

**La transformación del aprendizaje mediante un software educativo: Un análisis en el  
contexto colombiano**

Esteban Andrey Romero Pineda

Asesor

Jhon Fernando Sanchez Alvarez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Basicas, Tecnologías e Ingenierías ECBTI  
Ingeniería de Sistemas

2025

**Nota de Aceptación: 27.00**

Jhon Fernando Sanchez Alvarez

Nombre Director de Trabajo de Grado

Gloria Alejandra

Jurado

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo con profunda gratitud y cariño a mi querida madre, María Aurora Pineda Mahecha, cuyo amor incondicional, apoyo constante y sabias palabras han sido mi mayor impulso para aprender y superarme en esta etapa académica. Su ejemplo de esfuerzo y dedicación me ha inspirado a seguir adelante con determinación y perseverancia.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por darme la salud, la paciencia y la oportunidad de avanzar en esta etapa académica. Su presencia me ha acompañado en cada reto, permitiéndome seguir adelante con determinación.

A mi madre, María Aurora Pineda Mahecha, y a mi padrastro, por su apoyo incondicional, su amor y sus consejos, que han sido el motor de mi crecimiento personal y académico. A mis hermanos, quienes con su compañía y palabras de aliento me han motivado a seguir adelante, convirtiéndose en una fuente constante de inspiración y resiliencia.

También expreso mi agradecimiento a mis tutores y compañeros de estudio, quienes, con su guía, enseñanzas y trabajo en equipo, han sido piezas clave en mi formación. Cada debate, cada desafío y cada momento compartido han enriquecido mi aprendizaje y han dejado una huella imborrable en este camino académico.

## Resumen

Hoy en día, los programas informáticos educativos tienen una influencia significativa y variada en el aprendizaje. Gracias a una mayor accesibilidad más allá de las fronteras, estas herramientas han democratizado la educación al ofrecer materiales de calidad a estudiantes de distintos orígenes. Asimismo, permiten un aprendizaje personalizado, ajustado al ritmo y estilo de cada alumno, lo que favorece la comprensión y retención de contenidos.

Otro factor clave es la interactividad: muchas de estas aplicaciones incluyen simulaciones que fomentan la participación, brindan retroalimentación inmediata y facilitan la aplicación de conocimientos en situaciones del mundo real. De este modo, el aprendizaje resulta más atractivo y significativo. También se fortalecen la colaboración y la comunicación entre docentes y estudiantes, posibilitando un acompañamiento más continuo.

Sin embargo, estos avances presentan retos como la brecha digital, que aún impide a muchos estudiantes acceder a la tecnología. En este contexto, el software educativo transforma el rol del docente, quien pasa de ser transmisor a facilitador del aprendizaje.

Esta monografía analiza la implementación del software educativo PhET Simulation en la escuela rural Agua Linda, ubicada en Puerto Boyacá. La intervención se desarrolló en dos jornadas consecutivas, con actividades que incluyeron pruebas diagnósticas, exploración guiada del software, encuestas y entrevistas. Los resultados evidencian que, a pesar de las limitaciones en conectividad y recursos tecnológicos, los estudiantes mostraron altos niveles de motivación, autonomía y comprensión conceptual. Esto confirma que herramientas digitales interactivas como PhET pueden contribuir a transformar la enseñanza y reducir brechas educativas en contextos rurales de Colombia.

**Palabras clave:** Accesibilidad, personalización, software, interactividad.

## Abstract

Nowadays, educational software programs have a significant and varied influence on learning. Thanks to greater accessibility beyond borders, these tools have democratized education by providing quality materials to students from different backgrounds. They also allow for personalized learning, adapted to each student's pace and style, which enhances comprehension and knowledge retention.

Another key factor is interactivity: many of these applications include simulations that foster participation, provide immediate feedback, and facilitate the application of knowledge in real-world situations. As a result, learning becomes more engaging and meaningful. Collaboration and communication between teachers and students are also strengthened, enabling more continuous support.

However, these advances present challenges such as the digital divide, which still prevents many students from accessing technology. In this context, educational software is transforming the teacher's role, shifting from knowledge transmitter to learning facilitator.

