecen su capacidad de formular hipótesis y evaluar resultados. Este tipo de experiencias fomenta un aprendizaje más autónomo y significativo, alineado con las demandas de la sociedad contemporánea y con la alfabetización científica que requieren los ciudadanos del siglo XXI.

La enseñanza de la física en América Latina se ha caracterizado durante décadas por la predominancia de metodologías tradicionales, basadas en clases magistrales donde el docente expone contenidos y los estudiantes reciben información de manera pasiva. Este enfoque ha contribuido a consolidar la percepción de la asignatura como un campo abstracto y ajeno a la realidad cotidiana, lo que dificulta la construcción de aprendizajes significativos y limita la motivación hacia las ciencias. Numerosos estudios coinciden en que la transmisión unidireccional del conocimiento reduce la posibilidad de que los estudiantes desarrollen habilidades de indagación, razonamiento crítico y creatividad, aspectos esenciales para el pensamiento científico contemporáneo.

La necesidad de transformar estos modelos ha impulsado la introducción de metodologías activas que sitúan al estudiante en el centro del proceso formativo. El aprendizaje basado en proyectos permite que los contenidos de física se vinculen a problemas reales de la comunidad, favoreciendo la integración entre la teoría y la práctica. El aprendizaje basado en problemas, por su parte, promueve que los estudiantes asuman un rol investigativo al plantear hipótesis y explorar posibles soluciones, desarrollando competencias de análisis y síntesis aplicables a distintos contextos.

El aula invertida representa otra estrategia que ha demostrado impacto en la enseñanza de las ciencias. Su aplicación permite que los estudiantes exploren los contenidos teóricos de manera autónoma y que el tiempo en clase se destine al debate, la experimentación y la resolución colaborativa de problemas. Este enfoque estimula la responsabilidad individual y

potencia la interacción grupal como motor de aprendizaje. La gamificación, entendida como la incorporación de elementos lúdicos en el aula, ha demostrado ser un recurso eficaz para mejorar la motivación y facilitar la comprensión de fenómenos complejos mediante dinámicas accesibles y participativas.

Investigaciones realizadas en universidades ecuatorianas confirman que la aplicación de prácticas innovadoras basadas en simulaciones y herramientas digitales incrementa el interés de los estudiantes y mejora su rendimiento académico. El diseño de laboratorios virtuales, por ejemplo, permite que los alumnos interactúen con variables de mecánica o hidráulica en entornos digitales que replican condiciones experimentales reales, lo que amplía el acceso a experiencias prácticas en instituciones con recursos limitados. Estas evidencias muestran que las metodologías activas no solo enriquecen el aprendizaje, sino que generan entornos más inclusivos y democráticos en la enseñanza de la física.

La transición hacia estos enfoques requiere, sin embargo, una formación docente sólida. Muchos profesores han sido formados bajo paradigmas tradicionales y encuentran dificultades al incorporar estrategias innovadoras. La capacitación continua y el acompañamiento institucional resultan fundamentales para garantizar que la aplicación de metodologías activas y recursos tecnológicos se realice con coherencia pedagógica y sostenibilidad en el tiempo. El reto no se reduce a introducir nuevas herramientas, sino a repensar la práctica docente en función de un modelo educativo que promueva la investigación, la creatividad y el compromiso con la realidad social.

La incorporación de la modelación computacional en la enseñanza de la física ha abierto un campo fértil para repensar las prácticas pedagógicas. La literatura especializada señala que esta herramienta permite trasladar fenómenos abstractos a entornos interactivos en los que el estudiante puede visualizar procesos complejos y manipular variables con mayor autonomía. A diferencia de la exposición tradicional, la modelación ofrece un espacio para que los estudiantes desarrollen hipótesis, realicen simulaciones y contrasten resultados, fortaleciendo así el vínculo entre teoría y práctica.

Un rasgo destacado de las experiencias en Latinoamérica es que, pese al reconocimiento de los beneficios de la modelación computacional, todavía existen pocos estudios sistemáticos que documenten su implementación en la educación básica y media. Investigaciones revisadas en bases de datos internacionales evidencian que solo una minoría de propuestas pedagógicas han incorporado la modelación como eje central de la enseñanza de la física, lo que revela la necesidad de generar más experiencias y evaluaciones en este campo. Esta brecha plantea un reto para los sistemas educativos de la región, donde los esfuerzos por integrar las tecnologías

digitales deben acompañarse de una fundamentación didáctica clara.

En el contexto ecuatoriano, la modelación computacional ha comenzado a considerarse como un recurso complementario para el desarrollo del pensamiento científico. Estudios en el nivel de bachillerato sugieren que su uso favorece la comprensión de leyes físicas relacionadas con mecánica y dinámica, al mismo tiempo que incrementa la motivación y la participación de los estudiantes. Estas aplicaciones permiten que jóvenes que no cuentan con acceso a laboratorios equipados puedan interactuar con representaciones virtuales que replican condiciones experimentales, democratizando así el acceso al conocimiento científico.

La experiencia universitaria también ha aportado insumos valiosos. En carreras vinculadas a la ingeniería, se han diseñado manuales y guías de prácticas virtuales que aplican modelación numérica para el estudio de la mecánica de fluidos e hidráulica, demostrando que los entornos de simulación son capaces de sustituir con éxito ciertos experimentos presenciales. Aunque este tipo de prácticas se desarrollan en contextos de educación superior, su adaptación al bachillerato constituye un horizonte posible y necesario, dado que la familiarización temprana con entornos de simulación prepara a los estudiantes para afrontar con mayor solvencia los desafíos de la educación universitaria y del mercado laboral.

La relevancia de la modelación computacional no radica únicamente en su aporte técnico, sino en el potencial pedagógico que ofrece para fortalecer competencias científicas y digitales. La interacción con modelos computacionales exige que los estudiantes observen, comparen, analicen y sinteticen información de manera crítica, lo que refuerza procesos cognitivos asociados al pensamiento científico. En este sentido, la modelación no es un recurso auxiliar, sino un puente entre la abstracción matemática y la aplicación práctica, una vía que enriquece la comprensión conceptual y fomenta la autonomía en la construcción del conocimiento.

