



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Evaluación del Simulador PhET ® como Herramienta STEM para el Desarrollo de Habilidades Científicas en Educación Media (2025).

Este proyecto aporta al desarrollo de habilidades científicas desde la investigación y la exploración con medios virtuales. Este proyecto es innovador porque evalúa de manera didáctica la aplicación del simulador PhET Colorado como una herramienta para el desarrollo de habilidades científicas.

Camilo Andrés Caicedo¹

Myriam Lorena Farfán Alfonso²

Cesar Camilo Mastrodoménico³

Universidad Santo Tomás de Aquino

Educación STEM para el Desarrollo Social

2025

¹ camilocaicedoa@usantotomas.edu.co ORCID: 0009-0000-0369-5918

² myriamfarfan@usantotomas.edu.co

Cvlac: <https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/EnRecursoHumano/visible.do?actVisi=si>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6651-9773>

³ cesarmastrodomenico@usantotomas.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0804-848X>



Resumen

Esta investigación evalúa el simulador PhET como herramienta para el desarrollo de habilidades científicas en estudiantes de educación media, desde el enfoque STEM, que integra la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. La propuesta busca enriquecer el aprendizaje de las ciencias naturales mediante simulaciones interactivas que fomenten el interés, la comprensión interdisciplinaria y el uso significativo de recursos tecnológicos.

Se implementó un estudio mixto, con un enfoque cuantitativo y cualitativo, a través de un diseño cuasi- experimental que incluyó un grupo control y uno experimental para ello, se desarrolló un instrumento de evaluación que integró criterios didácticos, pedagógicos y técnicos, para analizar el impacto del simulador en el desarrollo de habilidades científicas.

La estrategia didáctica se diseñó a partir de una caracterización psicoeducativa para el grupo experimental, mientras el grupo control siguió con la metodología tradicional. La recolección de datos se llevó a cabo mediante cuestionarios aplicados antes y después de la intervención, analizándose los resultados a través de la prueba U de Mann Whitney y el uso de herramientas como MATLAB y NVivo

Los resultados evidencian un impacto positivo y significativo en el rendimiento académico específicamente en el grupo experimental, con mejoras notables en la comprensión de conceptos como el efecto invernadero y el cambio climático. Este estudio confirma que la incorporación de simulaciones interactivas, enmarcadas en el enfoque STEM fortalecen el aprendizaje significativo, motivador e interdisciplinario, reconociendo el simulador PhET como una herramienta pedagógica valiosa para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales en educación media.

Palabras clave: Simulador PhET, STEM, habilidades científicas, efecto invernadero, cambio climático.



Abstract

This research evaluates the PhET simulator as a tool for the development of scientific skills in secondary education students, from the STEM approach, which integrates science, technology, engineering, and mathematics. The proposal seeks to enrich the learning of natural sciences through interactive simulations that foster interest, interdisciplinary understanding, and the meaningful use of technological resources.

A mixed study was implemented, with a quantitative and qualitative approach, through a quasi-experimental design that included a control group and an experimental group. For this purpose, an evaluation instrument was developed that integrated didactic, pedagogical, and technical criteria to analyze the impact of the simulator on the development of scientific skills.

The didactic strategy was designed based on a psychoeducational characterization for the experimental group, while the control group followed the traditional methodology. Data collection was conducted through questionnaires applied before and after the intervention, with the results analyzed using the Mann-Whitney U test and tools such as MATLAB and NVivo.

The results show a positive and significant impact on academic performance, specifically in the experimental group, with notable improvements in the understanding of concepts such as the greenhouse effect and climate change. This study confirms that the incorporation of interactive simulations, framed within the STEM approach, strengthens meaningful, motivating, and interdisciplinary learning, recognizing the PhET simulator as a valuable pedagogical tool for the teaching and learning of natural sciences in secondary education.

Key words: PhET simulator, STEM, scientific skills, greenhouse effect and climate change



Introducción

En el siglo XXI la educación enfrenta grandes desafíos en diversos campos de estudio como las ciencias, la ingeniería, la tecnología y las matemáticas (STEM). Estos procesos impactan de forma negativa, en algunos casos los procesos de enseñanza y aprendizaje de cada una de estas disciplinas, lo cual, se ve reflejado en la formación de los estudiantes quienes no solo deben retener los componentes teóricos, sino también ser capaces de poder desarrollar a partir de estos conceptos, las competencias necesarias para enfrentarse a situaciones problema. En este sentido, el simulador PhET, desarrollado por la universidad de Colorado Boulder, se presenta como un RED (recurso educativo digital), el cual, mediante simulaciones interactivas puede incentivar el aprendizaje activo y significativo de los estudiantes, permitiendo explorar de una manera visual y manipulable fenómenos científicos. Lo anterior facilita la comprensión de conceptos complejos al mismo tiempo que se desarrollan competencias durante el proceso. (Gutiérrez et al., 2006).

El enfoque STEM promueve la integración de las disciplinas para aplicar conceptos en un contexto real, el simulador PhET se ajusta a estas necesidades, ofrece simular escenarios que se pueden estudiar desde el campo de las ciencias y que permite a los educadores adaptar estas herramientas a diversas áreas del currículo. Los estudiantes pueden manipular variables y observar los resultados en tiempo real, permitiendo un aprendizaje basado en la indagación y el descubrimiento (Hernández, et.al. 2017). Esta metodología favorece la comprensión de temas complejos, fortalece habilidades fundamentales como el pensamiento científico y la resolución de problemas.

Además, PhET en el aula contribuye en la generación de un entorno inclusivo, en el que, los estudiantes participan de forma dinámica en su proceso de aprendizaje. Las simulaciones están diseñadas para ser intuitivas y accesibles, permitiendo explorar estilos de aprendizaje, interactuando con contenidos



científicos de manera más efectiva. Esto responde a la necesidad de adaptar un enfoque inclusivo, cerrar las brechas educativas y fomentar la equidad que se propone desde la educación STEM. (Botero, 2018).

La transformación digital, ha generado impactos de manera significativa en los procesos educativos, exigiendo a las instituciones y a los docentes incorporar nuevas metodologías de enseñanza y herramientas tecnológicas, adecuadas a las necesidades actuales sociales, cada vez más interconectadas y basadas en el conocimiento, por lo tanto, se presenta como alternativa innovadora una propuesta de integración de saberes y de desarrollo de competencias para la vida, preparando los estudiantes para enfrentar los retos actuales. En este sentido, los simuladores como PhET, responde a la necesidad de crear ambientes de aprendizaje más dinámicos, inclusivos y orientados a la resolución de desafíos reales, donde los estudiantes puedan experimentar, indagar y construir sus conocimientos a partir de la manipulación y la observación de los fenómenos científicos.

Es importante mencionar que implementar simulaciones en el proceso de aprendizaje de las ciencias naturales, favorece la comprensión de conceptos abstractos, permite visualizar fenómenos y experimentar en el aula a partir de recursos tecnológicos. Estas herramientas potencian el aprendizaje activo y colaborativo, al permitir que los estudiantes interactúen y modifiquen variables por medio de las observaciones de los resultados en tiempo real, despertando la curiosidad y fomentando la creatividad en un entorno virtual. De esta manera, la integración de los simuladores en el currículo escolar mejora el rendimiento académico e incrementa la motivación e interés por el aprendizaje, en especial en contextos donde existe el acceso limitado a los laboratorios físicos.

Por otra parte, la educación en ciencias naturales en el nivel bachillerato y media es un desafío para superar las metodologías tradicionales centradas en la memorización y la transmisión unidireccional del conocimiento (Rodríguez- García, et al., 2024). En este sentido, el enfoque STEM, junto con el uso de simuladores permite la demostración y el desarrollo de habilidades científicas que exige la sociedad



actual, representando una oportunidad para transformar la práctica pedagógica y promover la enseñanza significativa contextualizada y orientada a la solución de problemas. Así, se posibilita la experimentación con fenómenos complejos como el Efecto Invernadero (EI) mediante simulaciones interactivas, a través de las cuales, los estudiantes comprenden la relación de las ciencias con la vida cotidiana y toman decisiones sobre el impacto que estas tienen en su entorno.

Así mismo, las herramientas tecnológicas en el aula contribuyen a la creación de entornos más inclusivos, en donde se reconocen los valores, estilos y ritmos de aprendizaje de cada estudiante. Las simulaciones PhET, al ser intuitivas y accesibles facilitan, la participación de los estudiantes independientemente de sus habilidades previas o de sus condiciones socioeconómicas, ayudando a cerrar brechas educativas y promover la equidad. En este contexto, es fundamental acceder a los recursos educativos y tecnológicos que impulsen la innovación pedagógica, como un componente clave que garantiza la educación de calidad para todos.

En este caso particular, la institución educativa Juan mejía Gómez ofrece un espacio de interacción con el simulador PhET en el área de ciencias naturales, como respuesta a la necesidad de reforzar las habilidades científicas en estudiantes de educación media. Este entorno brinda oportunidades para explorar, indagar y experimentar en entornos seguros y controlados. Por ello la presente investigación propone evaluar didácticamente el impacto de la herramienta para el desarrollo de las habilidades científicas, considerando aspectos pedagógicos, técnicos y didácticos. Para ello, se diseñó una estrategia metodológica que incluyó la aplicación de instrumentos de evaluación y la comparación entre un grupo experimental y un grupo control.

El análisis de los resultados obtenidos se realizó mediante diferentes técnicas cualitativas y cuantitativas. Los hallazgos obtenidos evidencian que el uso del simulador PhET no solo mejora la comprensión de los conceptos científicos, sino que también contribuye al desarrollo de habilidades como



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

la observación, la experimentación, la formulación de hipótesis y la interpretación de conceptos en el entorno. Asimismo, se evidencio un aumento en la motivación de los estudiantes por el aprendizaje de las ciencias naturales, también una mayor disposición en el trabajo colaborativo y a la resolución de problemas en situaciones reales.

Incluir las simulaciones virtuales en el currículo escolar representa una gran oportunidad para innovar en el proceso de enseñanza de las ciencias naturales, mediante el fortalecimiento de las habilidades científicas y competencias transversales desde una perspectiva STEM. Esta investigación aporta evidencia sobre la efectividad de las herramientas digitales en contextos educativos reales, y destaca la importancia de seguir promoviendo el uso de recursos tecnológicos que permitan a los estudiantes vivir experiencias de aprendizaje significativo desde un enfoque integral.



Justificación

El fortalecimiento de las habilidades en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas basadas en el enfoque STEM, se ha convertido en una propuesta que para el mercado laboral actual encuentra una necesidad de transformar métodos educativos tradicionales. Aunque, se han realizado esfuerzos por modernizar la enseñanza, muchos estudiantes aún enfrentan dificultades para conectar conceptos teóricos con aplicaciones prácticas. En este contexto, el simulador PhET se presenta como una herramienta esencial que no solo facilita la comprensión de los conceptos científicos, sino que también estimula el interés y la motivación de los estudiantes hacia las disciplinas STEM.

El uso de las simulaciones interactivas permite a los estudiantes explorar fenómenos complejos en entornos seguros y controlados. Estas experiencias resultan fundamentales en el desarrollo de habilidades científicas, ya que posibilitan la experimentación virtual, la manipulación de variables y la observación inmediata de resultados (Elfeky et al., 2024). Esta forma de aprendizaje activo es particularmente más efectiva, pues favorece el entendimiento profundo y duradero de los contenidos científicos, superando las limitaciones de los métodos más tradicionales basados en la memorización. A partir de esta premisa, se plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo evaluar didácticamente la aplicación del simulador PhET Colorado como herramienta para el desarrollo de habilidades científicas en estudiantes de grado 11, desde el enfoque STEM?

La interacción con las herramientas tecnológicas impulsa el desarrollo de habilidades que van más allá del proceso de conceptualización, al permitir que los estudiantes utilicen recursos y realicen actividades que les ayuden a apropiarse los saberes y llevarlos a la realidad más cercana. Este proceso también implica una reconfiguración de las acciones virtuales y su aplicación en situaciones cotidianas.



El enfoque STEM promueve un sistema inclusivo, que con el uso del simulador se convierte en una herramienta digital capaz de facilitar su implementación dentro del aula, ya que las simulaciones son adaptables y aportan a los estudiantes muchas habilidades y distintos estilos de aprendizaje, promoviendo de esta manera un ambiente equitativo. (Botero, 2018). La capacidad que tiene este recurso para atender a un amplio espectro de los estudiantes es bastante relevante, debido a que en los contextos educativos de esta época existe una gran diversidad. Asimismo, el uso de las simulaciones interactivas que proporciona PhET demuestran un gran mejoramiento académico, fortalecen el aprendizaje colaborativo y fomentan una cultura de participación de todos.

Por lo tanto, este proyecto busca evaluar de manera didáctica el uso del simulador PhET, dentro del desarrollo de habilidades científicas y ofrecer un marco práctico para su integración en el currículo educativo. La investigación sobre este impacto de herramientas digitales en la educación STEM es aún incipiente, por lo que este estudio contribuye al desarrollo de estrategias pedagógicas basadas en documentar las mejores prácticas y resultados obtenidos con el uso del simulador. Se espera proporcionar recursos valiosos para los docentes que buscan un proceso innovador en sus metodologías de enseñanza.

Preliminares: Delimitación del marco de trabajo para el abordaje de la realidad

Marco contextual

La educación en ciencias naturales es fundamental para que los estudiantes puedan desarrollar habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la toma de decisiones informadas. No obstante, la enseñanza tradicional basada en métodos expositivos y memorísticos ha generado desinterés y apatía (Rodríguez- García et al., 2024).

En este escenario, los simuladores educativos se presentan como herramientas innovadoras con el gran potencial para transformar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales (Pozuelo- Muñoz



et al., 2023). Estos recursos permiten a los estudiantes experimentar de manera interactiva con conceptos científicos complejos, fomentando la exploración, la indagación y el descubrimiento (Vignoli et al., 2023).

Por esta razón, la propuesta se desarrolla en el municipio de Chiriguaná, ubicado en el departamento del Cesar. Este municipio se ha convertido en un escenario para la investigación de procesos educativos con intervención de las nuevas tecnologías, cuenta con espacios educativos dinámicos y receptivos frente a las innovaciones pedagógicas. Es por eso, que se propone desarrollar esta investigación en la Institución Educativa Juan Mejía Gómez, el cual, cuenta con acceso a internet y dos salas de informática, que permiten la exploración y el desarrollo de actividades con herramientas virtuales que invitan a los estudiantes a desarrollar habilidades desde la exploración y la experimentación, fortaleciendo sus habilidades científicas.

a. Identificación

Este estudio se enfoca en evaluar la eficiencia de los simuladores PhET como recurso pedagógico en el proceso de enseñanza y aprendizaje de ciencias en el municipio de Chiriguaná, Cesar (Colombia). El objetivo principal es determinar si el uso de estos simuladores en el aula mejora la comprensión de los conceptos científicos, incrementando la motivación de los estudiantes y fortalecer de manera positiva las habilidades clave como la resolución de problemas y el pensamiento crítico.

Por lo tanto, esta investigación se llevará a cabo en la Institución Educativa Juan Mejía Gómez ubicada en el municipio de Chiriguaná, durante el primer periodo académico del año 2025, con el fin de evaluar los resultados obtenidos durante su desarrollo de la propuesta.

El objeto de estudio de la investigación es el aprendizaje del efecto invernadero mediante el uso del simulador PhET. Los estudiantes interactúan con una serie de simulaciones virtuales como parte de



una experiencia de exploración científica, teniendo en cuenta contenidos temáticos relacionados con la difusión de gases, ondas y fotones. A partir de ello se evalúa cómo el simulador influye en los procesos de aprendizaje de los estudiantes.