This monograph analyzes the implementation of PhET Simulation in Agua Linda, a rural school in Puerto Boyacá, Colombia. The intervention was carried out over two consecutive sessions, including diagnostic tests, guided exploration of the software, surveys, and interviews. The results show that, despite limitations in connectivity and technological resources, students demonstrated high levels of motivation, autonomy, and conceptual understanding. This confirms that interactive digital tools like PhET can contribute to transforming teaching and reducing educational gaps in rural contexts of Colombia.

**Keywords:** Accessibility, personalization, software, interactivity.

## Tabla de contenido

Introducción .....	14
Justificación .....	17
Pertinencia en el contexto actual: .....	17
Contribución al debate académico y pedagógico: .....	18
Evaluación de estrategias y soluciones:.....	18
Impacto en el futuro de la educación:.....	21
Objetivos.....	22
Objetivo General.....	22
Objetivos Específicos .....	22
Marco Referencial.....	23
Antecedentes.....	23
Impacto del software educativo en la enseñanza y el aprendizaje: .....	23
Implementación del software educativo en zonas rurales: .....	24
Brecha digital y desafíos en la implementación: .....	24
Marco conceptual.....	26
Marco teorico .....	29
Software educativo, definición e importancia: .....	29
Teorías del Aprendizaje y su relación con PhET Simulation:.....	30
Conductismo .....	30
Constructivismo.....	30
Conectivismo .....	30
Aplicación de la Pedagogía Crítica y la Motivación en PhET Simulation:.....	31

Usabilidad y Gamificación en el Aprendizaje: .....	31
Evaluación educativa y pertinencia metodológica: .....	32
Relevancia en la educación rural: .....	32
Marco conceptual.....	34
Tecnología en la educación: .....	34
Personalización del aprendizaje: .....	35
Brecha digital:.....	35
Simulaciones interactivas: .....	36
Aprendizaje basado en la experimentación: .....	36
Educación digital: .....	37
Evaluación del impacto: .....	37
Usabilidad en el software educativo:.....	38
Metodología .....	39
Enfoque y tipo de estudio: .....	39
Población y muestra: .....	40
Instrumentos de recolección de datos:.....	41
Prueba diagnóstica y de salida (pretest y postest): .....	41
Rúbrica de desempeño:.....	41
Encuesta de satisfacción y percepción de aprendizaje: .....	42
Entrevistas cortas: .....	42
Observación en el aula:.....	43
Consideraciones éticas:.....	43
Procedimiento de implementación: .....	44

Análisis de datos:.....	45
Análisis cuantitativo: .....	45
Análisis cualitativo: .....	46
Resultados.....	48
Presentación de datos: .....	48
Pretest y Postest .....	48
Rúbrica de desempeño .....	49
Encuesta en escala Likert.....	51
Entrevistas cortas .....	53
Observación en el aula.....	54
Interpretación general: .....	55
Mejora en el desempeño académico .....	56
Desarrollo de competencias de aula .....	56
Percepción positiva del software .....	56
Apreciaciones cualitativas .....	57
Dinámica en el aula .....	57
Impacto del software educativo en el aprendizaje:.....	57
Limitaciones y desafíos: .....	59
Limitaciones metodológicas del estudio:.....	60
Desafíos observados durante la implementación:.....	61
Discusión de resultado a la luz de estudios previos: .....	62
Conclusiones.....	65
Logros sistematizados: .....	65

Desafíos sistematizados: .....	66
Recomendaciones .....	68
Referencias Bibliográficas .....	71
Cronología.....	77
Apéndices.....	78
Apendice A. ....	78
Fases del plan de implementación: .....	78
Recursos mínimos necesarios: .....	78
Responsables por actividad: .....	79
Estrategias de formación docente: .....	79
Estrategias para la sostenibilidad:.....	80
Cronograma de ejecución, modelo semanal: .....	80
Indicadores básicos de seguimiento: .....	81
Observación final:.....	81
Apendice B. ....	81
Pretest (antes de la implementación de PhET Simulation).....	81
Postest (después de la implementación de PhET Simulation).....	82
Apendice C. ....	83
Apendice D. ....	84
Apendice E. ....	86

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1.</b> <i>Figura del número de estudiantes por categoría de calificación.....</i>	<b>52</b>
---	-----------

### Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Comparación con alternativas</i> .....	19
<b>Tabla 2.</b> <i>Nivel de desempeño pre y post test</i> .....	48
<b>Tabla 3.</b> <i>Rubrica de desempeño de las cuatro variables observables</i> .....	50
<b>Tabla 4.</b> <i>Distribución de respuestas de los estudiantes sobre el uso de PhET Simulation</i> .....	51
<b>Tabla 5.</b> <i>Implementación del proyecto</i> .....	77
<b>Tabla 6.</b> <i>Fases de implementación de PhET Simulation</i> .....	78
<b>Tabla 7.</b> <i>Responsables de ejecución de PhET Simulation</i> .....	79
<b>Tabla 8.</b> <i>Cronograma de ejecución de PhET Simulation</i> .....	80

## Lista de Apéndices

<b>Apendice A.</b> <i>Propuesta implementación del software educativo PhET Simulation</i> .....	78
<b>Apendice B.</b> <i>Ejemplo de evaluación pretest y postest aplicada a los estudiantes</i> .....	81
<b>Apendice C.</b> <i>Consentimiento informado para padres o acudientes de los estudiantes</i> .....	83
<b>Apendice D.</b> <i>Consentimiento informado para la docente participante</i> .....	84

## Introducción

La transformación digital ha redefinido múltiples dimensiones de la vida moderna, y la educación no ha sido la excepción. En las últimas décadas, el software educativo se ha consolidado como una herramienta clave para dinamizar la enseñanza y el aprendizaje. Este tipo de tecnología ofrece entornos interactivos y adaptativos que favorecen la autonomía del estudiante, personalizan la experiencia educativa y fortalecen sus habilidades cognitivas. Según Gros (2000), el uso de software educativo convierte el aprendizaje en una experiencia activa y significativa. En todos los niveles como primaria, secundaria y educación superior, estas herramientas han demostrado mejorar la retención del conocimiento, aumentar la motivación y facilitar la comprensión de conceptos complejos mediante visualizaciones, gamificación y simulaciones interactivas.

Como señalan Squires y McDougall (1997), la selección del software educativo adecuado exige comprender tanto los objetivos pedagógicos como las características del alumnado. En este contexto, el rol del docente ha evolucionado: de ser transmisor directo del conocimiento, se transforma en un mediador entre los recursos digitales y los estudiantes, lo que demanda una sólida formación tecnológica. Las tendencias actuales, según EDUCAUSE (2024), apuntan hacia el uso de la inteligencia artificial, el aprendizaje adaptativo y la analítica educativa para personalizar los procesos de enseñanza. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO] (2021), durante la pandemia de 2020 más del 70 % de los países latinoamericanos implementaron soluciones digitales para garantizar la continuidad educativa, evidenciando el potencial del software como una herramienta inclusiva y resiliente.

No obstante, en Colombia persisten brechas significativas en el acceso a estas tecnologías, especialmente en contextos rurales. La cobertura de internet en zonas urbanas supera el 60 %, mientras que en áreas rurales apenas alcanza el 23 % (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [MinTIC], 2022). Según Otero-Bahamon (2019), estas desigualdades estructurales afectan la infraestructura, la formación docente y la sostenibilidad tecnológica de las instituciones educativas. Aunque programas como Computadores para Educar y el Plan Nacional de Conectividad han contribuido al cierre de brechas, aún existen obstáculos relacionados con el mantenimiento de equipos, el desuso de los laboratorios y la baja apropiación tecnológica por parte de los docentes.

Un ejemplo concreto de esta realidad es la escuela rural Agua Linda, ubicada en una vereda del municipio de Puerto Boyacá y adscrita a la Institución Educativa El Prado. Con 31 estudiantes y una docente, esta escuela enfrenta conectividad limitada y una dotación tecnológica heterogénea, en parte funcional y en parte inactiva. La comunidad pertenece al estrato 1 según el Sisbén (Departamento Nacional de Planeación, s.f.), y la mayoría de los hogares carece de acceso a internet. El aprendizaje se basa en métodos convencionales, sin integración sistemática de recursos digitales, lo que hace urgente implementar estrategias innovadoras que funcionen aun en contextos con baja conectividad.

En este escenario, el software PhET Interactive Simulations (University of Colorado Boulder, 2024) se presenta como una alternativa viable. Este recurso, desarrollado por la Universidad de Colorado, ofrece simulaciones interactivas gratuitas en física, química, biología y matemáticas, accesibles incluso sin conexión a internet, lo que lo hace ideal para entornos rurales. Estudios previos, como los de Perkins et al. (2014), demuestran su efectividad para

mejorar la comprensión conceptual y la motivación estudiantil mediante el aprendizaje por descubrimiento.