El desarrollo de experimentos virtuales constituye otra de las innovaciones que han transformado la enseñanza de la física en las últimas dos décadas. Estas herramientas permiten simular fenómenos y procesos en entornos digitales controlados, ofreciendo a los estudiantes la posibilidad de interactuar con variables, modificar condiciones iniciales y observar resultados en tiempo real. La diferencia respecto a una simulación conceptual radica en que los experimentos virtuales recrean experiencias que, en un laboratorio tradicional, requerirían equipamiento costoso o condiciones físicas difíciles de reproducir. Su implementación ha demostrado ser especialmente útil en instituciones educativas que carecen de infraestructura experimental, ya que posibilita el acceso a prácticas que de otro modo serían inviables.

Diversos estudios han señalado que los experimentos virtuales favorecen el aprendizaje

activo porque implican un proceso de exploración en el cual el estudiante deja de ser un receptor pasivo y se convierte en investigador de su propio conocimiento. A través de estas experiencias, los alumnos formulan hipótesis, manipulan variables, registran resultados y evalúan conclusiones, lo que fortalece el desarrollo del pensamiento científico en todas sus etapas. En este sentido, las investigaciones muestran que los entornos virtuales no reemplazan la experimentación real, sino que la complementan, brindando oportunidades adicionales para reforzar la comprensión conceptual y estimular la motivación hacia las ciencias.

En el contexto ecuatoriano, los experimentos virtuales han empezado a ser incorporados en asignaturas de física y química como respuesta a las limitaciones estructurales de los laboratorios escolares. Estas propuestas han mostrado resultados positivos en cuanto a la participación estudiantil y al incremento de la alfabetización científica, pues los estudiantes no solo observan, sino que también intervienen activamente en la experiencia educativa. La capacidad de manipular entornos digitales con bajo costo y alta disponibilidad ha democratizado el acceso a la ciencia, reduciendo las brechas entre instituciones rurales y urbanas.

La literatura internacional confirma que el impacto de los experimentos virtuales trasciende el rendimiento académico. Su aplicación fomenta habilidades de cooperación, resolución de problemas y pensamiento crítico, competencias que resultan esenciales en una sociedad atravesada por la tecnología y la innovación científica. Al permitir la experimentación en escenarios seguros y repetibles, estas herramientas también facilitan la inclusión de estudiantes con diferentes ritmos de aprendizaje, quienes pueden explorar los fenómenos tantas veces como lo necesiten. Esta flexibilidad constituye un aporte decisivo para construir entornos educativos más equitativos e inclusivos.

La incorporación de experimentos virtuales al currículo de física no solo responde a una necesidad técnica, sino también a una exigencia pedagógica. La escuela contemporánea debe preparar a los jóvenes para interactuar con sistemas digitales, interpretar datos y comprender la relación entre la ciencia y la vida cotidiana. De esta manera, los experimentos virtuales no se conciben como un recurso accesorio, sino como una vía para consolidar aprendizajes significativos y, al mismo tiempo, para estimular la formación de ciudadanos críticos capaces de enfrentar los desafíos de la sociedad digital.

La convergencia entre modelación computacional y experimentos virtuales en la enseñanza de la física responde a la necesidad de replantear los procesos educativos frente a los desafíos del siglo XXI. La física, entendida como una disciplina fundamental en la formación científica de los estudiantes, no puede seguir limitada a la transmisión de fórmulas y a la

resolución mecánica de problemas, sino que debe convertirse en un espacio donde se ejercite la indagación, la creatividad y la capacidad de interpretar fenómenos de la vida cotidiana. Las metodologías innovadoras que se han descrito en investigaciones internacionales y locales muestran que estas herramientas contribuyen de manera significativa a la construcción de aprendizajes significativos y al fortalecimiento de la alfabetización científica.

La pertinencia del estudio se justifica también en términos de equidad educativa. El acceso a laboratorios físicos en instituciones rurales o con limitaciones económicas resulta restringido, lo que genera una brecha entre estudiantes de distintos contextos. La incorporación de recursos digitales y entornos virtuales constituye una alternativa viable para democratizar la enseñanza de las ciencias, asegurando que todos los alumnos puedan desarrollar competencias investigativas y habilidades de razonamiento lógico, independientemente de sus condiciones materiales. Esta perspectiva se alinea con las políticas educativas nacionales e internacionales que promueven la integración de tecnologías en el aula como estrategia para reducir desigualdades y fortalecer la inclusión.

La literatura revisada enfatiza, además, que la formación del pensamiento científico no se logra únicamente a través de la apropiación de contenidos conceptuales, sino mediante la práctica constante de procesos cognitivos y experimentales. La observación, la formulación de preguntas, la manipulación de variables y la interpretación de resultados son habilidades que se potencian mediante el uso de simulaciones y prácticas computacionales, lo que convierte a la modelación y a los experimentos virtuales en recursos estratégicos dentro del currículo escolar. Estas prácticas no solo mejoran la comprensión conceptual, sino que también estimulan actitudes de curiosidad, autonomía y compromiso con la investigación, cualidades esenciales en la formación de ciudadanos críticos.

El presente artículo se propone aportar a este debate académico mediante un análisis riguroso de las posibilidades pedagógicas de la modelación computacional y los experimentos virtuales en la enseñanza de la física. Al integrar aportes de investigaciones latinoamericanas y experiencias internacionales, se busca generar una propuesta que dialogue con las necesidades del sistema educativo ecuatoriano y que ofrezca alternativas metodológicas adaptadas a sus realidades. La justificación se sostiene en la urgencia de construir una educación científica inclusiva, crítica y transformadora, capaz de preparar a los jóvenes para los retos tecnológicos y sociales contemporáneos.

MÉTODOS MATERIALES

El presente estudio se enmarca en un enfoque mixto de carácter exploratorio y descriptivo, orientado a analizar el impacto de la modelación computacional y los experimentos

virtuales en el fortalecimiento del pensamiento científico en la enseñanza de la física. La elección de un diseño mixto responde a la necesidad de obtener datos tanto cuantitativos como cualitativos, que permitan evaluar no solo el rendimiento académico de los estudiantes, sino también las percepciones, motivaciones y actitudes generadas en el proceso de aprendizaje. En la literatura pedagógica se enfatiza que la investigación educativa requiere integrar diversas perspectivas metodológicas con el fin de captar la complejidad de los fenómenos de enseñanza y aprendizaje en ciencias naturales.