El contexto de indagación se enfoca en el uso de las nuevas tecnologías educativas y en la exploración de estrategias innovadoras y creativas para mejorar la calidad de la enseñanza en las ciencias. En Colombia, como en otros países, se ha incrementado el uso de herramientas digitales en las aulas, y el uso de simuladores como el PhET, se presentan como una estrategia para responder a las demandas de innovación en el aprendizaje de los estudiantes.

La intencionalidad del presente proyecto es identificar la relevancia del uso del simulador PhET como herramienta didáctica en el Municipio de Chiriguaná. Esto busca obtener datos que permitan valorar las ventajas, desventajas y limitaciones en el proceso de aprendizaje. El objetivo es buscar la mejora del rendimiento académico de los estudiantes y motivar a docentes a utilizar simulaciones virtuales en sus prácticas pedagógicas.

Se selecciono el municipio de Chiriguaná para el desarrollo de esta investigación debido a que actualmente la institución educativa cuenta con una adecuada dotación de herramientas tecnológicas para el trabajo con simuladores virtuales, y sus docentes se capacitaron en el uso de estas como herramientas didácticas en el proceso de aprendizaje. Aunque el nivel socioeconómico de la comunidad es variable y la mayoría de los estudiantes provienen de zonas rurales con acceso limitado a internet en sus hogares, el centro educativo permite espacios de interacción y de aprendizaje por medio de las herramientas digitales. Además, el simulador PhET resulta adecuado ya que permite que las simulaciones se puedan descargar y ser utilizarlas sin necesidad de conexión permanente.

b. Descripción



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Chiriguaná está ubicada al noreste de Colombia, en el departamento del Cesar y tiene una extensión de 1131.6 km². Su paisaje es predominante plano, con pequeñas elevaciones y se destaca la presencia de la Ciénaga de Zapatosa, un ecosistema representativo de la región. El clima es tropical seco, caracterizado por altas temperaturas y una temporada de lluvias claramente marcada.

Las principales actividades económicas son la agricultura, con cultivos como arroz, maíz, yuca; la ganadería; y la pesca en la Ciénaga de Zapatosa. El municipio cuenta con una sólida infraestructura vial en un proceso constante de desarrollo, con un alto potencial turístico.

La institución educativa cuenta con 2086 estudiantes distribuidos entre la sede principal (bachillerato) y tres sedes de primaria. Los niveles de acceso a la tecnología son intermedios, disponiendo además con una biblioteca, dos salas de informática de 40 computadores cada una y una sala Vive Digital.

Este proyecto tiene como propósito mejorar el rendimiento académico de los estudiantes y fomentar que los docentes reconozcan el valor del simulador PhET como herramienta didáctica y pedagógica. Evaluar su efectividad en la institución educativa permitirá identificar los beneficios, optimizar su implementación e identificar mejoras. Esto facilitará el ajuste de las estrategias pedagógicas, maximizar el potencial de la herramienta y verificar el cumplimiento de los objetivos planteados.

Las simulaciones interactivas brindan a los estudiantes un entorno de aprendizaje flexible, en el que pueden aprender a su propio ritmo y reforzar los conocimientos adquiridos en clase, haciendo que el aprendizaje de las ciencias sea más atractivo y divertido, aumentando la motivación e interés, promoviendo en los estudiantes el aprendizaje colaborativo para resolver problemas.

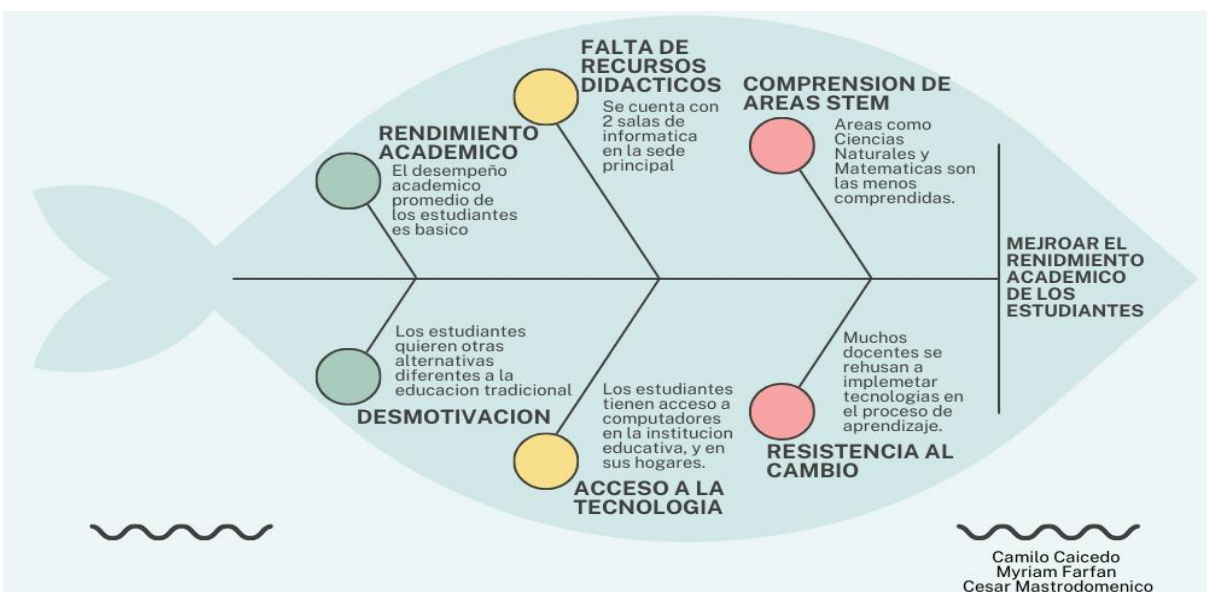
Este proyecto se orienta al fortalecimiento de habilidades científicas en estudiantes de bachillerato, articulando los principios del enfoque STEM con el uso del simulador PhET como recurso didáctico. En coherencia con los objetivos planteados, se busca implementar estrategias que permitan evaluar el impacto de esta herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales.



por lo cual, en la Figura 1, se describen las causas y efectos de la investigación teniendo en cuenta el rendimiento académico de los estudiantes, la disponibilidad de recursos, la comprensión en las áreas STEM, la desmotivación, el acceso a la tecnología y la resistencia al cambio, en donde se obtuvo como resultado el planteamiento de las mejoras del rendimiento académico por medio del uso de simulaciones virtuales.

Figura 1.

Diagrama de espina de pescado, de causas y efectos de la investigación



Nota: El gráfico identifica las causas y efectos asociados al problema investigado, destacando los principales factores que inciden en la mejora del rendimiento académico de los estudiantes.

La investigación adopta un enfoque mixto, ya que busca conocer la percepción y el rendimiento académico de los estudiantes. Se plantea un diseño cuasi- experimental dado que el desarrollo se realizará durante las clases. El grado undécimo ha sido seleccionado para la prueba piloto; este cuenta con 4



salones de aproximadamente 40 alumnos cada uno, aunque se trabajará con una muestra representativa, conformando un grupo de control y un grupo experimental en las mismas proporciones.

Como instrumentos de recolección de datos se utilizarán pruebas aplicadas antes, durante y después de la implementación del simulador. Además, se aplicarán cuestionarios para conocer la percepción de los estudiantes respecto a los aspectos didácticos, pedagógicos y técnicos del simulador PhET.

c. Formulación

¿Cuál es el impacto de la implementación del simulador PhET en el rendimiento académico de los estudiantes de educación media de un colegio del municipio de Chiriguaná?

- **Oportunidades de innovación / alternativas de solución:**

Alternativa 1.

Desarrollo de un modelo de enseñanza mediante el Simulador PhET en la Institución Educativa Juan Mejía Gómez: Se propone ir más allá de la implementación del simulador, diseñando un modelo de enseñanza específico para la institución y su contexto. Esto requerirá la elaboración de guías didácticas detalladas para los docentes, la planificación actividades que combinen el simulador con otros recursos educativos (materiales impresos, debates grupales, experimentos sencillos), y la definición de estrategias de evaluación continua que faciliten el seguimiento del progreso de los estudiantes con el uso del simulador. Se tendrán en cuenta las características del aprendizaje en un entorno con acceso tecnológico centralizado, pero limitado en los hogares. Esta alternativa busca desarrollar un modelo pedagógico que optimice el uso del simulador en la institución, integrando estrategias para disminuir la brecha digital, promoviendo un aprendizaje significativo.

Alternativa 2.



Implementación del uso de simuladores en las clases de diferentes áreas y niveles educativos:

Capacitar a los docentes en el uso de simuladores para que puedan integrar estas herramientas en sus clases, adaptando sus contenidos a los requerimientos específicos de cada área y que este pueda ser utilizada en todos los niveles educativos. Esta alternativa representa una gran oportunidad de innovación dado que el aprendizaje basado en simulaciones (ABS) ofrece un enfoque diferente y de gran impacto, lo que ayudaría a incentivar la cultura de la innovación en todo el proceso formativo de los estudiantes. La propuesta potenciaría el impacto de una herramienta educativa eficaz, mediante la implementación en diferentes áreas y niveles de formación, promoviendo una cultura de innovación en la enseñanza de las ciencias en la institución.

Alternativa 3.

Desarrollo de una Red de Intercambio de Experiencias y Recursos para Docentes sobre el uso de simuladores virtuales en el municipio de Chiriguaná. Se propone crear un espacio de colaboración entre los docentes de la Institución Educativa Juan Mejía Gómez y otros educadores del municipio que utilicen o deseen utilizar simuladores virtuales. Esta red podría concretarse mediante: talleres, encuentros virtuales o plataformas digitales para intercambiar guías didácticas, actividades, retos y soluciones implementadas en las aulas. Se buscan, fomentar una comunidad de práctica local que promuevan el aprendizaje colaborativo entre docentes y la optimización en el uso de recursos tecnológicos en la enseñanza de las ciencias a nivel municipal.

Para el desarrollo del proyecto se seleccionó la *Alternativa 1: Desarrollo de un Modelo de enseñanza mediante el Simulador PhET en la Institución Educativa Juan Mejía Gómez*. La selección se realizó con base en los siguientes criterios:



- **Complemento de la Investigación:** El uso frecuente del simulador busca que los estudiantes estén cada vez más familiarizados con esta herramienta, facilitando al mismo tiempo el desarrollo de un modelo de enseñanza con base el aprendizaje basado en simulaciones (ABS).
- **Impacto Educativo:** El desarrollo de un modelo de enseñanza fundamentado en el ABS, beneficia a los estudiantes y docentes de la Institución Educativa Juan Mejía Gómez, mejorando el proceso enseñanza-aprendizaje de las áreas que adopten esta metodología.
- **Sostenibilidad:** Diseñar de forma correcta un modelo educativo pedagógico centrándose en el simulador, buscando llegar a ser sostenible en el mediano y largo plazo, motivando su utilización en otras áreas del currículo escolar y diferentes niveles dentro de la institución.
- **Satisfacción de las Necesidades:** El uso de simuladores implica la incorporación de tecnología e innovación. Se busca priorizar estas herramientas, buscando satisfacer necesidades y al mismo tiempo facilitar el desarrollo de estrategias pedagógicas que permitan aprender de formas distintas a lo tradicional.
- **Potencial Generador de Conocimiento:** La construcción de este modelo aporta una alternativa distinta a la hora de transmitir el conocimiento, sirviendo de guía para la implementación de simuladores al momento de enseñar en las diferentes áreas y niveles educativos escolares.

Propósito y objetivos

Propósito.

El proyecto busca fortalecer las habilidades científicas en estudiantes de bachillerato mediante la enseñanza en ciencia naturales apoyada en simulaciones, desde un enfoque STEM. Se pretende así que los estudiantes aumenten su interés por las ciencias naturales, promover la comprensión interdisciplinaria en distintos escenarios a través del simulador PhET y fomentar el uso de herramientas tecnológicas que les permitan proponer soluciones a las problemáticas de su entorno.



Objetivo general:

Evaluar didácticamente la aplicación de simulador PhET Colorado como herramienta para el desarrollo de habilidades científicas en estudiantes de bachillerato, desde un enfoque STEM.

Objetivos específicos:

- Diseñar un instrumento de evaluación que integre criterios didácticos, pedagógicos y técnicos desde el enfoque STEM para fortalecer las habilidades científicas en estudiantes de grado 11 mediante el uso del simulador PhET
- Aplicar los criterios de evaluación didácticos, pedagógicos y técnicos al simulador PhET Colorado, con el fin de determinar su efectividad como herramienta de aprendizaje y desarrollo de habilidades científicas.
- Analizar los resultados de la evaluación respecto al impacto del simulador PhET en el desarrollo de habilidades científicas en estudiantes de bachillerato desde un enfoque STEM.

De esta manera, la Tabla 1 presenta la relación de los objetivos específicos, el contexto de impacto, los indicadores de cumplimiento e impacto y los medios de verificación. Esta matriz permite establecer un adecuado seguimiento y evaluación del proyecto, facilitando la identificación de los resultados esperados, los criterios de evaluación y las fuentes que respaldarán cada uno de los objetivos

Tabla 1.

Matriz de medición de impacto educativo y social



Objetivos específicos	Contexto de impacto	Indicadores de cumplimiento e impacto	Medios de verificación
Diseñar un instrumento de evaluación que integre criterios didácticos, pedagógicos y técnicos desde el enfoque STEM para fortalecer las habilidades científicas en estudiantes de grado 11 mediante el uso del simulador PhET	Proceso de enseñanza aprendizaje.	Instrumentos de evaluación diseñado y validado por medio del cumplimiento de Los criterios STEM, adaptando al simulador PhET	Presentación del instrumento validación por expertos y elaboración de la guía metodológica.
Aplicar los criterios de evaluación didácticos, pedagógicos y técnicos al simulador PhET Colorado, con el fin de determinar su efectividad como herramienta de aprendizaje y desarrollo de habilidades científicas.	Uso del simulador PhET como recurso pedagógico	Resultados obtenidos de la aplicación del instrumento. Identificación de fortalezas y debilidades del simulador.	Informes de evaluación datos cuantitativos y cualitativos por medio de un análisis estadístico. Comparación de resultados entre pretest y postest.
Analizar los resultados de la evaluación respecto al impacto del simulador PhET en el desarrollo de	Desarrollo de habilidades científicas.	Mejora en el desempeño de los estudiantes en	Aplicación y análisis de pruebas pre y post, encuestas a estudiantes



habilidades científicas en	pruebas de	y docentes,
estudiantes de bachillerato desde un	habilidades	observaciones de
enfoque STEM.	científicas.	clases.
	Aumento del	
	interés y la	
	motivación por el	
	aprendizaje de las	
	ciencias.	

Nota: La tabla describe los objetivos específicos y la relación con el contexto de impacto, los indicadores de cumplimiento y los medios de verificación. Elaboración propia

Marco de referencia

Marco contextual

La enseñanza de las Ciencias Naturales es esencial para fomentar en los estudiantes habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y toma de decisiones informadas, sin embargo, la enseñanza de las ciencias tradicionalmente se ha basado en métodos expositivos y memorísticos, lo que puede generar desinterés y apatía en los estudiantes (Rodríguez-García et al., 2024). Esta situación exige la implementación de procesos más dinámicos, que permitan el uso de herramientas digitales en el aula y se articulen con un currículo orientado por el enfoque STEM.

En este contexto, el simulador PhET, desarrollado por la Universidad de Colorado Boulder como un proyecto virtual de aprendizaje, promueve la investigación de diversas disciplinas STEM mediante la implementación de simulaciones interactivas para ser integradas en el currículo. Este enfoque facilita la



conexión entre ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, e incluso con diferentes áreas como las artes y las ciencias en un espacio de aprendizaje. En el presente proyecto, estas simulaciones se utilizan para desarrollar habilidades científicas en estudiantes de grado undécimo de la Institución Educativa Juan Mejía Gómez de Chiriguaná, Cesar.