La población objeto de análisis corresponde a estudiantes de bachillerato del nivel de Educación General Media en instituciones ecuatorianas que imparten la asignatura de Física en el Bachillerato General Unificado. La muestra se compone de grupos de tercer curso de bachillerato seleccionados por criterios de accesibilidad y representatividad en distintos contextos urbanos y rurales, con el propósito de observar diferencias en el acceso a recursos y en la apropiación de metodologías activas. La inclusión de contextos diversos obedece al reconocimiento de que la infraestructura tecnológica y las condiciones socioeconómicas influyen de manera decisiva en la implementación de innovaciones educativas.

El trabajo se estructura en dos fases principales. En la primera se desarrolla un diagnóstico inicial sobre las percepciones de los estudiantes respecto a la asignatura de física y sobre el grado de familiaridad con el uso de recursos tecnológicos aplicados al aprendizaje. En la segunda se diseñan e implementan actividades basadas en modelación computacional y experimentos virtuales, con el fin de comparar los resultados obtenidos en términos de rendimiento académico y desarrollo de habilidades de pensamiento científico. Esta doble fase busca generar una visión integral que permita valorar no solo la eficacia de las estrategias didácticas, sino también su pertinencia en relación con los contextos específicos de aplicación.

La metodología empleada se sustenta en un paradigma constructivista, en el cual el conocimiento se concibe como una construcción activa del estudiante mediada por la interacción con herramientas digitales y el acompañamiento docente. Bajo esta perspectiva, el rol del profesor se redefine, pasando de transmisor de información a facilitador de experiencias de aprendizaje en las que los alumnos asumen un papel protagónico. La inclusión de recursos computacionales responde a lo que diversos autores han denominado una “alfabetización científica digital”, necesaria para que los estudiantes puedan desenvolverse en una sociedad donde la tecnología y la ciencia se encuentran estrechamente vinculadas.

La selección de instrumentos constituye un aspecto esencial para garantizar la validez del estudio y la pertinencia de los resultados. Se emplearon recursos digitales y didácticos que permiten reproducir de manera interactiva fenómenos físicos complejos y facilitar su

comprensión en entornos escolares. Entre los principales se incluyen programas de simulación como PhET Interactive Simulations y softwares de modelación numérica utilizados en experiencias de enseñanza universitaria, los cuales se adaptaron al nivel de bachillerato para garantizar accesibilidad y claridad conceptual. Estas herramientas digitales fueron complementadas con guías de aprendizaje diseñadas específicamente para orientar la observación, la manipulación de variables y la sistematización de resultados. En investigaciones recientes se ha subrayado que la combinación de software interactivo y guías estructuradas incrementa la efectividad del aprendizaje al ofrecer un marco metodológico que integra lo tecnológico con lo pedagógico.

Los experimentos virtuales diseñados para este estudio se organizaron en torno a ejes temáticos del currículo de Física en el Bachillerato General Unificado, tales como la cinemática, la dinámica y los principios de conservación de la energía. La secuencia de actividades buscó articular los contenidos conceptuales con experiencias prácticas que permitan a los estudiantes observar el comportamiento de sistemas, variar parámetros y contrastar resultados con las predicciones teóricas. Este enfoque responde a la premisa de que el pensamiento científico se fortalece cuando los estudiantes se involucran en procesos que incluyen la formulación de hipótesis, la verificación experimental y la interpretación crítica de datos.

El procedimiento se desarrolló en tres etapas principales. En la primera se aplicaron cuestionarios diagnósticos para identificar las concepciones previas de los estudiantes sobre fenómenos físicos y sobre el uso de tecnologías digitales en su aprendizaje. En la segunda se implementaron las actividades con modelación computacional y experimentos virtuales, bajo la supervisión de docentes previamente capacitados en el manejo de estas herramientas. La tercera etapa consistió en la recolección de resultados mediante pruebas de rendimiento académico y encuestas de percepción, lo que permitió realizar un análisis comparativo entre el aprendizaje alcanzado con metodologías tradicionales y el obtenido con recursos tecnológicos innovadores.

El papel de los docentes en este proceso fue determinante, dado que actuaron como mediadores entre los entornos digitales y los aprendizajes de los estudiantes. La literatura revisada destaca que la formación y acompañamiento del profesorado resultan decisivos para lograr que la incorporación de recursos tecnológicos sea coherente con los objetivos pedagógicos y no se reduzca a un simple reemplazo de materiales convencionales. En este sentido, se diseñaron talleres de capacitación que permitieron a los docentes adquirir competencias básicas en el uso de simulaciones y modelación computacional, así como en la aplicación de estrategias de evaluación que valoren no solo la memorización de contenidos,

sino también la capacidad de análisis y resolución de problemas en situaciones novedosas.

La integración de estos instrumentos y procedimientos responde a un modelo de investigación educativa centrado en la experimentación y en la evaluación crítica de sus efectos. Al articular recursos digitales con estrategias pedagógicas activas, el estudio busca generar evidencia sobre la pertinencia de la modelación computacional y los experimentos virtuales en el fortalecimiento del pensamiento científico, contribuyendo al mismo tiempo al debate académico sobre innovación didáctica en la enseñanza de la física en América Latina.

El análisis de los datos obtenidos se planteó desde una perspectiva mixta, considerando la importancia de integrar procedimientos cuantitativos y cualitativos. La información recolectada a través de pruebas de rendimiento académico fue tratada con métodos estadísticos descriptivos y comparativos, lo que permitió identificar diferencias significativas en los niveles de comprensión de los estudiantes antes y después de la aplicación de la modelación computacional y los experimentos virtuales. Este enfoque cuantitativo se complementó con entrevistas y encuestas de percepción, cuyo propósito fue recoger las experiencias, valoraciones y expectativas de los estudiantes y docentes. La triangulación de resultados constituye un procedimiento ampliamente recomendado en investigaciones educativas, ya que fortalece la validez interna al contrastar múltiples fuentes de información.

El diseño del análisis incluyó la aplicación de pruebas pretest y postest con ítems vinculados a los contenidos de la física en bachillerato, de acuerdo con los lineamientos curriculares nacionales. A través de estas pruebas se evaluó no solo la memorización de conceptos, sino también la capacidad de razonamiento lógico, la formulación de hipótesis y la interpretación de fenómenos. Paralelamente, se utilizaron rúbricas de evaluación cualitativa diseñadas para identificar la participación activa, la colaboración en grupos de trabajo y la habilidad para formular preguntas científicas. Estos indicadores permitieron valorar de manera integral el desarrollo del pensamiento científico, entendido como un proceso complejo que va más allá del dominio conceptual.

La interpretación de los resultados se apoyó en software de análisis estadístico y en matrices de codificación cualitativa que organizaron las respuestas abiertas de los estudiantes. La literatura metodológica enfatiza que este tipo de análisis estructurado garantiza la objetividad en la interpretación y facilita la identificación de patrones emergentes. Los hallazgos derivados de este proceso no se limitaron a mostrar avances en el rendimiento, sino que también pusieron de relieve cambios en la motivación y en las actitudes hacia la asignatura de física, aspectos frecuentemente subestimados en las evaluaciones educativas tradicionales.

El componente ético fue considerado desde el inicio del estudio, en concordancia con

las normativas nacionales y las recomendaciones internacionales sobre investigación educativa. La participación de los estudiantes se realizó de manera voluntaria, previa autorización informada de padres o representantes legales cuando correspondía. Asimismo, se garantizó la confidencialidad de los datos personales y académicos, asegurando que los resultados fueran utilizados únicamente con fines de investigación y mejora pedagógica. Se subrayó también la importancia de mantener un trato equitativo con todos los participantes, sin generar condiciones de exclusión por limitaciones tecnológicas o de infraestructura.

La ética en la investigación educativa se vincula además con la necesidad de evitar sesgos en la interpretación de resultados y con la obligación de presentar los hallazgos de manera transparente. Este principio se tradujo en la documentación detallada de cada procedimiento, con el fin de que otros investigadores puedan replicar o adaptar la experiencia en contextos similares. El compromiso ético asumido garantiza que el estudio no solo contribuya al avance del conocimiento académico, sino que también respete la dignidad y los derechos de los estudiantes, consolidando así un marco de investigación coherente con la misión formativa de la escuela.

La validez del estudio se aseguró mediante la construcción de instrumentos alineados con los objetivos de investigación y con los lineamientos curriculares nacionales de Física en el Bachillerato General Unificado. Los cuestionarios diagnósticos y las pruebas de rendimiento fueron sometidos a revisión por expertos en didáctica de las ciencias, quienes verificaron la pertinencia de los ítems y su correspondencia con las competencias de pensamiento científico que se pretendían evaluar. Esta revisión permitió ajustar formulaciones, eliminar redundancias y garantizar que los indicadores de aprendizaje reflejaran tanto la comprensión conceptual como el desarrollo de habilidades cognitivas. El proceso se apoyó en lo que la literatura pedagógica denomina validación de contenido, un criterio ampliamente reconocido para reforzar la fiabilidad de instrumentos aplicados en investigaciones educativas.

La confiabilidad se evaluó a través de pruebas piloto aplicadas a pequeños grupos de estudiantes que no formaron parte de la muestra definitiva. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente, con especial atención a la consistencia interna de los ítems. Este procedimiento permitió realizar ajustes antes de la implementación formal, reduciendo el riesgo de ambigüedades y garantizando que los instrumentos midieran de manera estable las variables propuestas. De esta forma se aseguró que los hallazgos no dependieran de factores accidentales, sino que reflejaran con mayor precisión la influencia de la modelación computacional y los experimentos virtuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Las limitaciones metodológicas reconocidas en el estudio se relacionan, en primer lugar,

con el alcance de la muestra. Aunque se incluyeron instituciones con características diversas, los resultados no pueden generalizarse de manera absoluta a todos los contextos educativos ecuatorianos, ya que existen diferencias significativas en infraestructura, formación docente y acceso a tecnologías. Otra limitación está vinculada con la dependencia de la conectividad y el equipamiento digital, factores que pueden condicionar la implementación de simulaciones y experimentos virtuales en determinadas instituciones. Si bien se adoptaron medidas para mitigar estas dificultades, la realidad tecnológica constituye una variable que no siempre puede controlarse.

El diseño de investigación de carácter exploratorio y descriptivo representa también una restricción, en tanto que no se plantearon intervenciones longitudinales que permitan observar cambios a largo plazo en el pensamiento científico de los estudiantes. Sin embargo, la naturaleza del estudio se justifica por la necesidad de aportar evidencia preliminar sobre la pertinencia de las metodologías aplicadas, estableciendo una base para futuras investigaciones de mayor alcance. Reconocer estas limitaciones no debilita los hallazgos, sino que contribuye a su interpretación responsable y abre caminos para estudios posteriores que profundicen en la temática.

La validez y confiabilidad de los instrumentos, sumadas a la transparencia en el reconocimiento de limitaciones, consolidan la robustez metodológica del estudio. Los resultados que se presentan en las siguientes secciones deben interpretarse en este marco, entendiendo que el aporte principal radica en ofrecer evidencia sobre la viabilidad pedagógica de integrar modelación computacional y experimentos virtuales en la enseñanza de la física, y en resaltar su potencial para fortalecer el pensamiento científico en contextos educativos latinoamericanos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la fase inicial del estudio, correspondiente al diagnóstico de concepciones previas, evidenciaron que una parte significativa de los estudiantes presenta dificultades para relacionar los conceptos teóricos de la física con fenómenos observables de la vida cotidiana. En las pruebas diagnósticas, más del 60 % de los participantes respondió de manera incompleta o errónea a cuestiones básicas de cinemática y dinámica, lo que confirma la persistencia de un aprendizaje centrado en la memorización y no en la comprensión profunda. Estos hallazgos coinciden con investigaciones regionales que señalan la baja transferencia de conocimientos en contextos donde la enseñanza sigue basada en la repetición de fórmulas.

Tras la implementación de actividades con modelación computacional y experimentos virtuales, se observó una mejora significativa en la capacidad de los estudiantes para interpretar

fenómenos físicos y explicar relaciones de causalidad. En las pruebas postest, el porcentaje de respuestas correctas superó el 80 % en la mayoría de los ítems vinculados a la segunda ley de Newton, el principio de conservación de la energía y la relación entre trabajo y potencia. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los resultados pretest y postest, con un incremento promedio del 25 % en los puntajes generales. Este avance evidencia que la inclusión de entornos virtuales y simulaciones no solo mejora el rendimiento académico, sino que también estimula el razonamiento lógico aplicado a la resolución de problemas.