La población estudiantil de bachillerato en Chiriguaná es diversa y está influenciada por el contexto socioeconómico y cultural del municipio, en donde, se desarrollan actividades económicas locales como la agricultura y la ganadería, que inciden en las dinámicas familiares y las oportunidades educativas.

Los estudiantes enfrentan desafíos asociados a la desigualdad social, reflejada en la disponibilidad de los recursos educativos y tecnológicos, es así, como estas necesidades específicas deben ser atendidas con políticas educativas inclusivas y adaptadas a su situación, a pesar de estos retos, se observan esfuerzos por mejorar la infraestructura educativa y la calidad de la educación.

Revisión de estado del arte

Los métodos actuales de enseñanza en Colombia han comenzado a alinearse con el enfoque STEM y con propuestas interdisciplinarios que promueven la integración de áreas del conocimiento., A nivel global, exige el regreso a un todo, evitando la fragmentación de las áreas. Como lo destacan Neira y colaboradores (2023) destacan la importancia del enfoque STEM-STEAM para la articulación de las áreas de ciencias y matemáticas promoviendo la creatividad en el proceso de aprendizaje. A través de una revisión documental, muestran cómo desde el ámbito educativo la integración y la formación de equipos para la solución de problemas en función de la didáctica. Además, se destaca el uso de herramientas tecnológicas para el desarrollo de la orientación STEM-STEAM, lo cual permite observar en Colombia, la incursión y aplicación de estas metodologías a nivel nacional.



De acuerdo con Argüello (2021), la aplicación del enfoque STEM en los procesos educativos se estructura en torno a cinco pasos esenciales para el aprendizaje, a través de los cuales se desarrollan diversas habilidades científicas (Tabla 2).

Tabla 2.

Modelo de 5 pasos (Argüello, 2021)

# Paso	Descripción	Habilidades STEM que se desarrollan
1. Hacer preguntas	En un contexto planeado, se presentan situaciones o preguntas problema a los estudiantes que respondan a la situación, todo con una breve descripción que permita activar los conocimientos previos y demostrar una mejor comprensión del tema.	Pensamiento crítico, investigación, colaboración
2. Imaginar	Se estimula la creatividad de los estudiantes por medio de lluvia de ideas, discusión grupal y formulación de hipótesis. A través de este proceso se fomenta la exploración colectiva de posibles soluciones.	Solución de problemas, creatividad, comunicación
3. Planear	Mediante el análisis grupal, se logra una estructuración y se asignan actividades con el objetivo de poder optimizar y mejorar la eficiencia. Se establecen los alcances del trabajo, los recursos que se necesitan y el tiempo requerido.	Solución de problemas, creatividad comunicación, colaboración



4. Crear	Durante el proceso, los estudiantes trabajan de manera colaborativa tras la asignación de tareas específicas. De esta manera, cumplen roles de forma organizada logrando con la ejecución de forma estructurada y eficiente del proyecto que se está llevando a cabo, este proceso facilita el logro de los objetivos que se tienen en común.	Pensamiento Crítico, solución de problemas, creatividad, comunicación, colaboración, liderazgo
-----------------	---	--

5. Mejorar	Por último, a través de una retroalimentación del proceso, se logra identificar los errores y se plantean los ajustes necesarios, promoviendo el mejoramiento continuo como componente clave del aprendizaje de los estudiantes.	Pensamiento crítico, solución de problemas, creatividad, comunicación y colaboración
-------------------	--	--

Nota: *Adaptado de Argüello, (2021).*

Argüello (2021) menciona que, las habilidades que se desarrollan según el paso que se encuentre el estudiante dentro del proceso de aprendizaje STEM, se desarrollarán habilidades como el pensamiento crítico, la solución de problemas, la creatividad, la comunicación, la colaboración, la investigación y el liderazgo, siendo estas competencias fundamentales para el desarrollo didáctico y conjunto que propone el enfoque STEM, al integrar procesos cognitivos, sociales y prácticos de forma articulada.

En la revisión documental de Núñez y colaboradores (2023), analizaron diversas publicaciones centradas en las mejores prácticas para fomentar las habilidades en ciencia, ingeniería, tecnología y matemáticas. Su estudio evidencia que el enfoque STEM en Latinoamérica, se consolida como una metodología fundamental y efectiva en la diversificación del conocimiento, integrando áreas disciplinares,



fortaleciendo aptitudes y habilidades de los estudiantes en el uso de tecnologías aplicadas a procesos educativos.

En este proyecto, se busca el fortalecimiento de habilidades científicas en los estudiantes. En esta línea, Sepúlveda y colaboradores (2023) analizan los textos escolares para el desarrollo de las habilidades científicas en grados séptimo y octavo en Chile, destacándose que las habilidades científicas en edades tempranas son parte esencial para el aprendizaje de las ciencias.

Por otra parte, Kurashkevych y colaboradores (2023), abordaron el concepto de las tecnologías STEM para el pensamiento analítico en futuros oficiales. Su estudio evidenció un aumento significativo (3 puntos respecto a la media), mostrando importancia del pensamiento analítico en la toma de decisiones y solución a los problemas en contextos complejos.

Zhao y Pérez (2022), analizaron la aplicación de enfoques STEM en el aprendizaje de ciencias y matemáticas, considerando variables de género y raza de los estudiantes, observando, que no hubo cambios significativos en base a la segmentación. Sin embargo, destacan que las habilidades científicas desarrolladas en entornos STEM, son fundamentales en las ciencias y las matemáticas, para la predicción de datos y análisis de resultados de las actividades planteadas.

Asimismo, Reiser y colaboradores (2024) encontraron que el grado de interés con la metodología STEM fue aumentada en el grupo experimental en comparación al grupo control. El análisis cuantitativo, realizado mediante la prueba ANOVA, evidenció un aumento en las habilidades y la motivación en la comparación de las medias en los grupos analizados.

El estudio de Niclòs y colaboradores (2024), realizado en la región oriental de España, se analizó sobre la relación de la creatividad científica y la metodología STEM. Los estudiantes mostraron perspectiva profunda de la interdisciplinariedad en los conceptos de las ciencias y su rol en las profesiones,



reconociendo soluciones a problemas cotidianos, al obtener datos cuantitativos, demostrando una correlación de las metodologías STEM y los procesos creativos en las ciencias. De manera complementaria, Fernández y colaboradores (2024) destacan la integración de etapas de ingeniería y la participación de estudiantes en proyectos educativos, los cuales fortalecieron sus habilidades científicas, participación e intencionalidad en el aprendizaje. En su estudio con estudiantes de secundaria, se observaron mejores índices de aprobación en ciencias y mayor disposición a los procesos educativos basados en enfoques STEM.

Con base a lo anterior, se evidencia que la integración del enfoque STEM con el desarrollo de habilidades científicas promueven el desarrollo de aprendizajes significativos y una mayor intencionalidad de los estudiantes hacia las ciencias. A nivel internacional, el uso de simuladores como el PhET, ha mostrado muy buenos resultados en las enseñanzas de las ciencias naturales, favoreciendo la comprensión de los conceptos y la participación de los estudiantes.

Nyirahabimana y colaboradores (2022), en un estudio realizado la Universidad de Rwanda en África, implementaron el uso del simulador PhET para el aprendizaje de la Física cuántica desde el enfoque STEM, en un área tradicionalmente asociada a alta pérdida de estudiantes y bajo interés estudiantil. Se evaluaron distintas estrategias con representaciones multimedia y videos explicativos, que permitieran la comprensión de los contenidos y aumentar el interés en los estudiantes, esto contribuyó a que la universidad implementará centros de tecnología para el uso del simulador aplicado a las ciencias. En la misma institución, Nungu y colaboradores (2023) propusieron el uso del simulador PhET para el aprendizaje de las matemáticas y las ciencias, utilizando la metodología STEM. Su estudio demostró, que la división por grupos fomenta la participación como el desarrollo de habilidades científicas, junto con las simulaciones con aspectos visuales y sencillos para aprender en las ciencias, siendo estas herramientas tecnológicas efectivas en la educación superior con STEM.



De este modo, Chávez (2023) encontró una relación significativa entre el simulador PhET y la enseñanza de las ciencias naturales, a partir de análisis cuantitativo. En sus conclusiones, recomendó el uso de las tecnologías para el desarrollo de laboratorios virtuales, como una alternativa viable para transformar las metodologías tradicionales de enseñanza. Bizzio y colaboradores (2022), evidenciaron el uso de los criterios para la selección de simuladores en ciencias naturales, atendiendo a diversas necesidades pedagógicas. Entre los criterios evaluados se encuentra: acceso, diseño, contenidos, contexto educativo, uso complementario de simulaciones y características de los usuarios, permitiendo valorar las capacidades de los simuladores como recurso didáctico en las ciencias naturales.

A un nivel nacional, Lemos y Mosquera (2021) evidenciaron que el uso de simuladores permiten la integración de las ciencias naturales, especialmente temáticas de gases, favoreciendo un aumento de 3.5 respuestas correctas entre el pre-test y post-test, aplicando la prueba estadística de Wilcoxon., Asimismo García-Garavito (2021), en un estudio realizado en Motavita (Boyacá), demostró que al implementar el simulador PhET en las clases de física, aumentó la participación y motivación de los estudiantes en estudiantes de grado décimo, encontrando que la herramienta PhET, fue agradable a los estudiantes, mostrando la utilidad del uso de los simuladores en el aprendizaje de temas que consideraban con alto riesgo académico, permitiendo reafirmar el hecho de que el uso de simuladores en la enseñanza secundaria en Colombia fomenta la participación y aprendizaje en los estudiantes mediante enfoques cuantitativos y cualitativos en secundaria.

En resumen, tanto la literatura internacional como los estudios nacionales destacan el potencial del enfoque STEM y de los simuladores interactivos como herramientas efectivas para mejorar la enseñanza de las ciencias. La evidencia revisada muestra cómo el uso del simulador PhET consigue tres objetivos: hacer que los estudiantes comprendan mejor los conceptos abstractos, aumentar su motivación y fortalecer habilidades científicas clave como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el trabajo



colaborativo. Estas experiencias, aplicadas en contextos diversos y con metodologías mixtas, respaldan la pertinencia de implementar esta herramienta en el contexto colombiano. De este modo, el presente proyecto se inscribe dentro de esta corriente de innovación educativa, con el objetivo de evaluar de manera didáctica el impacto del simulador PhET en la formación científica de los estudiantes de educación secundaria desde una perspectiva contextualizada e interdisciplinaria.

Marco teórico

La educación en la actualidad ha experimentado diversos cambios en cuanto a sus metodologías y en la adaptación curricular, lo cual, exige estrategias encaminadas al uso de recursos digitales y dinámicos, permitiendo que los estudiantes logren comprender los conceptos complejos, relacionándolos con aprendizajes reales. (Nyquiz y Jubran, 2012. p. 8). En este contexto, el simulador PhET Colorado se presenta como una herramienta interactiva diseñada para facilitar la comprensión de las ciencias y las matemáticas mediante simulaciones virtuales. El simulador desarrollado por la Universidad de Colorado Boulder utiliza recursos interactivos que permiten a los estudiantes experimentar con fenómenos físicos, químicos y matemáticos en entornos virtuales, lo que impulsa a su vez cambios en el proceso de enseñanza- aprendizaje (Guanotuña, et al. 2023. p. 102), este tipo de herramienta desarrolla habilidades científicas que son esenciales para los estudiantes, que permite desarrollar y participar eficazmente en el proceso científico.

En el proceso de comprensión y análisis, es fundamental para desarrollar habilidades científicas, como la observación, la formulación de preguntas, la experimentación, el análisis de datos y la interpretación de los resultados. Como menciona COCEMFE (2019), estas habilidades no solo preparan a los estudiantes para carreras en ciencia y tecnología, sino que también les proporciona las herramientas que les permite resolver los problemas en las diferentes áreas de su vida (Bybee, 2013). Su



fortalecimiento requiere metodologías activas que invitan a la investigación y la experimentación, los cuales se complementan con el uso del simulador PhET. En esta línea, Barradas et al. (2023), afirman que “la inclusión del uso de simuladores de libre uso da pauta a cubrir de cierta manera las necesidades de equipamiento, dando un acercamiento real y con enfoque práctico” (p. 68), lo cual permite identificar la relación directa entre las estrategias y aprendizaje de los estudiantes, a partir del uso de estas herramientas digitales.

El enfoque STEM permite fomentar un aprendizaje interdisciplinario. Busca transmitir los conocimientos técnicos, promueve el desarrollo de habilidades blandas y el pensamiento crítico, permitiendo a los estudiantes una preparación para afrontar los retos y las demandas del mundo actual. Según Pelejero (2018), la educación STEM representa un enfoque pedagógico que promueve el desarrollo de habilidades para enfrentar los desafíos actuales, López, et al (2020), menciona que este enfoque permite potenciar las competencias y habilidades para el desarrollo personal y laboral de los estudiantes (p. 11), también dice que permite implementar actividades con herramientas interactivas como las simulaciones de PhET, lo que mejora el proceso de aprendizaje mediante la creación de un entorno educativo más dinámico.

El uso de la tecnología interactiva en la educación se ha vinculado en procesos de aprendizaje que proporcionan experiencias visuales y prácticas (Hernández y Tecpán, 2018), las cuales contribuyen a mejorar la comprensión conceptual y el interés de los estudiantes. Entre estas herramientas, el simulador interactivo PhET, se destaca por su capacidad de representar situaciones complejas mediante simulaciones dinámicas y accesibles, basadas en principios científicos aplicable a todos los niveles académicos (Mera y Velásquez, 2020). Su funcionalidad favorece el desarrollo de procesos cognitivos de los estudiantes, estimulando el aprendizaje significativo, como menciona Olivo (2017), “las competencias científicas son un conjunto de conocimientos, capacidades y actitudes que permiten interactuar



significativamente en contextos que necesitan producir, apropiar o aplicar los conocimientos científicos” (p. 114).

1. Aprendizaje creativo e interactivo

Según el constructivismo de Piaget y Vygotsky citado en Sánchez (2019), el aprendizaje es un proceso activo en el cual los estudiantes interactúan con su entorno y amplían sus conocimientos conectando nuevas experiencias con saberes previos. Esta perspectiva puede aplicarse al uso de simulaciones como las de PhET, que permitan a los estudiantes manipular variables y observar directamente sus efectos, al promover una comprensión significativa a partir de la experimentación y el descubrimiento guiado.

Estos procesos estimulan la creación de significado al generar un entorno, en el cual, las relaciones de causa y efecto son visibles y a su vez, fáciles de entender mediante los análisis de las simulaciones. El diseño interactivo de PhET, incrementa la participación de los estudiantes en el aprendizaje, al permitir explorar fenómenos, manipular directamente parámetros como el tiempo, la masa y la velocidad, y observar cómo estas interacciones modifican el comportamiento del sistema simulado.

Además, estos procesos interactivos fortalecen habilidades científicas clave, como la formulación de hipótesis, la resolución de problemas y la comprensión de sistemas complejos. Un enfoque interactivo de este tipo fomenta en los estudiantes la exploración de forma independiente, estimulando la curiosidad, y el interés por el aprendizaje de las ciencias.

2. Experimentos virtuales y científicos

En entornos académicos con limitaciones, especialmente en los laboratorios de física, factores como el costo, el riesgo y la falta de infraestructura dificulta la experimentación. En este contexto, las



simulaciones de PhET eliminan estas barreras al proporcionar un entorno virtual seguro, en el que los estudiantes pueden explorar fenómenos científicos complejos sin restricciones. Estas simulaciones no sólo replican experimentos tradicionales, sino que también permiten el estudio de procesos que no pueden observarse directamente, como la interacción de partículas elementales y la generación de ondas electromagnéticas (Sosa Rosadio, 2021).

La base científica del simulador PhET, garantiza que las simulaciones obedezcan las leyes de la naturaleza y reflejen con precisión los principios fundamentales. Esto permite garantizar que las decisiones tomadas en el entorno virtual sean precisas y pertinentes en el mundo real. Además, la retroalimentación inmediata proporcionada por la simulación permite a los estudiantes identificar errores en sus suposiciones y corregirlos de forma rápida, fomentando el aprendizaje transformador. Este enfoque proporciona una mejor comprensión conceptual y el desarrollo de habilidades como la interpretación de datos y el pensamiento lógico.

3. Acceso y participación en la educación científica.

La inclusión y la accesibilidad son pilares del diseño de PhET, lo que permite que los estudiantes de todos los niveles educativos, con diversas habilidades y orígenes culturales, se beneficien de estas herramientas, las cuales, fueron inspiradas en los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (UDL) que proporciona oportunidades de aprendizaje, flexibilizando el currículo desde el inicio del proceso de enseñanza- aprendizaje (COCEMFE, 2019), las simulaciones están disponibles en varios idiomas, cuentan con una interfaz intuitiva y son compatibles con una variedad de dispositivos, incluidas computadoras, tabletas y pizarras digitales. Esta flexibilidad facilita su uso en diversos entornos educativos, desde aulas tradicionales hasta plataformas de aprendizaje a distancia.

Una característica importante de PhET es su capacidad para promover la igualdad en la



educación, al ofrecer herramientas gratuitas y accesibles que eliminan las barreras financieras que limitan el acceso a las comunidades de bajos ingresos a recursos de calidad (Bizzio et al., 2022). Además, su diseño inclusivo garantiza que los estudiantes con discapacidades puedan participar activamente en actividades educativas, afirmando el principio de que todos los estudiantes, independientemente de su condición, tienen derecho a una educación de calidad (Herrera & Osorio, 2023).

4. El impacto de PhET en la educación científica

Numerosos estudios han documentado los beneficios de las simulaciones interactivas en el aprendizaje de las ciencias, destacando su capacidad para visualizar conceptos abstractos y de difícil comprensión (Argüello-Guevara, 2021). Por ejemplo, se ha demostrado que PhET mejora la comprensión de temas como las leyes de Newton, las leyes de la conservación de la materia y energía e incluso la estructura atómica, gracias a la posibilidad de que los estudiantes experimenten con estos principios, al proporcionar representaciones visuales dinámicas, la simulación fortalece la conexión entre teoría y práctica, y mejora la retención del conocimiento. Por tanto, PhET no sólo enfatiza el aprendizaje teórico, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades transferibles, como la planificación de experimentos, el análisis de resultados, la interpretación de gráficos y el uso, el pensamiento crítico para resolver problemas.

Estas habilidades son importantes no sólo en el ámbito científico, sino también en diversos entornos profesionales y académicos (Bybee, 2013). En coherencia con los principios de la educación con enfoque STEM, PhET tiene como objetivo desarrollar las habilidades prácticas y analíticas de los estudiantes, preparándose para enfrentar los retos del mundo moderno y de sus contextos locales, contribuyendo así al fortalecimiento de sus comunidades y entornos.



5. Habilidades científicas

El concepto de habilidades científicas es fundamental para el aprendizaje de las ciencias y para el desarrollo de habilidades, buscando comprender y responder adecuadamente a situaciones ambientales. Se trata de una competencia práctica que permite aplicar y manipular el conocimiento científico para la resolución de problemas del mundo real (Zimmerman, 1990, citado en Jiménez, 2019).

Las habilidades científicas se desarrollan a partir del método científico, entendido como un marco sistemático para observar, analizar y explicar los fenómenos. Estas habilidades suelen clasificarse en dos categorías amplias: habilidades básicas y habilidades técnicas. Entre las habilidades clave se encuentran la observación, la formulación de preguntas para guiar su investigación, el uso de herramientas para recopilar información y modelado, que permite identificar patrones y tendencias en sus datos. Por otra parte, las habilidades de gestión científica comprenden etapas del método científico, como la planificación y ejecución de experimentos, el análisis de datos, la formulación de conclusiones lógicas y la comunicación efectiva de resultados. (Grey y Morris, 2022)

La esencia de esta habilidad radica en la capacidad de transformar la información en conocimiento aplicado, combinando el diseño experimental con creatividad y el manejo de la complejidad. Para ello, es necesario establecer controles y variables que aseguren la validez de los resultados. Asimismo, las habilidades científicas están estrechamente relacionadas con el pensamiento crítico (Vargas & Morales, 2021), ya que permiten evaluar con precisión información basada en evidencia, lo cual es esencial para analizar datos científicos y resolver problemas complejos relacionados con fenómenos del entorno.

La importancia de desarrollar habilidades científicas trasciende las barreras del aula y el laboratorio. En el ámbito educativo, estas habilidades son esenciales para el aprendizaje significativo, ya que permiten a los estudiantes interactuar con el contenido en lugar de simplemente memorizar,



favoreciendo la transferencia de conocimientos a nuevos entornos. Por ejemplo, los estudiantes que adquieren habilidades de análisis de datos no sólo pueden interpretar los resultados de las pruebas en el aula, sino también aplicarlos a la toma de decisiones cotidianas y de la comunidad, como la evaluación de estadísticas ambientales o de salud (Chovriy et al., 2024).

Más allá de la educación formal, estas habilidades resultan importantes para la vida diaria y el desarrollo profesional, en un mundo más influenciado por la ciencia y la tecnología. Su importancia se basa en la posibilidad de tomar decisiones basadas en información y hechos. En un contexto de salud pública, por ejemplo, la capacidad de interpretar las investigaciones científicas y evaluar los riesgos y beneficios de los tratamientos médicos puede marcar la diferencia entre una decisión responsable y una impulsiva (Loaiza y Osorio, 2018).

Desde una perspectiva profesional, las habilidades científicas son altamente valoradas en campos como la tecnología, la ingeniería, la medicina y las ciencias ambientales, donde la capacidad para resolver problemas, analizar datos y comunicar resultados es esencial para un desempeño destacado (Nyirahabimana et al., 2022). Estas habilidades también desempeñan un papel importante en los asuntos públicos de nivel mundial, especialmente frente a desafíos globales como el cambio climático, la gestión de los recursos naturales y la biodiversidad, los cuales requieren ser comprendidos, dada la complejidad de estos procesos ambientales, evaluando enfoques alternativos y contribuyendo al desarrollo de soluciones sostenibles.

El desarrollo de habilidades científicas requiere un enfoque educativo que combine teoría y práctica de manera equilibrada, como lo demuestran los aprendizajes obtenidos mediante el uso de simulaciones para fortalecer habilidades críticas de desempeño. Este enfoque coloca a los estudiantes en el centro del proceso de aprendizaje y lo convierte en protagonista de la creación de conocimiento. Sin embargo, se promueve la adquisición de habilidades técnicas y sociales, como la comunicación, la



colaboración y la gestión del tiempo, con el fin de animar a los estudiantes a hacer preguntas, diseñar experimentos y analizar los resultados por sí mismos (Fernández et al., 2024). Este proceso se ha enfocado en la curiosidad y el pensamiento crítico, alentando a los estudiantes a encontrar respuestas basadas en la indagación, en lugar de aceptar respuestas correctas, lo que fortalece los procesos de conocimiento y correlación de los conceptos.

La incorporación de la tecnología en el aprendizaje de las habilidades científicas puede brindar más oportunidades educativas, al permitir que los estudiantes utilicen herramientas como laboratorios virtuales, simuladores interactivos y software de análisis de datos para probar situaciones complejas que resultan difíciles de reproducir en un laboratorio físico. Esta tecnología no sólo amplía el acceso, sino que también posibilita aprendizajes personalizados, permitiendo que los estudiantes puedan avanzar a su ritmo e interés. Además, el uso de simuladores como PhET fomentan la colaboración y fortalece el enfoque STEM (Camacho & Medina, 2022), al vincular la ciencia con otros campos del conocimiento como la tecnología, la ingeniería y las matemáticas.

Marco conceptual

La integración de la tecnología transforma la manera en que los estudiantes se relacionan con el conocimiento, ya que permite abordar temas complejos como el efecto invernadero de manera más efectiva y comprensible. En este sentido los simuladores interactivos se han convertido en una herramienta que permite a los estudiantes explorar fenómenos atmosféricos y sus implicaciones, como la interacción de gases como el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4) y otros gases que afectan el medio. De esta manera, la experiencia práctica y visual no solo enriquece el aprendizaje, sino que también favorece la comprensión de la importancia de estos gases en la regulación de la temperatura terrestre, aspectos fundamentales para el sostenimiento de la vida. Así, la tecnología no solo facilita un aprendizaje



personalizado y colaborativo, sino que también establece un puente hacia la comprensión de conceptos científicos cruciales para enfrentar los desafíos ambientales actuales. (Leicht, et al. 2018)

El efecto invernadero es un proceso mediante el cual distintos gases presentes en la atmósfera terrestre, como el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso (NO_2), capturan parte de la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre. Este fenómeno permite que la temperatura del planeta se mantenga en niveles adecuados para sustentar la vida. Sin el efecto invernadero, las temperaturas en la Tierra serían significativamente más bajas, lo que haría imposible la existencia de muchas de las formas de vida que se conocen en la actualidad. (Bojie Fu, et al. 2021)

De esta manera, es importante considerar que el efecto invernadero ocurre cuando los haces de radiación solar llegan a la superficie terrestre, son absorbidos, para luego ser emitidos en forma de radiación infrarroja. Por esta razón, se habla de los Gases Efecto Invernadero (GEI), los cuales atrapan parte de esta radiación evitando que se escape al espacio exterior. Las actividades humanas incrementan significativamente la concentración de los gases en la atmósfera, intensificando el fenómeno.

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM), se ha advertido que para 2024 podría ser uno de los años más calurosos registrados, lo cual representa una señal de alerta frente a la crisis climática del planeta (France24, 2024). El impacto del efecto invernadero se manifiesta a través de fenómenos climáticos extremos como lo son las olas de calor, las sequías prolongadas y las tormentas intensas, ya que son efectos amenazantes de los ecosistemas y de la biodiversidad. Estos eventos pueden generar grandes consecuencias en el sentido socioeconómico incluyendo el desplazamiento forzado de algunas poblaciones debido a las pérdidas en la agricultura. (Telefónica, 2023.). Por ello, la OMM ha señalado que actualmente el planeta se encuentra en una “alerta roja” debido a los niveles récord que se han registrado en cuanto a gases efecto invernadero y a sus efectos devastadores para el clima global.



Por tal motivo, desarrollar una estrategia desde el enfoque STEM, es fundamental para preparar a los estudiantes frente a los retos actuales, integrando diversas disciplinas con el fin de lograr una articulación entre los contenidos y fomentar la resolución de problemas reales (García, et al..2022). Del mismo modo, el enfoque STEM busca el desarrollo de habilidades como el pensamiento lógico, la creatividad y la capacidad de trabajar en equipo, competencias cada vez más necesarias en la sociedad que se forma en medio de la tecnología y la innovación.

De esta manera, desde los procesos educativos es fundamental considerar herramientas que fomenten el desarrollo de habilidades y destrezas en torno a las problemáticas ambientales. En este marco, el simulador PhET Colorado se presenta como una herramienta interactiva que permite una exploración de conceptos científicos de manera visual y experimental (Johnson, et. Al., 2021). En el caso del efecto invernadero, este simulador ofrece diferentes actividades desde una plataforma eficaz, que permite a los estudiantes comprender cómo los gases de efecto invernadero influyen en la temperatura de la Tierra y cómo estos gases interactúan en la radiación solar.

Así mismo, el simulador PhET permite enseñar de manera didáctica el efecto invernadero, facilitando la comprensión de conceptos complejos mediante la visualización y la manipulación de distintas variables. Esta herramienta permite que los estudiantes observen cómo los gases efecto invernadero pueden atrapar el calor, junto con otros factores, como la densidad de las nubes o la cantidad de gases atrapados en la atmósfera, que puedan afectar el clima terrestre. Por ejemplo, los estudiantes pueden crear su propia atmósfera y modificar las concentraciones de gases como dióxido de carbono y metano, observando en tiempo real cómo estos cambios impactan en la temperatura global (PhET, 2023).

Por medio de esta interactividad se mejora la comprensión conceptual de estos temas, se fomenta el pensamiento crítico y la resolución de problemas (Samper y Toro, 2017). Además, la herramienta



permite adaptaciones para distintos niveles educativos, lo que la convierte en una herramienta de gran versatilidad para el aprendizaje de temas como el efecto invernadero en todos los niveles educativos.

De este modo, es importante considerar que la educación ambiental ha cobrado gran importancia, y que es necesario identificar situaciones como el efecto invernadero, dentro de la categoría del cambio climático. Esta problemática ha sido abordada desde los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales buscan fortalecer la sostenibilidad ambiental y la toma de decisiones informadas por parte de la población, con el fin de generar una cultura de cuidado con mayores impactos positivos en términos ambientales.

En este sentido, se han promovido diversas propuestas como las planteadas desde el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER, 2015), orientadas a fomentar experiencias educativas que contribuyan con el aprendizaje y la reflexión sobre las acciones individuales frente al cambio climático.

Marco legal y normativo

En este apartado se contextualizan las principales leyes, normativas y políticas públicas, tanto internacionales como nacionales, que respaldan la pertinencia de este proyecto y promueven la integración de las herramientas tecnológicas, como el simulador PhET, en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Este marco legal no solo proporciona el fundamento jurídico, sino que también respalda el uso de las simulaciones en el desarrollo del proceso educativo, considerando aspectos como la protección de los derechos de autor, la privacidad de datos de los estudiantes y la alineación con los estándares educativos vigentes. De este modo, se garantiza que la incorporación de las tecnologías en estos procesos educativos respete principios legales y pedagógicos, promoviendo un ambiente de aprendizaje innovador.



A continuación, se presenta una tabla que resume las principales normativas y leyes que son aplicables para el uso de simuladores. En la educación secundaria, destacando la relevancia para este proyecto investigativo.

Tabla 3.

Marco legal y normativo con adaptabilidad al proyecto

Ley o norma	Año	Descripción general	Artículo(s) que aplican	Aplicabilidad para el proyecto
Constitución Política de Colombia	1991	Establece los principios fundamentales del Estado Colombiano, teniendo en cuenta los derechos fundamentales como la educación y el ambiente sano	Artículo 67: Artículo 79:	Proporciona el desarrollo del derecho a la educación de calidad y del medio ambiente respetando las condiciones apropiadas para su desarrollo.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Ley 115 de 1994	1994	Define el sistema educativo en Colombia estableciendo principios, fines y derechos fundamentales en la educación. Es la norma marco para la educación básica y media en El País.	Artículo 86	La ley establece que se debe promover la Calidad Educativa, lo cual respalda la implementación de herramientas innovadoras como el simulador PhET para mejorar la enseñanza de las Ciencias Naturales en grado 11°.
-----------------	------	--	-------------	---

Ley 1620 de 2013	2013	Promueve la convivencia escolar y establece lineamientos para la formación en valores, derechos	Artículos 1 y 2	La implementación del simulador PhET Puede contribuir a un ambiente de aprendizaje
------------------	------	---	-----------------	--



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

humanos y colaborativo y
resolución pacífico,
pacífica de alineándose con
conflictos dentro los objetivos de
del entorno esta ley al
educativo. fomentar el
trabajo en equipo
y la resolución
conjunta de
problemas en
Ciencias
Naturales.