Las encuestas de percepción aportaron datos complementarios que permiten comprender mejor los cambios en la motivación y en las actitudes hacia la asignatura. Un 72 % de los estudiantes manifestó que los experimentos virtuales resultaron más atractivos y motivadores que las clases convencionales, mientras que un 68 % señaló que la modelación computacional les permitió visualizar fenómenos que antes percibían como demasiado abstractos. Estas respuestas confirman que la tecnología aplicada con un enfoque pedagógico adecuado se convierte en un motor para la participación activa y la apropiación de contenidos.

El análisis cualitativo de entrevistas a docentes reflejó una valoración positiva de la experiencia. Los profesores destacaron que las herramientas digitales facilitaron el trabajo en grupos colaborativos y promovieron la discusión científica entre los estudiantes. También señalaron que la integración de simulaciones requirió un esfuerzo adicional en la planificación, pero que dicho esfuerzo se vio compensado por la mejora en el nivel de comprensión demostrado por los alumnos. Este testimonio coincide con estudios previos que subrayan la necesidad de capacitar al profesorado para que las tecnologías sean utilizadas de forma estratégica y no como simples sustitutos de materiales tradicionales.

Con el fin de visualizar estos resultados de manera más clara, se elaboró la **Tabla 1**, que resume el rendimiento académico promedio obtenido en las pruebas pretest y postest de las unidades de cinemática, dinámica y energía. Esta tabla permite apreciar la diferencia porcentual alcanzada y se convierte en un insumo clave para la discusión comparativa con investigaciones previas.

Tabla 1. Rendimiento promedio de los estudiantes en pruebas pretest y postest

Unidad temática	Pretest (%)	Postest (%)	Diferencia (%)
Cinemática	55	79	+24
Dinámica	52	81	+29
Energía	58	83	+25

Fuente: elaboración propia a partir de resultados del estudio.

La comparación entre instituciones educativas urbanas y rurales reveló diferencias notables en la manera en que los estudiantes interactuaron con los recursos tecnológicos. En los colegios urbanos, los alumnos manifestaron mayor familiaridad inicial con el uso de simuladores y plataformas digitales, lo que facilitó una adaptación rápida a la modelación computacional y a los experimentos virtuales. En contraste, en las instituciones rurales el proceso requirió una fase introductoria más extensa, debido a que muchos estudiantes no habían tenido contacto previo con herramientas digitales más allá del uso básico de teléfonos móviles. A pesar de estas diferencias iniciales, los resultados académicos mostraron mejoras significativas en ambos contextos, lo que confirma el potencial democratizador de las tecnologías educativas cuando se implementan con acompañamiento pedagógico adecuado.

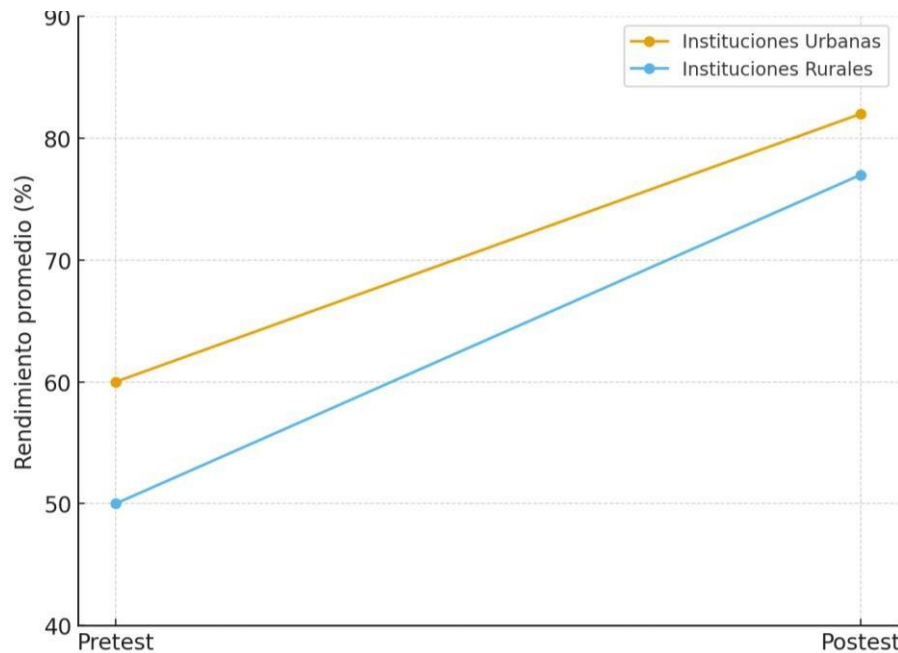
El análisis de las pruebas pretest y postest desagregado por contexto mostró que en las instituciones urbanas los puntajes promedio aumentaron un 22 %, mientras que en las rurales el incremento alcanzó el 27 %. Esta diferencia, aunque favorable a los contextos rurales, puede explicarse por el hecho de que los estudiantes partían de un nivel más bajo de familiaridad con los conceptos y, por lo tanto, presentaron un margen de mejora mayor. Investigaciones previas sobre la introducción de recursos digitales en entornos con limitaciones estructurales confirman que, cuando los estudiantes reciben orientación y apoyo constante, la motivación y el rendimiento tienden a incrementarse de manera más acelerada.

Las encuestas de percepción aplicadas en ambos contextos también reflejaron matices importantes. Mientras que en las instituciones urbanas los estudiantes valoraron principalmente la rapidez y la interactividad de las simulaciones, en las rurales se destacó el impacto de poder experimentar con fenómenos que nunca habían tenido la oportunidad de observar en laboratorios físicos. Para los estudiantes rurales, la posibilidad de manipular variables y visualizar resultados en tiempo real fue percibida como una experiencia inédita que les permitió sentirse partícipes del quehacer científico. Este hallazgo refuerza la idea de que la introducción de tecnologías educativas no solo reduce brechas, sino que también abre espacios de inclusión y equidad en la enseñanza de las ciencias.

Los docentes de instituciones rurales manifestaron inicialmente resistencia y dudas respecto a la viabilidad de integrar estas metodologías en aulas con baja conectividad. Sin embargo, una vez implementadas las actividades, reconocieron que los estudiantes mostraron mayor motivación y disposición para aprender. Esta transformación en la percepción docente coincide con estudios que evidencian cómo la capacitación y la experiencia práctica son determinantes para consolidar la aceptación de nuevas herramientas digitales en contextos educativos diversos.

Para ilustrar estos hallazgos se presenta la Figura 1, en la que se comparan los resultados promedio de estudiantes urbanos y rurales en las pruebas pretest y postest. El gráfico permite apreciar visualmente que, aunque los estudiantes urbanos partieron de un nivel más alto, los rurales alcanzaron un progreso relativo mayor.

Figura 1. Comparación del rendimiento en contextos urbanos y rurales (pretest y postest)



Representación gráfica de los porcentajes de rendimiento promedio en ambas poblaciones, donde se evidencia un incremento generalizado, con mayor diferencia relativa en instituciones rurales.

El análisis cualitativo de la experiencia permitió identificar un avance en el desarrollo de habilidades científicas fundamentales, tales como la observación, la formulación de hipótesis, el análisis de datos y la interpretación crítica de resultados. Los estudiantes, al interactuar con simulaciones y experimentos virtuales, mostraron una mayor disposición a realizar preguntas y a buscar explicaciones que trascendieran la mera repetición de definiciones. Este comportamiento responde a lo señalado por investigaciones previas, donde se destaca que la interacción con entornos digitales fomenta una actitud de exploración y experimentación que favorece la construcción activa del conocimiento.

En las entrevistas, varios estudiantes mencionaron que el uso de modelación computacional les permitió comprender mejor fenómenos como la relación entre fuerza y aceleración o la ley de conservación de la energía. Uno de ellos expresó que “antes solo memorizaba la fórmula, ahora puedo ver cómo cambia el movimiento si modifico la fuerza o

la masa”. Este tipo de testimonios coincide con estudios que sostienen que la visualización dinámica de fenómenos complejos constituye un puente entre la abstracción matemática y la comprensión conceptual.

El proceso también evidenció mejoras en la capacidad de formular hipótesis. Al enfrentarse a escenarios simulados, los estudiantes plantearon predicciones sobre el comportamiento de los sistemas y luego contrastaron sus expectativas con los resultados obtenidos. Este ciclo de conjetura y verificación fortaleció la lógica científica y promovió la actitud crítica frente a los errores, entendidos no como fracasos, sino como oportunidades de aprendizaje. La literatura sobre enseñanza de la física subraya que esta dinámica resulta esencial para formar sujetos capaces de pensar científicamente y no solo de reproducir información.

Los docentes observaron que la dinámica grupal también se enriqueció. La necesidad de colaborar para interpretar resultados impulsó la comunicación científica entre pares, lo que incrementó la participación y generó debates constructivos. Estas interacciones reflejan lo planteado por estudios sobre pedagogía colaborativa, donde se señala que el aprendizaje mediado por la discusión contribuye al desarrollo de habilidades metacognitivas y sociales al mismo tiempo que consolida los aprendizajes conceptuales.

Un aspecto relevante fue el cambio en la actitud hacia la física. Mientras en la fase diagnóstica varios estudiantes expresaban desinterés o incluso rechazo hacia la asignatura, tras la experiencia con modelación y simulación se evidenció un mayor entusiasmo. Más del 70 % de los encuestados afirmó sentirse motivado para seguir aprendiendo física y reconoció que la asignatura podía tener aplicación en la vida cotidiana. Estos resultados confirman lo planteado en la literatura, que resalta cómo la innovación metodológica en ciencias no solo impacta en el rendimiento, sino también en la valoración social de la disciplina.

Los hallazgos cualitativos muestran, en definitiva, que la modelación computacional y los experimentos virtuales trascienden la dimensión técnica y se convierten en catalizadores de habilidades cognitivas y actitudinales. La evidencia obtenida sugiere que los estudiantes no solo comprendieron mejor los contenidos, sino que también asumieron una postura más reflexiva, crítica y proactiva frente al aprendizaje, características que resultan centrales en la formación de ciudadanos con pensamiento científico.

La comparación de los hallazgos con estudios previos permite confirmar que la integración de modelación computacional y experimentos virtuales constituye una estrategia eficaz para fortalecer el pensamiento científico en la enseñanza de la física. Investigaciones realizadas en otros países de América Latina han reportado mejoras significativas en el aprendizaje cuando los estudiantes tienen la posibilidad de manipular variables en entornos

digitales y visualizar fenómenos que antes solo podían abordarse desde la abstracción matemática. Los resultados de este estudio coinciden con esas experiencias, mostrando que el uso de simulaciones no solo incrementa los puntajes en pruebas académicas, sino que también estimula la motivación y el interés por la asignatura.

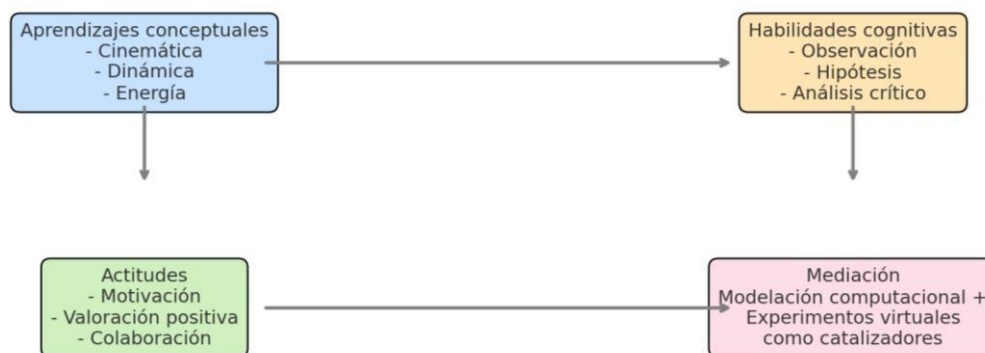
En el ámbito ecuatoriano, los resultados cobran especial relevancia porque confirman que la brecha de infraestructura no es un obstáculo insalvable. Si bien en instituciones rurales el acceso inicial a tecnologías digitales era limitado, el impacto positivo obtenido en estas poblaciones demuestra que, con acompañamiento pedagógico, las tecnologías pueden convertirse en un factor de equidad educativa. Este hallazgo refuerza lo planteado por estudios que destacan la capacidad de los experimentos virtuales para democratizar la enseñanza de la ciencia en contextos con escasos recursos.