Ley 1581 de 2012	2012	Establece	Artículos 4 y 15	Es fundamental
		disposiciones		considerar esta ley
		generales para la		al manejar datos
		Protección de		de estudiantes y
		Datos personales,		docentes durante
		garantizando		el uso del
		derechos como el		simulador PhET,
		acceso,		Asegurando que
		rectificación y		se cumplen los
		cancelación de		derechos de
		información.		privacidad y



protección de
información
personal.

Ley 1098 de 2006	2006	Establece el	Artículos 11 y 12	Esta ley es
(Código de		código de la		relevante al
Infancia)		infancia y la		garantizar que las
		adolescencia		actividades
		protegiendo los		educativas con el
		derechos		simulador PhET
		fundamentales de		representen los
		los menores en		derechos de los
		Colombia.		estudiantes
				menores,
				promoviendo un
				ambiente seguro y
				adecuado para su
				aprendizaje.
Ley 1286 de 2009	2009	Transforma	Creación y	Fundamenta el
		Colciencias en el	funciones del	desarrollo y la
		Departamento	SNCTI	promoción de la
		Administrativo de		ciencia y la
		Ciencia,		tecnología en el
		Tecnología e		país, además



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Innovación respalda la
(SNCTI) y crea el evaluación de los
Consejo Asesor simuladores
del CTel. educativos como
parte de la
innovación
educativa.

Decreto Nacional	2015	Compila y	Artículo 2.4.3.4.1	Este decreto
1075 de 2015		reglamenta las		permite integrar
		disposiciones		nuevas
		sobre el sector		metodologías y
		educativo en		recursos es como
		Colombia,		nativos, como los
		incluyendo		laboratorios
		aspectos sobre		virtuales,
		currículo,		apoyando la
		evaluación y		innovación
		Calidad		pedagógica
		Educativa.		necesaria para el
				uso efectivo del
				simulador PhET
				En el aula de



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Ciencias

Naturales.

Ley 1874	2017	Promueve la enseñanza de las ciencias naturales y la educación ambiental en todos los niveles educativos, fortaleciendo competencias científicas y el pensamiento crítico.	Promoción de ciencias Naturales	Respalda el uso de simuladores como herramientas para el desarrollo de habilidades científicas en estudiantes.
Ley 1955	2019	Expide el Plan Nacional de desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”. Establece bases para la legalidad, emprendimiento y	Art. 1 y 2	Promueve el uso de herramientas innovadoras en educación, como los simuladores digitales, para mejorar la equidad y la calidad.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

equidad, alineada
con los ODS y el
fortalecimiento de
la educación y la
innovación.

CONPES 3981	2016- 2026	Declara la importancia estratégica, la capacitación de recursos humanos para la investigación nacional, alineando inversiones y políticas para fortalecer la ciencia, tecnología e innovación en el país.	Alineación con PDN y políticas de CTel	Incentiva el fortalecimiento de las habilidades científicas, como la evaluación de simuladores en la educación secundaria.
Programa y estrategias del	2022	Planes y programas para la	Alineación estratégica	Justifica la implementación y



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

ministerio de
educación y tic

integración de las
tecnologías de la
información en la
educación,
buscando cerrar
las brechas de
acceso y calidad,
con un enfoque de
planeación y
eficiencia de
recursos para
proyectos TI en
educación.

normativa
sectorial.

evaluación de
simuladores
digitales como
parte de la
transformación
educativa digital.

Política Nacional	2022- 2031	Define	Lineamientos	Refuerza la
de Ciencia,		lineamientos y	estratégicos	importancia de
Tecnología e		estrategias para el		proyectos que
Innovación		desarrollo de la		evalúan
		ciencia,		herramientas
		tecnología e		tecnológicas para
		innovación en		el desarrollo de
		Colombia, con		habilidades
		enfoque en la		científicas.
		formación del		



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

talento humano y
la apropiación
social del
conocimiento

Ley 2314 de 2023	2023	Promueve la participación de niñas, adolescentes y mujeres en áreas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), mediante políticas públicas educativas, culturales y de inclusión.	Art. 1. 2 y 3	Garantiza la equidad de género para el acceso y uso de las simulaciones educativas en ciencias.
Resolución 2546	2023	Resolución administrativa relacionada con recursos y procedimientos	Art. 1	Aplica en la infraestructura tecnológica que involucra el uso



ante la Comisión de simuladores en
de Regulación de las instituciones.
Comunicaciones,
en el contexto de
la instalación y
operación de
redes de
telecomunicación

Nota. La tabla describe las leyes y normativas que se relacionan con el uso de las simulaciones para el aprendizaje de los estudiantes. Elaboración propia

Marco Metodológico

Tipo de estudio

Se propone un enfoque mixto, en el cual se combinan métodos cuantitativos y cualitativos para abordar la complejidad del fenómeno estudiado, buscando evaluar el impacto del simulador PhET en el desarrollo de habilidades científicas, integrando tanto aspectos cuantitativos, como la mejora en los puntajes de las pruebas estandarizadas, como cualitativos, que buscan identificar cambios en la percepción del aprendizaje de las ciencias. Mientras los métodos cualitativos permiten profundizar las experiencias y percepciones de los estudiantes, los cuantitativos que generalizan los resultados y permite establecer relaciones causales.

Diseño cuasi- experimental y transversal con grupo control



Para evaluar el impacto del simulador PhET en el desarrollo de habilidades científicas de los estudiantes de media, se emplea un diseño cuasiexperimental y transversal, que permite comparar el rendimiento de dos grupos: uno que utiliza el simulador PhET y otro que sigue los métodos tradicionales. Este diseño no requiere asignación aleatoria, ya que los grupos se conforman según las secciones de clase previamente establecidas.

Tabla 4.

Relación de diseño cuasi- experimental con grupo experimental y grupo control

Fase	Grupo Experimental	Grupo Control
Intervención	Este grupo trabaja con una <i>Estrategia Didáctica basada en PhET</i> , que incorpora un conjunto de simulaciones interactivas diseñadas para la enseñanza de conceptos científicos y matemáticos a través de la exploración virtual.	Este grupo recibe enseñanza mediante una <i>Guía Educativa Tradicional</i> , compuesta por textos y ejercicios con actividades convencionales y no interactivos.
Evaluación	La evaluación se realiza mediante rubricas de valoración asociadas a las actividades desarrolladas en cada fase de la estrategia aplicada.	La evaluación se lleva a cabo utilizando la escala valorativa institucional definida para la metodología tradicional.
Instrumentos	Se aplica un formulario de presaberes sobre el uso del	Se utiliza el mismo formulario de presaberes y fichas de



simulador y se emplean fichas observación como instrumento
de observación como para la recolección de datos.
instrumento para la recolección
de datos.

Nota: La tabla muestra la relación del diseño implementado con los grupos, experimental y control. Elaboración propia

Se adopta un diseño transversal para evaluar el impacto del simulador en el desarrollo de las habilidades científicas, ya que este permite la recolección de datos en un único momento. Al mismo tiempo, implica la manipulación de una variable independiente, en este caso el uso del simulador, y mide su efecto sobre una variable dependiente, como el desempeño en las pruebas de habilidades científicas, dado que este diseño permite establecer relaciones causales entre el uso del simulador y el desarrollo de dichas habilidades, además de controlar otras variables que podrían influir en los resultados, lo que contribuye a aumentar la validez interna del estudio.

Población y muestra

Población: Estudiantes de bachillerato de la Institución Educativa Juan Mejía Gómez, ubicada en Chiriguaná, Cesar (Colombia). El estudio se centra en un contexto específico para permitir un análisis más profundo y ajustado a las condiciones socioculturales y educativas locales. Se considera además la homogeneidad de los estudiantes, quienes comparten características comunes en cuanto al currículo, los recursos disponibles y las expectativas académicas, lo que facilita la comparación de resultados y la identificación de patrones. Esta elección también responde a criterios de factibilidad, ya que estudiar a toda la población de bachillerato de una misma institución resulta más manejable en términos logísticos y de recursos. Finalmente, la relevancia local del estudio se refuerza al enfocarse en una comunidad



particular, donde los resultados de la investigación pueden tener un impacto directo en la mejora de la mejora de las prácticas educativas en la región.

Muestra: Se seleccionaron 38 estudiantes de grado 11 para la muestra de grupo control y 39 estudiantes del mismo nivel para el grupo experimental, asegurando representatividad en términos demográficos y socioeconómicos. Esta elección considera la etapa de desarrollo en la que se encuentran los estudiantes quienes están consolidando sus conocimientos y habilidades, y cuentan con la madurez necesaria para responder cuestionarios y participar de actividades investigativas. Esta representatividad de la muestra en términos demográficos y socioeconómicos permite generalizar los resultados a la población de estudiantes de grado 11 de la institución.

En resumen, la elección de esta población y muestra responde a una justificación metodológica que busca garantizar la validez y relevancia de los resultados, al centrarse en una población específica y garantizar la representatividad de la muestra reflejando sus características clave. Esto permite obtener conclusiones más sólidas y aplicables a la realidad educativa de la Institución Educativa Juan Mejía Gómez.

Técnicas e Instrumentos de valoración

Test de Kolb (Caracterización psicoeducativa) (Ver Anexo 1)

El test de Kolb (1984), se utiliza para identificar los estilos de aprendizaje de los individuos. Este modelo se basa en dos dimensiones principales: la percepción que se determina desde (la experiencia concreta vs la conceptualización abstracta) y el procesamiento de la información (que varía entre la experimentación activa vs la observación reflexiva), A partir de las cuales Kolb describe cuatro estilos de aprendizaje (Salvador, 2017):

- Convergente: predomina la conceptualización abstracta y la experimentación activa.



- Divergente: enfatiza en la experiencia concreta y la observación reflexiva.
- Asimilador: combina la conceptualización abstracta con la observación reflexiva.
- Acomodador: integra la experiencia concreta y la experimentación activa.

Prueba U de Mann-Whitney

Los datos cuantitativos se analizaron mediante la prueba U de Mann-Whitney, apropiada para datos con distribución no normal de los datos y escala no son paramétricos. Esta prueba se ajusta al tipo de respuestas esperadas en el estudio, específicamente datos binarios (correcto o incorrecto). Las hipótesis que se evaluarán son:

- H_0 (hipótesis nula): no hay diferencia significativa entre los valores del grupo control y el grupo experimental.
- H_a (hipótesis alternativa): hay diferencia significativa entre los valores del grupo control y el grupo experimental.

La prueba se aplicará inicialmente para verificar inicialmente si, en el formulario de presaberes, las muestras son similares. Se calculan los valores de p y h , donde p representa el nivel de significancia: si p es menor a 0.05, se rechazará la hipótesis nula, lo que indicaría una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos.

Cuestionario

Esta herramienta es diseñada para recopilar la información de los saberes previos de los estudiantes antes de la interacción con el simulador (Anexo 10). El cuestionario incluye preguntas que miden el nivel de comprensión y familiaridad de los estudiantes con conceptos científicos relevantes, lo que permite caracterizar la experiencia previa con los simuladores. (Dickinson y Adams, 2017)

MATLAB (R2024b)



Esta herramienta se utiliza para el análisis de datos y la obtención de valores representativos a partir de la aplicación de los Pretest del grupo A y grupo B. MATLAB de MathWorks, (2024) permite identificar diferencias significativas al momento de realizar la Prueba U de Mann-Whitney.

Fichas de observación (Sistema dual de registro)

El sistema dual de registro se establece con el registro de fichas de observación participante y no participante, aplicadas tanto al grupo control, como al grupo experimental, combinando dos tipos de observación, permitiendo evaluar el impacto de la intervención con el simulador en el desarrollo de habilidades científicas (Dickinson & Adams, 2017).

- Fichas de Observación participante

En este tipo de observación, el observador se involucra activamente en los grupos de estudio (experimental y control), participa en las actividades y registra los comportamientos y dinámicas observadas, de manera que facilita la comprensión de las interacciones y procesos internos del grupo. (Anexo 2)

- Fichas de Observación no participante

En la observación no participante, el observador permanece al margen de las actividades del grupo y registra sus observaciones de forma objetiva, lo que permite reducir el riesgo de influir en el comportamiento del grupo y permite una mayor objetividad. (Anexo 3)

Al combinar un sistema dual de observación, que incluye tanto la modalidad participante como la no participante, se obtiene una visión más completa de los procesos de aprendizaje. La observación participante permite registrar con detalle la interacción de los estudiantes con el simulador, mientras que la no participante aporta una visión más objetiva sobre los cambios en el comportamiento o rendimiento académico (Creswell, 2014).

NVivo

Se incorpora la herramienta NVivo (versión 15) de Lumivero (2023), para el análisis cualitativo de los datos, la cual permite organizar, codificar y categorizar grandes volúmenes de información de manera sistemática. En este estudio, se utilizarán las fichas de observación, tanto el grupo experimental como del grupo control, como insumo para la clasificación de los documentos y análisis de contenido.

Estrategia didáctica del grupo experimental

La estrategia didáctica plantea técnicas planificadas que facilitan el aprendizaje de manera efectiva (Vallejos, 2023), utilizando herramientas interactivas como el simulador PhET, con el propósito de promover el aprendizaje activo y la exploración de los conceptos científicos. En este sentido se establece el siguiente cuadro que relaciona la estrategia con los instrumentos de valoración correspondientes. (Anexo 4)

Tabla 5.

Relación estrategia didáctica e instrumentos de validación

Elemento	Técnica/Instrumento	Relación con la Estrategia didáctica
Estilos de aprendizaje	Test de Kolb	Las actividades que se plantean en la Estrategia Didáctica se adaptan según los estilos de aprendizaje identificados mediante



		el test de Kolb, ya que, se diseñan actividades específicas usando las simulaciones PhET.
Rúbrica STEM	Cuestionario de presaberes	Los criterios técnicos para el desarrollo de las rúbricas STEM han sido validados y ajustados a partir de los resultados obtenidos mediante el cuestionario de presaberes, lo que permite que sea más precisa y adecuada al nivel de los estudiantes.
Registro de interacciones	Fichas de observación	Las fichas de observación permiten la recolección de datos específicos sobre las habilidades científicas, que facilitan el desarrollo de los estudiantes en el contexto STEM.

Nota: La tabla presenta la información relacionada con la estrategia didáctica, los instrumentos, las técnicas y elementos utilizados para recopilar la información. Elaboración propia

Guía Educativa (Grupo Control)

La guía educativa se fundamenta en la metodología tradicional empleada en la institución, la cual se basa en actividades mediante una orientación magistral del docente, complementadas con ejercicios individuales a partir de lecturas y talleres. Este recurso permite proporcionar un marco del aprendizaje estructurado que permite establecer comparaciones con grupo experimental. (Anexo 5)

Tabla 6

Matriz de interesados y beneficiarios



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Grupo de Interesados/ Beneficiarios	Intereses	Expectativas	Problemas Previstos	Predisposición	Estrategia
Estudiantes	Aprender de manera divertida. Mejora el rendimiento académico, desarrollar habilidades y promueve el trabajo en equipo	Usar el simulador en el proceso de aprendizaje, aumentando la comprensión de los temas y el trabajo de forma colaborativa.	Falta de dispositivos electrónicos y conectividad, dificultad para entender las instrucciones, falta de motivación por tareas extras.	Generalmente una actitud positiva y entusiasmo, aunque puede existir resistencia al cambio.	Brindar asesorías personalizadas y gamificar el aprendizaje.
Docentes	Mejorar sus prácticas pedagógicas, facilitar el aprendizaje, mantenerse actualizados en tecnología educativa.	Contar con el apoyo en el proceso de enseñanza y lograr un aprendizaje.	Falta de tiempo, resistencia al cambio, dificultad para adaptarse a nuevas herramientas digitales.	Varía entre la resistencia al cambio y entusiasmo, según la experiencia y conocimientos de tecnología.	Ofrecer talleres de capacitación, crear comunidades de práctica y compartir experiencias exitosas.
Directivos	Aumentar la calidad educativa institucional, cumplir con los estándares educativos, obtener	Lograr impactos positivos y medibles en la educación.	Falta de recursos económicos, resistencia del personal, dificultad para medir el impacto.	Mayoritariamente favorable, aunque con preocupación e inquietudes por los costos y la ejecución.	Presentar un plan detallado, evidenciar los beneficios del proyecto e involucrar a los directivos en la toma de decisiones.



	reconocimien to por la innovación.				
Padres de familia	Que sus hijos adquieran habilidades útiles, que se empleen tecnologías modernas, y mantenerse informados.	Que las simulaciones mejoren el aprendizaje y sus hijos, reciban los conocimientos necesarios.	Falta de tiempo y compromiso para acompañar el proceso educativo.	En general positiva, aunque pueden surgir incertidumbres o reservas de la utilización de estas tecnologías en el hogar.	Ofrecer charlas informativas y resolver inquietudes sobre el uso de tecnología educativa en las casas.
Comunidad educativa	Que la institución sea reconocida por su innovación, y que los alumnos estén preparados para el futuro.	Que el proyecto tenga un impacto positivo y beneficioso para la comunidad, siendo inclusivo y accesible para todos.	Resistencia al cambio, desigualdad en el acceso a la tecnología.	Variable, depende del conocimiento y las expectativas de cada grupo.	Promover la participación comunitaria en el proyecto, fomentar alianzas entre diferentes instituciones y divulgar resultados.

Nota: La tabla representa los interesados y beneficiarios del proyecto. Elaboración propia

Resultados y análisis de resultados

Análisis cuantitativo de los Test

Inicialmente se aplicó un Pre-Test al grupo control y al grupo experimental, cuyas preguntas estaban categorizadas (Anexo 6), para evaluar los conocimientos previos de ambos grupos. Posterior se

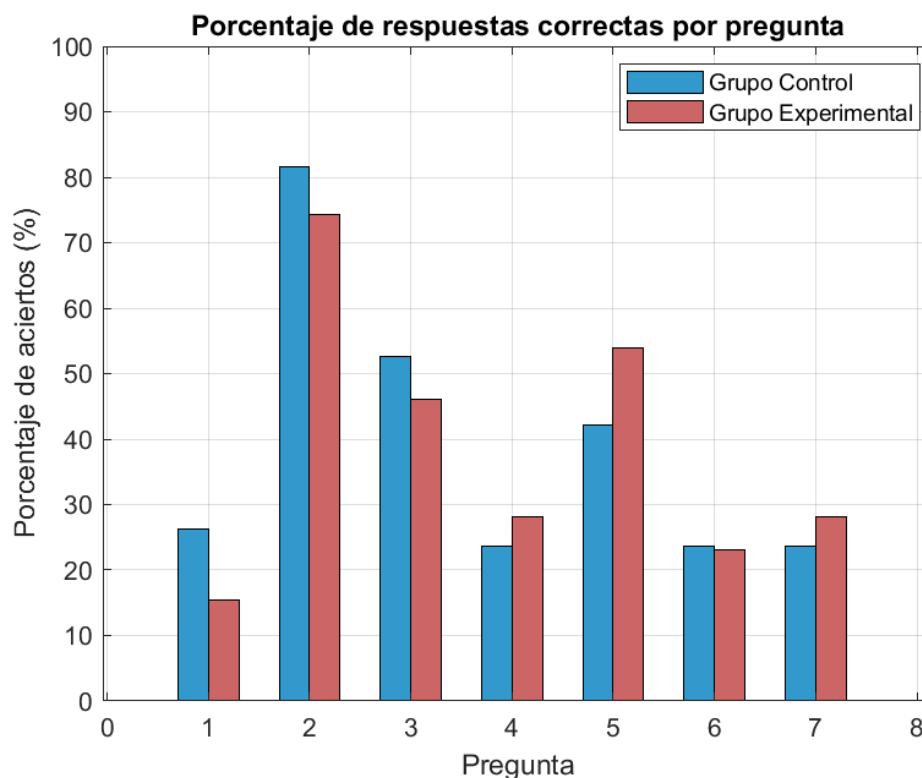


aplicó la prueba U de Mann-Whitney, tanto por pregunta, como por categoría, con el objetivo de comparar los resultados iniciales. Los análisis sugieren que no se presentan diferencias significativas entre los resultados obtenidos entre los dos grupos, con un nivel de significancia de $p = 0.05$, (Los resultados completos de los análisis se encuentran en el Anexo 7). Estos valores permiten concluir que existe homogeneidad entre los grupos evaluados, lo cual valida la posibilidad de aplicar el Post-test para el análisis posterior de los efectos de la intervención.

Los resultados obtenidos en el Pre-Test confirman que ambos grupos presentan conocimientos previos similares (Figura 2). Las categorías en las que se observaron mejores desempeños fueron “Fundamentos del Cambio Climático” y “Causas y Consecuencias del Cambio Climático” lo que evidenció fortalezas en conocimientos básicos y conceptuales del cambio climático. En contraste la categoría “Soluciones y Respuestas al Cambio Climático”, la cual obtuvieron menos del 30% de los estudiantes las respuestas correctas, lo que sugiere una debilidad en la aplicación de soluciones frente al problema ambiental.

Figura 2.

Porcentaje de aciertos Pre-Test por pregunta. Comparación entre grupo control y grupo experimental

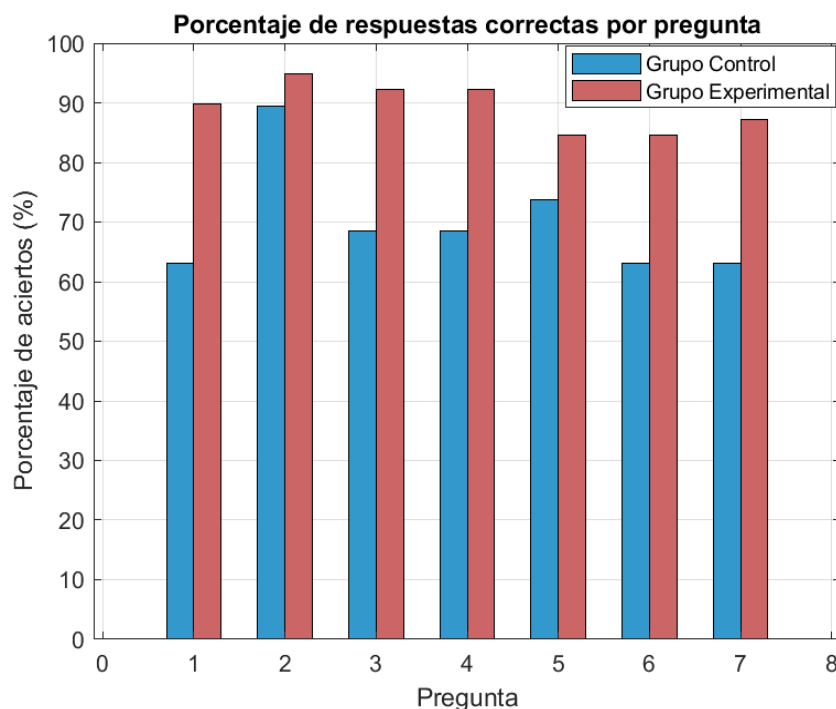


Nota: El gráfico representa los datos recolectados a partir del pre- test, de los saberes previos de los estudiantes sobre el efecto invernadero. Este fue generado por medio de la herramienta (MATLAB R2024B)

Una vez implementada la estrategia educativa en ambos grupos, se aplicó el Post-Test (Anexo 8), el cual incluía mismas preguntas del Pre-Test con el objetivo de medir el grado de mejora en las respuestas entre ambos grupos, y la validación de nuestra hipótesis inicial: que uso del simulador contribuye a la mejora de los conocimientos y las habilidades científicas.

Figura 3.

Porcentaje de aciertos Post-Test por pregunta Grupo Control vs Grupo Experimental



Nota: El grafico representa los datos obtenidos a partir de la aplicación del post- test con los conocimientos adquiridos desde la aplicación de la estrategia educativa. (MATLAB R2024B)

Los resultados muestran que ambos grupos obtuvieron mejoras significativas en la asertividad en el Test (ver Figura 4). El grupo control incrementó sus porcentajes de aciertos en las tres categorías evaluadas, con una mejora cercana del 30 al 40% en la mayoría de las respuestas, a excepción de la pregunta 2, donde ya existían buenos resultados previos debido a conocimientos consolidados. Por su parte el grupo experimental evidenció un mayor aumento en el número de respuestas correctas en comparación al grupo control, superándolo en todas las preguntas. Esto sugiere que el uso del simulador PhET, favoreció significativamente el aprendizaje al respecto del grupo control, contribuyendo y apoyando nuestra hipótesis inicial respecto al uso de las simulaciones. En este grupo, se observó un aumento en sus porcentajes de aciertos entre el 40 a 60 % en las distintas categorías evaluadas.

Por otra parte, las tres preguntas finales del test que corresponden a la categoría de “Enfoque Educativo y Motivacional”, evidenciaron que los estudiantes del grupo control mostraron inicialmente motivación inicial de conocer y aprender sobre los temas del cambio climático y los GEI. Tras la implementación de



la estrategia, los resultados indicaron un mayor interés en el aprendizaje basado en las simulaciones y prácticas para clases dinámicas. En el grupo experimental, se observó que el grado de aprobación aumentó de un 40% a 90%, para el uso del simulador e interés en seguir aprendiendo mediante los ABS (aprendizaje basado en simulaciones).

Análisis cualitativo a partir de fichas de observación

El análisis cualitativo se realizó por medio de 30 fichas de observación, distribuidas entre el grupo control (5 fichas de observación participante y 10 de observación no participante) y el grupo experimental (5 observación participante y 10 observación no participante). Los datos se codificaron por medio de Nvivo, (Los resultados completos de los análisis se encuentran en el Anexo 9), lo que permitió generar siete categorías emergentes: uso de materiales físicos, interacción con el simulador, participación estudiantil, estrategias del docente, comprensión conceptual, ambiente de aprendizaje y resultados de aprendizaje.

A partir de esta codificación se generó una nube de palabras de forma general, que incluyó las 500 palabras con mayor frecuencia (mínimo de 5 repeticiones), así como nubes de palabras por cada categoría, considerando 50 palabras también con mínimo 5 repeticiones.

La nube de palabras general (ver Figura 4) permite identificar términos más recurrentes en las observaciones realizadas, encontrando entre las palabras destacadas: “estudiantes”, “simulador” “observa”, “docente”, “aprendizaje”, “exploración” “comprensión”. Esto sugiere que la atención de los observadores se centró en la interacción entre los estudiantes y el simulador, como eje del proceso de aprendizaje, desde la exploración, la comprensión de contenidos mediados por el docente, lo que permitió identificar el desarrollo de habilidades científicas a través del uso de recursos tecnológicos.

Figura 4.

Nube de palabras general a partir de fichas de observación



Nota: El grafico representa la codificación de palabras más frecuentes a partir del análisis cualitativo de las fichas de observación de los grupos control y experimental, (Imagen generada por la herramienta Nvivo).

Aunque el grupo control que no utilizó el simulador, las observaciones evidencian un desarrollo destacado en esta herramienta en el grupo experimental, lo que refiere a un término con mayor relevancia en el desarrollo de las actividades. Por este motivo, se generaron nubes de palabras específicas para cada categoría, lo cual permitió identificar patrones de comportamiento y participación diferenciados. La categoría “Uso de materiales físicos” (Figura 5) se evidencia una diversidad de recursos empleados durante las actividades. En la categoría “Interacción con el simulador” (Figura 8), predominaron las palabras asociadas con el manejo de la herramienta, la exploración y el aprendizaje autónomo. La categoría “Participación estudiantil” (Figura 7), se destacaron términos como *colaboración* y *preguntas* lo que evidencia una participación de los estudiantes, especialmente en el grupo experimental.

Figura 5

Nube de palabras Categoría “Uso de materiales físicos”



Nota: Gráfico generado por medio de la herramienta Nvivo

Figura 6

Nube de palabras Categoría “Comprensión conceptual”



Nota: Gráfico generado por medio de la herramienta NVivo

Figura 7

Nube de palabras Categoría “Participación estudiantil”



Nota: Gráfico generado por medio de la herramienta Nvivo

Figura 8

Nube de palabras Categoría “Interacción con el simulador”

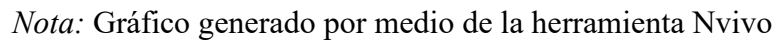


Figura 9

Nube de palabras categoría “Estrategia del docente”

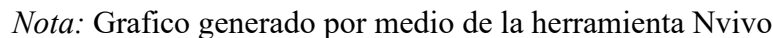


Figura 10

Nube de palabras categoría “Resultados de aprendizaje”



Nota: Grafico generado por medio de la herramienta Nvivo

Figura 11

Nube de palabras Categoría “Ambiente de aprendizaje”



Nota: Grafico generado por medio de la herramienta Nvivo

En la categoría “Estrategias del docente”, (figura 9) se observa una recurrencia en términos como *facilitación, guía y retroalimentación*, lo que indica que los docentes permitieron espacios para responder dudas y socializarlas. En la categoría “comprensión conceptual” (figura 6), aparecieron términos



relacionados con la *asimilación de conceptos* y la *resolución de preguntas*, los que evidencian procesos de construcción del conocimiento. En “Ambiente de aprendizaje” (figura 11), se identificaron aspectos relacionados la *disposición del espacio*, la *dinámica grupal*, la *percepción de la comodidad*, sin embargo, aunque también se reportaron factores ambientales (como el clima) y sociales (como el ruido externo), lo que indica la importancia de mantener un entorno propicio para el aprendizaje. Finalmente, en “Resultado de aprendizaje” (figura 10), se identificaron los *logros alcanzados*, las *dificultades superadas* y la *evidencia del progreso* de los estudiantes.

A partir de estos resultados fue posible realizar un análisis comparativo entre los dos grupos. En el grupo experimental se encuentran diferencias relevantes a partir de las nubes de palabras generadas por categorías, como la *exploración* y la *autonomía*, mientras en el grupo control prevalecieron términos relacionados con la *instrucción directa* y la *observación pasiva*. Estos hallazgos sugieren que el uso del simulador PhET, junto con estrategias activas y trabajo colaborativo, favorecen una mayor implicación y el desarrollo de las habilidades científicas por parte de los estudiantes.

Conclusiones

La evaluación didáctica de la aplicación del simulador PhET Colorado, desde el enfoque STEM, permitió evidenciar el potencial como herramienta para el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes de grado undécimo de bachillerato, este diseño e implementación que integró criterios didácticos, pedagógicos y técnicos fue un avance fundamental para medir de forma integral el impacto de las simulaciones virtuales en el desarrollo de habilidades científicas de los estudiantes.



Esta investigación permitió evidenciar un impacto positivo y de transformación del uso de simuladores, en este caso el simulador PhET al momento de desarrollar habilidades científicas en estudiantes de grado once, desde el enfoque STEM. Durante la realización del proyecto, se pudo demostrar que utilizar de forma adecuada las simulaciones interactivas facilita la comprensión y el análisis de conceptos y casos complejos, permite motivar a los estudiantes, además de la inclusión y equidad en el salón de clases aula, todo lo mencionado anteriormente es clave al momento de pensar en una educación de calidad.

Desde un punto de vista pedagógico, es muy efectivo utilizar simuladores como herramienta de aprendizaje activo, pensamiento científico y la resolución de problemas. Las habilidades mencionadas anteriormente son muy importantes en la actualidad y fortalecerlas desde este nivel educativo permite consolidar las bases científicas y tecnológicas. El enfoque STEM, al integrar Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, potencia la integración curricular y a su vez permite a los estudiantes comprender conceptos, evidenciar problemáticas y proponer posibles soluciones a problemas que afectan en este caso el medio ambiente.