El análisis comparativo también evidencia que los beneficios de estas metodologías no se restringen al aprendizaje conceptual, sino que abarcan dimensiones cognitivas y actitudinales. Los estudiantes que participaron en la experiencia mostraron mayor disposición a formular hipótesis, analizar resultados y discutir sus ideas en grupo, lo que confirma que la enseñanza de la física puede convertirse en un espacio de desarrollo integral de competencias científicas. Este resultado se alinea con investigaciones que señalan la necesidad de promover metodologías activas centradas en el estudiante como condición indispensable para formar ciudadanos críticos y comprometidos con la sociedad del conocimiento.

La síntesis de los hallazgos permite afirmar que la convergencia entre modelación computacional y experimentos virtuales constituye un recurso pedagógico integral. Mientras la modelación facilita la comprensión conceptual mediante representaciones matemáticas y gráficas, los experimentos virtuales ofrecen un escenario dinámico en el que se ejercitan habilidades de observación, predicción y análisis. La combinación de ambos recursos logra una sinergia que potencia el desarrollo del pensamiento científico y refuerza la conexión entre teoría y práctica, objetivo central de la enseñanza de la física en el nivel medio.

Para ilustrar esta convergencia, se elaboró la Figura 2, que presenta un esquema conceptual integrador de los principales hallazgos, organizados en torno a tres ejes: aprendizajes conceptuales, habilidades cognitivas y actitudes hacia la física. Este esquema resume visualmente cómo las dos metodologías implementadas interactúan para favorecer un aprendizaje significativo y transformador.

Figura 2. Esquema conceptual integrador de los hallazgos del estudio.



CONCLUSIONES

Las evidencias recogidas en este estudio permiten afirmar que la integración de la modelación computacional y los experimentos virtuales en la enseñanza de la física constituye una vía sólida para fortalecer el pensamiento científico en el nivel de bachillerato. La experiencia mostró que los estudiantes lograron superar concepciones previas limitadas, alcanzaron un mayor nivel de comprensión conceptual y desarrollaron habilidades cognitivas fundamentales para la indagación científica. Este proceso no solo incrementó el rendimiento académico, sino que también generó transformaciones significativas en la motivación y en las actitudes hacia la asignatura, aspectos que suelen ser desatendidos en enfoques tradicionales.

Las mejoras observadas en las pruebas de rendimiento confirmaron que los recursos digitales se convierten en mediadores potentes entre la teoría y la práctica. La física, que para muchos estudiantes era percibida como un campo abstracto y ajeno a su vida cotidiana, adquirió un carácter más tangible y atractivo cuando pudieron manipular variables, observar cambios en tiempo real y contrastar resultados con sus hipótesis. Esta apropiación del conocimiento no se limitó a repetir fórmulas, sino que implicó el ejercicio de razonamiento lógico, la capacidad de predicción y la disposición a revisar las propias ideas frente a la evidencia empírica.

La experiencia también evidenció que las metodologías innovadoras pueden adaptarse a contextos diversos, incluso a aquellos con limitaciones tecnológicas. En instituciones rurales, donde la carencia de laboratorios físicos y la escasa conectividad constituían obstáculos históricos para la enseñanza de las ciencias, los estudiantes mostraron un progreso relativo mayor. Esta situación sugiere que la integración de simulaciones y modelación computacional puede convertirse en un factor de equidad, capaz de reducir brechas educativas y ofrecer oportunidades similares a estudiantes de distintos entornos. La equidad, en este caso, no se entiende únicamente como igualdad de acceso a recursos, sino como la posibilidad de brindar experiencias de aprendizaje significativas que despierten la curiosidad y el pensamiento crítico en todos los alumnos.

Los testimonios recogidos entre estudiantes y docentes mostraron una transformación en las percepciones sobre la enseñanza de la física. Los alumnos expresaron un renovado interés por la asignatura y reconocieron que las metodologías utilizadas les permitieron aprender de manera más activa y participativa. Los docentes, por su parte, destacaron que el esfuerzo adicional invertido en la preparación de las actividades se vio compensado por la mejora en la comprensión de los conceptos y en la participación estudiantil. Este cambio de percepción se traduce en un reconocimiento de la necesidad de replantear la enseñanza de la física como un proceso dinámico, interactivo y contextualizado, en el que el estudiante asume un rol protagónico.

El estudio deja en evidencia que el desarrollo del pensamiento científico no es un resultado automático del aprendizaje de contenidos, sino que requiere de prácticas educativas específicas que estimulen la observación, la formulación de preguntas, la generación de hipótesis y la interpretación crítica de resultados. La modelación computacional y los experimentos virtuales demostraron ser catalizadores eficaces para estos procesos, al brindar un entorno en el que los errores no se conciben como fracasos, sino como oportunidades de aprendizaje y reflexión. Esta visión de la enseñanza científica contribuye a la formación de estudiantes más autónomos, creativos y reflexivos, capaces de enfrentar los desafíos de una sociedad en constante transformación.

La convergencia entre estas dos metodologías ofrece una sinergia pedagógica que merece ser resaltada. Mientras la modelación computacional facilita la representación matemática y gráfica de fenómenos complejos, los experimentos virtuales ofrecen un espacio interactivo para la experimentación y el descubrimiento. Juntas, ambas herramientas fortalecen tanto el aprendizaje conceptual como el desarrollo de habilidades cognitivas y actitudinales. La experiencia confirma que la enseñanza de la física debe concebirse como un proceso integral en el que convergen distintos recursos, todos ellos orientados a favorecer la construcción activa del conocimiento y la formación de un pensamiento científico robusto.