El estudio se realizó en la Institución Educativa Juan Mejía Gómez, ubicada en el municipio de Chiriguaná, Cesar, un contexto caracterizado por tener limitaciones en infraestructura y acceso a laboratorios físicos. En este entorno, el simulador PhET se ofrece como una alternativa altamente efectiva capaz de mitigar estas falencias, esta herramienta permite a los estudiantes visualizar fenómenos naturales, manipular variables que intervienen en un sistema y analizar datos desde un entorno simulado pero ajustado a problemáticas reales actuales. Con esto se busca empezar a cerrar brechas educativas y buscar un acercamiento a una educación de calidad.

La integración del enfoque STEM en los criterios de evaluación garantiza aspectos como la aplicabilidad de los conceptos científicos en entornos tecnológicos y de ingeniería, además de promover



el pensamiento lógico-matemático mediante la interacción con las simulaciones. La estrategia didáctica diseñada, la integración de pruebas, cuestionarios de opinión y fichas de observación, facilitó obtener una comprensión integral del simulador, para favorecer el desarrollo de las habilidades científicas desde un enfoque que supera las limitaciones de las disciplinas tradicionales.

La evaluación por medio de una rúbrica con los criterios ajustados al uso del simulador PhET, permitió conocer su efectividad en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, facilitó la resolución de problemas y el desarrollo del pensamiento crítico. Del mismo modo, favoreció la construcción de la autonomía, la motivación y la comprensión de los contenidos. Desde el punto de vista técnico, la herramienta fue de fácil uso y permitió la utilización sin conexión a internet por medio de una descarga previa de la simulación y de esta forma mitigar la problemática de conectividad que presentan muchos estudiantes.

El estudio del simulador PhET resalta su capacidad como una herramienta eficaz STEM para que los estudiantes de undécimo grado desarrollen habilidades científicas en, incluso en entornos educativos con recursos limitados. Se observó una mejora positiva en la comprensión de conceptos complejos, aumento en la motivación y fomento de un aprendizaje activo y colaborativo. El diseño interactivo, junto con análisis cuantitativos y cualitativos, ha probado que las simulaciones son una metodología más efectiva que los métodos tradicionales para mejorar notablemente el rendimiento académico, potenciando la resolución de problemas y el pensamiento crítico. Además, la versatilidad del simulador, incluso sin conexión a internet, lo hace una opción eficiente para reducir las desigualdades educativas.

De acuerdo a lo anterior, se implementó un diseño cuasiexperimental con dos grupos, control (Grupo A) y experimental (Grupo B), esto permitió dar validez con mucho rigor científico al impacto del uso de simuladores en el proceso de aprendizaje de los estudiantes en áreas STEM. Se realizaron dos tipos de análisis de datos, los cuantitativos (U Mann-Whitney) y los cualitativos (NVivo y MATLAB), ambas



mostraron diferencias significativas entre los estudiantes que utilizaron el simulador como herramienta de aprendizaje y los estudiantes que fueron orientados por medio de una metodología tradicional.

Se observó que el rendimiento del grupo control y experimental aumentaron considerablemente tras la aplicación de la estrategia didáctica sobre el cambio climático y los GEI, lo cual, demostró que la intencionalidad inicial sobre la mejora educativa está apoyada por los datos obtenidos tras observar los Test aplicados, en donde, el grupo experimental obtuvo un mayor rendimiento en todas las preguntas respecto al grupo control, indicando que el aprendizaje basado en las simulaciones PhET, fueron una metodología más eficiente para los estudiantes y contribuyeron a mejores resultados en la participación e intencionalidad, fortaleciendo las habilidades científicas en el análisis de situaciones y aplicaciones de mejora para contribuir a los efectos de los GEI y el cambio climático.

Con el fin de adaptar la estrategia didáctica al contexto psicoeducativo se realizó el test de Kolb, esto permitió aumentar el nivel de comprensión de las actividades propuestas. Esta adaptación permite una mayor identificación con las problemáticas observadas, promueve la participación y autonomía de los estudiantes. A su vez, se demostró que cuando se adaptan los contenidos temáticos a unas condiciones específicas, aumenta la motivación y el rendimiento académico.

Para las encuestas de satisfacción en la categoría de “Enfoque Educativo y Motivacional”, se evidencio que los estudiantes prefieren en su mayoría la presencia de las simulaciones interactivas en las clases, argumentando que, el uso del simulador también contribuyó en su aprendizaje, resultado que se reflejó por medio del análisis de las fichas de observación, donde los estudiantes lograron un aprendizaje significativo desde la práctica y experimentación con el simulador en grupos de trabajo, generando una mayor relevancia en el aprendizaje activo y colaborativo.



Se pudo evidenciar que no es suficiente con tener las salas de informática de las instituciones dotadas de dispositivos tecnológicos, lo necesario es el acompañamiento en estos procesos con capacitación a los docentes, actualización de contenidos, estrategias didácticas y pedagógicas claras. Lo mencionado anteriormente es importante porque con los objetivos curriculares claros se pueden desarrollar excelentes proyectos que pueden ser replicados y adaptados se pueden aplicar en diferentes contextos educativos.

Además, la aplicación a gran escala de esta metodología educativa, aunque puede enfrentar obstáculos significativos. Es fundamental superar la carencia de recursos y la brecha digital en otras instituciones, asegurando el acceso y la conectividad. La formación y el apoyo de los docentes son esenciales para superar la resistencia al cambio y fomentar una mentalidad innovadora. Asimismo, es necesario crear políticas públicas que apoyen la integración eficaz y continua de los simuladores, integrándolos de manera completa en los procesos de aprendizaje. Investigaciones futuras deben examinar su uso en diferentes ámbitos y niveles educativos, así como mejorar la evaluación de habilidades blandas y garantizar la durabilidad a largo plazo de estas herramientas innovadoras.

Es importante mencionar que el simulador PhET logra de manera significativa fortalecer en los estudiantes el trabajo colaborativo, ya que permite que puedan trabajar en equipos logrando un intercambio de ideas y socializando cada una de sus perspectivas a través de debates que permitan construir de manera colectiva el conocimiento. Por medio de esta dinámica se logra promover habilidades como la comunicación, la empatía y la gestión del tiempo, estas competencias tienen un fuerte impacto en el mundo laboral y son fuertemente valoradas por lo que son vistas como indispensables para una convivencia democrática y plural.



Por otro lado, se lograron identificar ciertos desafíos y limitaciones. Uno de ellos es la complejidad de poder garantizar que el sistema educativo en su totalidad tuviese la disponibilidad de los dispositivos y la conectividad en todos los espacios necesarios. Aunque la herramienta PhET tiene la capacidad de trabajar sin conexión a internet, es importante mencionar que las instituciones educativas deben de contar con los recursos necesarios que permitan el manejo adecuado de este tipo de plataformas. Asimismo, es de gran necesidad poder brindar el asesoramiento y capacitación al cuerpo docente logrando vencer de esta forma con la resistencia a los cambios promoviendo una cultura de innovación.

Bajo este enfoque, se recomienda a los organismos del estado, entidades educativas y organizaciones del tercer sector que puedan desarrollar políticas de acompañamiento, que puedan respaldar el uso eficaz, transparente y sostenible de los simuladores virtuales como PhET, de ese modo a través de estas políticas lograr garantizar que estas herramientas digitales están fuertemente ligadas a los procesos de aprendizaje y no sean por el contrario elementos aislados de los mismos. Cabe mencionar que esta experiencia representa una gran oportunidad para poder resolver de manera creativa y bajo una mejor orientación, problemas reales del entorno.

Es importante la continuidad de investigaciones similares que permitan profundizar en áreas del conocimiento de una forma diversa en otros niveles educativos, la experiencia de este proyecto puede servir como un punto de partida vital en este sentido, explorando nuevas metodologías, instrumentos y estrategias de evaluación, contribuyendo así a una educación más pertinente, inclusiva y transformadora.

Podemos concluir, que por medio de la implementación del simulador PhET, como apoyo fundamental dentro de una estrategia didáctica fundamentada bajo el enfoque STEM, se puede lograr un impacto de carácter positivo en el desarrollo de habilidades científicas. También, ayuda al mejoramiento de la comprensión de conceptos con un alto índice de complejidad, aumenta en gran medida la motivación de los estudiantes y promueve el aprendizaje significativo.



Por última instancia, esta investigación ofrece una propuesta metodológica que combina la tecnología, la pedagogía y el contexto, con la capacidad reflexiva de poder transformar la manera en cómo se llevan a cabo los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales dentro de las aulas. Todo lo anterior, hace parte de un desafío grande en el siglo XXI donde los estudiantes se convierten en impulsores de su propio conocimiento logrando un aprendizaje significativo, participando activamente de su desarrollo educativo y logrando cambios en su comunidad y también de manera global.

Visión prospectiva del proyecto

- Lecciones Aprendidas
 - La capacitación continua de los docentes, enfocada en estrategias de integración tecnológica es esencial para aprovechar al máximo el potencial de los simuladores.
 - La retroalimentación constante de estudiantes y docentes es importante para identificar retos y oportunidades de mejora en la implementación.
 - La disponibilidad de la infraestructura tecnológica (laboratorios, equipos) es un factor clave para la adopción exitosa de simuladores.
 - La exploración de los diferentes tipos de simulaciones y su adaptación a distintos temas científicos puede enriquecer el proceso de aprendizaje.
 - Para integrar de manera exitosa los simuladores virtuales se necesita una planificación pedagógica detallada y guías claras para los docentes, más allá de la introducción de la herramienta.
- Fortalezas Identificadas



- Capacitar a los docentes en el uso de simuladores virtuales representa un aumento del personal calificado al momento que se decida como institución implementar el aprendizaje basado en simulaciones en los diferentes niveles educativos.
- El simulador PhET puede ser descargado por los estudiantes y de esta forma trabajar cada una de las simulaciones sin conexión, esto permite mitigar la problemática de conectividad de los estudiantes que no tienen red de internet en sus hogares.
- Aprender sobre los Gases de Efecto Invernadero desde el simulador PhET permite a los estudiantes conocer cuáles son las consecuencias su emisión, comportamiento de las variables que intervienen en el proceso y plantear posibles soluciones para mitigar su impacto.
- Analizar los datos obtenidos desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo permite conocer la percepción de los estudiantes y su nivel de comprensión de un tema cuando se decide implementar simuladores en el proceso de aprendizaje.
- Es muy probable que el uso de los simuladores permita a los estudiantes desarrollar habilidades científicas y con esto el pensamiento crítico y la resolución de problemas.
- Oportunidades de Mejora
 - Crear estrategias más eficientes para incluir a los padres en el proceso de aprendizaje con simuladores, incluso en situaciones de limitada conectividad en el hogar.
 - Profundizar en la elaboración de recursos didácticos complementarios (guías, talleres, etc.) que combinen el uso del simulador con ejercicios prácticos y debates en clase.
 - Explorar herramientas de evaluación en línea que se puedan utilizar en el entorno escolar para un seguimiento más detallado del avance individual de los estudiantes con los simuladores.



- Implementar métodos de seguimiento a largo plazo para medir la retención del conocimiento y el desarrollo de habilidades científicas adquiridas mediante el uso de los simuladores.
- Fomentar mayor colaboración entre los docentes para diseñar e implementar actividades con simuladores, creando comunidades de aprendizaje dentro de la institución.
- Recomendaciones
 - Acompañar continuamente a los docentes que decidan utilizar simuladores en sus procesos pedagógicos de forma técnica y metodológica.
 - Crear un paso a paso para el desarrollo de cada una de las simulaciones, esto puede servir de guía para el docente que lo requiera y al mismo tiempo para los estudiantes al momento de la clase o práctica.
 - Permitir a los estudiantes diseñar actividades de manera libre y creativa con el propósito de incentivarlos a utilizar simuladores y fomentar su creatividad.
 - Integrar de manera progresiva el uso de simuladores en la planeación curricular en el proceso de enseñanza de áreas STEM.
 - Evaluar periódicamente el impacto de la metodología basada en simulaciones con el fin de realizar ajustes en su implementación y conocer el nivel de avance de los estudiantes en su proceso de aprendizaje.
- Ideas para Nuevos Proyectos:
 - Elaboración de Simulaciones PhET Adaptadas al Contexto de Chiriguaná: Diseñar simulaciones que traten fenómenos naturales o actividades productivas significativas para la región del Cesar (por ejemplo, las relacionadas con la Ciénaga de Zapatosa, la agricultura local o la minería sostenible).



- Implementación de Laboratorios Virtuales Integrados con Simuladores PhET: Crear espacios de aprendizaje en línea que combinen simulaciones interactivas con recursos multimedia, actividades de experimentación virtual y herramientas colaborativas.
- Creación de un Programa de capacitación de Líderes Estudiantiles en el Uso de Simuladores: Entrenar a los estudiantes de grados superiores para que se desempeñen como tutores y facilitadores del uso de simuladores entre sus compañeros.
- Estudio sobre el efecto de los Simuladores PhET en la Motivación y la Vocación Científica de los Estudiantes de Chiriguaná: Realizar una investigación a largo plazo para determinar si el uso de simuladores influye en el interés de los estudiantes en profesiones STEM.
- Exploración del Uso de Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (RV) como apoyo a los Simuladores PhET: Investigar de qué manera estas tecnologías inmersivas pueden mejorar la experiencia de aprendizaje en ciencias.



Consideraciones éticas

El presente proyecto se realiza con la intención de generar conocimiento científico y académico, con la protección de la dimensión humana y de los participantes asegurando la integridad, validez y responsabilidad de todo el proceso. En principio, realizándose un consentimiento informado y autorizado para los participantes, ya que, como menores de edad, se siguieron formatos para los responsables directos como tutores y/o padres de los involucrados, en suma, del asentimiento de los estudiantes para la participación y disposición por voluntad propia en la participación del proyecto.

Además, la confidencialidad de los datos se tiene en cuenta para proteger la identidad de los participantes, para generar confianza y asegurar la privacidad de la información que es recolectada durante las intervenciones académicas.

Se asegura la justicia y equidad en la selección de los participantes; se realizó a partir de una asignación aleatoria con la validación de grupos similares, con las pruebas de Kolb y U de Mann-Whitney, para evitar sesgos y oportunidades justas entre los participantes.

El proyecto se compromete a realizar una honestidad científica y tecnológica en la manipulación de los resultados, sin realizar cambios en la precisión de los resultados, fuentes y bibliografía, recolección y análisis de datos, comprometiendo que la divulgación total del estudio cumple con los estándares académicos y el compromiso ético y profesional de los participantes.



Referencias

Anastasi, A., & Schunk, D. H. (2013). Measurement of learning and behavior (8th ed.).