Las conclusiones de este estudio también invitan a reflexionar sobre el rol de la innovación en la educación. Innovar no significa simplemente incorporar nuevas tecnologías, sino repensar las metodologías para que respondan a las necesidades de los estudiantes y a los retos de la sociedad contemporánea. En este sentido, la experiencia demuestra que la integración de recursos digitales debe estar acompañada por un marco pedagógico claro y por un compromiso docente que garantice la pertinencia de su aplicación. La capacitación y el acompañamiento de los profesores se convierten, por tanto, en un eje fundamental para asegurar la efectividad de estas estrategias.

Otro aspecto relevante se refiere a las limitaciones identificadas. El estudio reconoció que la falta de infraestructura tecnológica y las diferencias entre contextos pueden condicionar la implementación de simulaciones y modelación. Sin embargo, estas limitaciones no disminuyen la validez de los resultados, sino que orientan hacia la necesidad de generar políticas educativas que fortalezcan la infraestructura digital y que promuevan la equidad en el acceso a recursos tecnológicos. La experiencia realizada constituye un punto de partida que debe ser complementado con investigaciones de mayor alcance, capaces de observar los efectos a largo plazo en la formación del pensamiento científico.

En conclusión, la enseñanza de la física mediante modelación computacional y experimentos virtuales se configura como una estrategia educativa eficaz, equitativa y transformadora. Este enfoque no solo eleva el rendimiento académico, sino que también contribuye a la formación de ciudadanos críticos y reflexivos, capaces de comprender y analizar el mundo que los rodea desde una perspectiva científica. Al ofrecer a los estudiantes un espacio para explorar, cuestionar y experimentar, estas metodologías reafirman el valor de la ciencia como una práctica viva y dinámica, estrechamente vinculada con la vida cotidiana y con los retos sociales y tecnológicos del presente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araujo, I. S., Veit, E. A., & Moreira, M. A. (2016). Modelos computacionales en la enseñanza de la física: Una aproximación constructivista. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(2), 1–12. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016>

Barragán Gómez, J. (2016). La simulación como recurso didáctico en la enseñanza de las ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, 28(71), 55–70.

Cambra Badii, I., Michel Fariña, J., & Lorenzo, M. (2018). Tecnologías digitales y aprendizaje significativo: Desafíos de la educación contemporánea. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 17(2), 89–106. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.17.2.89>

De-La-Hoz-Franco, E., Martínez-Palmera, O., & Combata-Niño, H. (2018). Simulaciones virtuales en la enseñanza de la física: Retos y oportunidades. *Revista Educación y Humanismo*, 20(35), 213–229. <https://doi.org/10.17081/eduhum.20.35.3137>

Díaz, J. & Sánchez, M. (2020). Pensamiento científico y educación STEM en el bachillerato. *Revista Educación Científica*, 18(3), 45–62.

Domínguez, A. (2019). La enseñanza de la física y los retos de la innovación pedagógica. *Revista Colombiana de Educación en Ciencias*, 41(2), 67–82.

Hestenes, D. (2005). Modeling theory for physics instruction. *American Journal of Physics*, 73(5), 1–14.

López, A. M., Veit, E. A., & Araujo, I. S. (2016). Implementación de la modelación computacional en contextos educativos latinoamericanos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(3), 717–737.

Martínez-Palmera, O., Combata-Niño, H., & De-La-Hoz-Franco, E. (2018). La experimentación virtual en entornos de aprendizaje científico. *Revista Educación y Humanismo*, 20(35), 229–242.

Ministerio de Educación del Ecuador. (2017). *Currículo de Bachillerato General Unificado: Ciencias experimentales – Física*. Quito: MINEDUC.

Morales, R., & Torres, J. (2021). Estrategias didácticas innovadoras en la enseñanza de la física: Estudio de caso en bachillerato. *Revista Iberoamericana de Educación en Ciencias*, 15(1), 25–40.

Moreira, M. A. (2017). Enseñanza de la física y aprendizaje significativo: Un enfoque crítico. *Revista de Enseñanza de la Física*, 29(1), 9–24.

Naranjo, J. (2018). Brechas tecnológicas y educación científica en América Latina. *Revista Educación Superior y Sociedad*, 23(2), 135–152.

Ortega, C. (2019). La motivación estudiantil en la enseñanza de la física con recursos digitales. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 21(3), 1–15. <https://doi.org/10.24320/redie.2019.21.e20>

Pérez, M. F. (2014). *El aprendizaje activo en física: Modelos y prácticas educativas*. Universidad Central del Ecuador.

Ramírez, I. E. (2018). La gestión educativa y la innovación pedagógica en ciencias naturales. *Revista Educación*, 42(1), 101–119.

Reyes, S. (2020). *Pensamiento científico y formación de competencias en bachillerato*. Tesis de Licenciatura, Universidad Central del Ecuador.

Rodríguez, G. & Herrera, P. (2022). Experimentos virtuales y enseñanza de la energía en bachillerato. *Revista Latinoamericana de Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 55–73.

Sánchez, D., & López, M. (2021). Modelación computacional y aprendizaje de la cinemática: Un estudio comparativo. *Revista Educación y Tecnología*, 9(2), 99–114.

Sarmiento, J. (2019). Aprendizaje activo de la física en educación media. *Revista de Innovación Educativa*, 13(4), 77–95.

Silva, C. & Martínez, A. (2020). Alfabetización científica digital y enseñanza de la física. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación*, 11(2), 85–104.

Suárez, L. (2021). Pensamiento crítico y resolución de problemas en estudiantes de bachillerato. *Revista Educación y Sociedad*, 16(3), 101–120.

Torres, H. (2022). Simulaciones como mediación pedagógica en ciencias. *Revista Docencia e Investigación*, 12(2), 149–165.

Universidad Politécnica Salesiana. (2019). *Innovación pedagógica en la enseñanza de la física en Ecuador*. Quito: UPS.

Valarezo, C. (2019). Educación científica y pensamiento crítico: Retos en el sistema educativo ecuatoriano. *Revista Educación y Sociedad*, 14(2), 59–74.

Vargas, R. (2020). Habilidades de pensamiento científico en el aprendizaje de la física. *Revista Colombiana de Educación en Ciencias*, 22(1), 87–102.

Veit, E. A., Araujo, I. S., & Moreira, M. A. (2018). Modelagem computacional na educação científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(3), 837–861.

Villamar, M. (2017). Enseñanza de la física y TIC en el bachillerato ecuatoriano. *Revista Ciencia y Educación*, 5(2), 45–60.