Anijovich, R., y Mora, S. (2021). Estrategias de enseñanza. Buenos Aires: Ediciones Argentina.

https://www.academia.edu/29273673/Anijovich_Mora_Estrategias_de_Ense%C3%Blanza

Argüello-Guevara, J. V. (2021). Metodología Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas aplicada al Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Naturales. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 1(1), 61–70. <https://doi.org/10.37843/rted.v1i1.256>

Barradas-Arenas, U., Cocón-Juárez, J., Pérez- Cruz, D. & Vázquez-Aragón, M. del R. (2023). El Impacto de los Simuladores en el Aprendizaje de los Sistemas Digitales. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 16(1), 67-76. <https://doi.org/10.37843/rted.v16i1.350>

Bizzio, M. D. los Á., Guirado, A. M., & Maturano, C. I. (2022). Criterios para la selección y uso de simulaciones en un grupo de profesores de Ciencias Naturales en formación. *Educación*, 31(61), 09–26. <https://doi.org/10.18800/educacion.202202.001>

Bojie, Fu, B., Stafford-Smith, M., & Chao, Fu, C. (2021). Socio-ecological systems of drylands in changing environments: *Editorial overview. Current Opinion in Environmental Sustainability*, 48, A1–A5. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.03.001>

Bogdán, R., & Greca, I. (2017). Modelo interdisciplinar de educación STEM para la etapa de Primaria. <https://recursos.educoas.org/publicaciones/modelointerdisciplinar-de-educacion-stem-para-la-etapa-de-educacion-primaria>



- Botero Espinosa, J. (2018). Educación STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender. *STEM Educación Colombia*, 1, 1-336.
- Bybee, R. W. (2013). The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. En *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. National Science Teachers Association.
<https://doi.org/10.2505/9781936959259>
- Camacho Peña, A. G., & Medina-Chicaiza, P. (2022). *Simuladores virtuales para la transferencia de conocimientos sobre números enteros | Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*. <https://www.editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/349>
- Casas J., Repullo R., Donado, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos, Volumen 31, Pag 527-538, ISSN 0212-6567, [https://doi.org/10.1016/S0212-6567\(03\)70728-8](https://doi.org/10.1016/S0212-6567(03)70728-8).
- Chávez-Cusihuaman, Y. (2023). El laboratorio virtual PhET y la Competencia “Indaga” del área de Ciencia y Tecnología en los estudiantes del cuarto grado de una escuela secundaria de Cusco. *Aportes*, 1(35), 41–51. <https://doi.org/10.56992/a.v1i35.436>
- Chovriy, S., Pelekh, V., Rogoza, V., Zorochkina, T., & Zdir, D. (2024). Organization of a STEM-oriented environment in higher education institutions. *Revista Amazonia Investiga*, 13(76), 333-347.
<https://doi.org/10.34069/ai/2024.76.04.27>
- COCEMFE. (2019). Metodologías y enfoques inclusivos en la Educación: Guía para el conocimiento de nuevas metodologías de enseñanza y aprendizaje. <https://www.cocemfe.es/informate/noticias/guia-de-metodologias-y-enfoque>
- Congreso de Colombia. (1994). Ley 115 del 8 de febrero de 1994. Ley General de Educación.



- Congreso de Colombia. (2013). Ley 1620 del 15 de marzo de 2013. Por la cual se crea el Sistema Nacional de Convivencia Escolar y Formación para el Ejercicio de los Derechos Humanos, la Educación para la Sexualidad y la Prevención y Mitigación del Acoso Escolar.
- Congreso de Colombia. (2012). Ley Estatutaria No.1581 de octubre del año dos mil doce por medio de la cual se dictan disposiciones generales para la protección personal datos.
- Congreso Nacional Legislativo Colombiano. (2006). Código de Infancia y Adolescencia. Ley 1098 del 8 de noviembre de 2006.
- Dickinson, P., & Adams, J. (2017). Values in evaluation – The use of rubrics. *Evaluation And Program Planning*, 65, 113-116. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2017.07.005>
- Domènech Casal, J. (2019). STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *Universitas Tarraconensis Revista de Ciencias de l Educació*n, 154–168. <https://doi.org/10.17345/UTE.2019.2.2646>
- Elfeky, A. I. M., Najmi, A. H., & Elbyaly, M. y. H. (2024). The impact of advanced organizers in virtual classrooms on the development of integrated science process skills. *PeerJ Computer Science*, 10, e1989. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1989>
- Fernández, L., Serra, R. M. F., Jiménez, P., Marco, S., Caballero, E., Arimany-Nardi, C., Sanchis, T., & Pardo, A. (2024). A service-learning experience in secondary education to promote STEM learning through collaboration between research and education centers. *Articles Publicats En Revistes (Enginyeria Electrónica i Biomèdica)*, 9(1), 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.20897/ejsteme/14649>



- Fernández, P., Pértegas, S. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. [Fernández, P. y Pértegas Díaz, S. \(2002\). Investigación cuantitativa y cualitativa - Investigación - Studocu](#)
- Figueredo, H. E. (1998). Lineamientos curriculares. Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Bogotá: Magisterio.
- García Garavito, J. (2021). Simulador PHET Como Herramienta de Apoyo en la Enseñanza de la Física en la Educación Media. Universidad de Santander.
- García Guzmán, M. del P., Fernández-César, M. del C., & Rodríguez Blanco, J. M. (2022). El efecto invernadero: una propuesta didáctica para la educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(2), 2202.
<https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/9894223.pdf>
- González, K. (2019). Aprendizaje cooperativo y la capacidad de expresión y comprensión oral en inglés de estudiantes 1er año de secundaria de la IE Augusto Salazar Bondy N° 88047-Nuevo Chimbote 2016. Universidad Nacional del Santa, Facultad de Humanidades y Educación, Chimbote,
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3375>
- Grey, S., & Morris, P. (2022). Capturing the spark: PISA, twenty-first century skills and the reconstruction of creativity. *Globalisation Societies And Education*, 22(2), 156-171.
<https://doi.org/10.1080/14767724.2022.2100981>
- Guanotuña, G., Heredia, L., García, I. y Lara, L. (2023). Simulador PHET, una herramienta de gamificación para el aprendizaje de las matemáticas: *Revista Social Fronteriza* 3(1) pp 97 – 113
DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.7552868>



- Gutiérrez, D., Serón, F. J., Muñoz, A., & Anson, O. (2006). Simulation of atmospheric phenomena. *Computers & Graphics*, 30(6), 994-1010.
<https://doi.org/10.1016/j.cag.2006.05.002>
- Hernández-Silva, C., & Tecpán - Flores, S. T. (2017). Aula invertida mediada por el uso de plataformas virtuales: un estudio de caso en la formación de profesores de física. *Estudios Pedagógicos*, 43(3), 193-204. <https://doi.org/10.4067/s0718-07052017000300011>
- Hernandez, R., Fernandez, C. & Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación. [Fernández, P. y Pértegas Díaz, S. \(2002\). Investigación cuantitativa y cualitativa - Investigación - Studocu](#)
- Herrera Rodríguez, V. (2023). Rompiendo barreras: Adaptaciones a la enseñanza implementadas por los docentes de la Universidad Cooperativa de Colombia campus Popayán para favorecer el aprendizaje de estudiantes con discapacidad. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ciencias Sociales, Psicología, Popayán. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/55388>
- Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER). (2015). Lineamientos para la elaboración del Plan Escolar de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (PEGR-CC). Alcaldía Mayor de Bogotá
- Johnson, C. C. Peters-Burton, E. E., & Moore, T. J. (2021). STEM Road Map 2.0. En *Routledge eBooks*. <https://doi.org/10.4324/9781003034902>
- Kurashkevych, A., Reznik, O., Sych, R., Plekhanov, A., & Horbatiuk, A. (2023). Developing Future Officers' Analytical Thinking During Their Practical Sessions Based on Stem Technologies. *Journal Of Curriculum And Teaching*, 12(4), 94.
<https://doi.org/10.5430/jct.v12n4p94>



Leicht, A., Heiss, J., & Byun, W. J. (2018). Issues and trends in education for sustainable development.

UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261445>

Lemos-Lloreda, N y Mosquera-Moreno, A. (2021). Simulador Virtual Phet Como Herramienta de Enseñanza aprendizaje Para el Fortalecimiento de las Competencias en el Área de Ciencias Naturales en la Educación Básica Secundaria. Universidad de Santander.

Loaiza Zuluaga, Y., & Osorio, L. D. (2018). El desarrollo de pensamiento crítico en ciencias naturales con estudiantes de básica secundaria en una Institución Educativa de Pereira – Risaralda. Diálogos sobre educación. N.º 16, 1-24.

Lumivero. (2023). *NVivo (Versión 15)* [Software]. <https://www.lumivero.com/products/nvivo/>

MathWorks. (2024). *MATLAB (Version R2024b)* [Software].

<https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

Mera, L., & Velásquez, K. (2020). Simulador PHET como recurso didáctico para el aprendizaje de química inorgánica con los estudiantes de tercer semestre de la carrera de la Pedagogía de la Química y Biología periodo abril- agosto del 2020. Tesis de Grado, Universidad Nacional del Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7056/1/UNACH-ECFCEHT-TG-E.BQYLAB-2020-000011.pdf>

Min Educación. (2023, June 8). *Ante el aumento de la deserción escolar en los últimos años en Colombia, el Ministerio de Educación ha implementado estrategias para prevenir que los estudiantes abandonen las aulas.*

<https://www.mineduacion.gov.co/porta/salaprensa/Comunicados/415819:Ante-el-aumento-de-la->



[desercion-escolar-en-los-ultimos-anos-en-Colombia-el-Ministerio-de-Educacion-ha-implementado-estrategias-para-prevenir-que-los-estudiantes-abandonen-las-aulas](#)

Ministerio Nacional de Educación de Colombia. (2015). Decreto 1075 del 26 de mayo de 2015. Por medio del cual se expide el Reglamento Único reglamentario del Sector Educativo.

Muñoz, M. & Farias, L. (2013). El paradigma positivista en la educación y su crisis necesaria para un mundo heterogéneo. [El paradigma positivista en la educación y su crisis necesaria | eumed.net](#)

Ndihokubwayo, K., Uwamahoro, J., & Ndayambaje, I. (2020). Usability of Electronic Instructional Tools in the Physics Classroom. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(11), 1897. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8549>

Neira, M. & Sánchez, V. (2023). El enfoque STEM – STEAM en la educación científica: tendencias y perspectivas en publicaciones especializadas: una mirada desde ciencia, arte y tecnología. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/18439>

Núñez Rodríguez, D. S., Vargas Barros, V. H., Vásquez Barrera, F. J., Andrade Zambrano, W. de J., & Espinoza Valarezo, F. L. (2023). Educación STEM: Una revisión de enfoques interdisciplinarios y mejores prácticas para fomentar habilidades en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 2023–2045. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5453

Nyirahabimana, P., Minani, E., Nduwingoma, M., & Kemeza, I. (2022). Instructors and Students' Practices and Behaviours during a Quantum Physics class at the University of Rwanda: Exploring the Usage of Multimedia. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(9), 309–326. <https://doi.org/10.26803/IJLTER.21.9.18>



- Nyquist, J. G., & Jubran, R. (2012). Learning Works: Seven Research-Based Principles for Smart Teaching. *Journal Of Chiropractic Education*, 26(2), 192-193.
<https://doi.org/10.7899/jce-12-022>
- Olivo Franco, J. L., (2017). Caracterización de estudiantes exitosos: Una aproximación al aprendizaje de las Ciencias Naturales. CPU-e, Revista de Investigación Educativa, (25), 114-143.
- Organización Meteorológica Mundial. (2024, noviembre 15). Las concentraciones de gases de efecto invernadero se disparan una vez más: récord en 2023. <https://wmo.int/es/news/media-centre/las-concentraciones-de-gases-de-efecto-invernadero-se-disparan-una-vez-mas-nuevo-record-en-2023>
- Pertiwi, N. P., Saputro, S., Yamtinah, S., & Kamari, A. (2024). ENHANCING CRITICAL THINKING SKILLS THROUGH STEM PROBLEM-BASED CONTEXTUAL LEARNING: AN INTEGRATED E-MODULE EDUCATION WEBSITE WITH VIRTUAL EXPERIMENTS. *Journal of Baltic Science Education*, 23(4), 739–766. <https://doi.org/10.33225/JBSE/24.23.739>
- Pelejero, M. (2018). Educación STEM, ABP y aprendizaje cooperativo en Tecnología en 2o ESO.
- Podolefsky, N. S., Perkins, K. K., & Adams, W. K. (2010). Designing PhET simulations for multiple learning styles. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2), 020110. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020110>
- Pont-Niclòs, I., Martín-Ezpeleta, A., & Echegoyen-Sanz, Y. (2024). Scientific creativity in secondary students and its relationship with STEM-related attitudes, engagement, and work intentions. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1382541>
- Pozuelo-Muñoz, J., Calvo-Zueco, E., Sánchez-Sánchez, E., & Cascarosa-Salillas, E. (2023). Science Skills Development through Problem-Based Learning in Secondary Education. *Education Sciences*, 13(11), 1096. <https://doi.org/10.3390/educsci13111096>



Reiser, M., Binder, M., & Weitzel, H. (2024). Effects of Design-Based Learning Arrangements in Cross-Domain, Integrated STEM Lessons on the Intrinsic Motivation of Lower Secondary Pupils.

Education Sciences 2024, Vol. 14, Page 607, 14(6), 607.

<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/educsci14060607>

Reyes González, D., & García Cartagena, Y. (2014). Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemáticas. *Educación y Educadores*, 17(2), 271–285.

<https://doi.org/10.5294/edu.2014.17.2.4>

Rodríguez-García, A., Ruiz-García, G., Navarro-Patón, R., & Mecías-Calvo, M. (2024).

Attitudes and Skills in Basic Life Support after Two Types of Training: Traditional vs. Gamification, of Compulsory Secondary Education Students: A Simulation Study.

Pediatric Reports, 16(3), 631-643. <https://doi.org/10.3390/pediatric16030053>

Sánchez Sánchez, R. (2019). *El pensamiento de Vygotsky y su influencia en la educación - Dialnet*.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7587110>

Samper, C., & Toro Uribe, J. (2017). Un experimento de enseñanza en grado octavo sobre la

argumentación en un ambiente de geometría dinámica. *Revista virtual Universidad Católica del Norte*. Número 50, 367-382.

Sepúlveda Obreque, A., Münzenmayer, A. M., Villalobos Clavería, A., Peña-Troncoso, S., & Díaz-

Levicoy, D. (2023). Habilidades de pensamiento científico en los textos escolares de ciencias naturales. *Areté, Revista Digital Del Doctorado En Educación de La Universidad Central de Venezuela*, 9(17). <https://doi.org/10.55560/ARETE.2023.17.9.2>

Sosa Rosadio, L. (2021, August). *El Uso de Simuladores Interactivos para la Enseñanza Virtual*.

<https://miaulatec.com/articulos/el-uso-de-simuladores-interactivos-para-la-ensenanza-virtual/>



Universidad Internacional de La Rioja (UNIR). (2021). El enfoque STEM en la educación ecuatoriana.

<https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/el-enfoque-stem-en-la-educacion-ecuatoriana/>

Vargas Vendia, C. J., & Morales Silva, T. A. (2021). Análisis de habilidades científicas en la enseñanza de las ciencias: caso comparativo entre profesores de Chile y Colombia. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 50.

<https://doi.org/https://doi.org/10.17227/ted.num50-11129>

Vasco, C. E. (1990). Reflexiones sobre pedagogía y didáctica. MEN. (M. d. Nacional, Ed.). Bogotá.

CNE. (2023, June 22). *Mejores docentes, mejores estudiantes*.

Vallejos, D. D. (2023). Estrategia didáctica de educación virtual para desarrollar el pensamiento crítico en Educación Superior en Ayacucho. *Revista de Climatología*, 23, 694-703.

<https://doi.org/10.59427/rcli/2023/v23cs.694-703>

Vignoli, M., Dosi, C., & Balboni, B. (2023). Design thinking mindset: scale development and validation. *Studies In Higher Education*, 48(6), 926-940.

<https://doi.org/10.1080/03075079.2023.2172566>

Zhao, T., & Perez-Felkner, L. (2022). Perceived abilities or academic interests? Longitudinal high school science and mathematics effect on postsecondary STEM outcomes by gender and race. *International Journal Of STEM Education*, 9(1). [https://doi.org/10.1186/s40594-](https://doi.org/10.1186/s40594-022-00356-w)

[022-00356-w](https://doi.org/10.1186/s40594-022-00356-w)