El presente estudio tiene como propósito analizar el impacto de la implementación de PhET Interactive Simulations en la escuela Agua Linda, evaluando su contribución a la comprensión de conceptos básicos, la motivación de los estudiantes y el desarrollo de habilidades para el siglo XXI. Se trata de una investigación exploratoria con enfoque cualitativo, orientada a identificar oportunidades y desafíos en la integración de tecnologías educativas en contextos rurales, con el fin de proponer estrategias replicables en instituciones con características similares.

Desde una perspectiva social, este trabajo se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 4 (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015), que promueve una educación inclusiva, equitativa y de calidad. Explorar herramientas como PhET Interactive Simulations en comunidades rurales no solo busca mejorar los procesos de aprendizaje, sino también fortalecer la equidad educativa y reducir las brechas entre lo urbano y lo rural. Así, este estudio se sitúa en la intersección entre tecnología, pedagogía y justicia social, aportando una mirada desde lo local con proyección nacional.

## Justificación

### **Pertinencia en el contexto actual:**

En los últimos años, la integración de tecnologías digitales en los sistemas educativos ha transformado significativamente la forma en que se accede, produce y construye conocimiento. Este proceso se aceleró durante la pandemia por COVID-19, que obligó a millones de estudiantes y docentes en todo el mundo a adaptarse rápidamente a entornos virtuales. Según el informe *Education during COVID-19 and beyond* de la UNESCO (2021), más del 70 % de los países en América Latina adoptaron soluciones tecnológicas para asegurar la continuidad del aprendizaje, lo que evidenció el potencial de la tecnología como aliada del derecho a la educación. Sin embargo, también puso en evidencia las profundas desigualdades estructurales que afectan a comunidades rurales y vulnerables, como el acceso limitado a conectividad, equipos tecnológicos y formación docente.

En Colombia, esta brecha digital es especialmente pronunciada en las zonas rurales. Según cifras del Ministerio TIC (2022), mientras que en zonas urbanas la cobertura de internet supera el 60 %, en las zonas rurales apenas alcanza el 23 %. A pesar de iniciativas como Computadores para Educar y Centros Digitales, muchas escuelas rurales siguen enfrentando limitaciones en infraestructura, mantenimiento tecnológico y acompañamiento pedagógico. Este contexto hace urgente la búsqueda de estrategias innovadoras que, sin requerir grandes inversiones, permitan mejorar la calidad del aprendizaje. En este marco, el presente estudio cobra relevancia al analizar el uso de PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024), un software gratuito, interactivo y funcional sin conexión, que puede ser una solución viable en instituciones con recursos limitados como la escuela Agua Linda.

**Contribución al debate académico y pedagógico:**

En el ámbito académico, la monografía busca aportar conocimiento nuevo al análisis del software educativo en contextos rurales colombianos, una temática poco desarrollada en la literatura nacional. Si bien existen estudios sobre TIC y educación en ciudades, son escasos los trabajos que documentan experiencias específicas de implementación de software interactivo en escuelas con baja conectividad, dotación limitada y personal docente reducido. Como lo señalan Botero, López y Vargas (2022), la mayoría de las investigaciones sobre herramientas digitales se concentran en el análisis técnico del contenido o en los beneficios en entornos urbanos, pero no en cómo adaptar estas tecnologías a realidades rurales.

Al documentar la experiencia de la escuela Agua Linda, una institución con una sola docente para múltiples grados, conectividad intermitente y equipos en estado variable, esta investigación ofrece una mirada contextualizada sobre la viabilidad, los desafíos y los logros del uso de simulaciones interactivas en un entorno rural. La sistematización de esta experiencia puede servir de referencia para otras escuelas similares, así como para investigadores que deseen profundizar en el análisis del impacto del software educativo en comunidades excluidas. Además, aporta al debate pedagógico al confrontar el modelo tradicional de enseñanza con propuestas basadas en la experimentación, la visualización y el aprendizaje autónomo.

**Evaluación de estrategias y soluciones:**

Más allá de identificar beneficios, el estudio también busca proponer estrategias para superar las barreras tecnológicas, pedagógicas y sociales que afectan la adopción de software educativo en escuelas rurales. En el caso de Agua Linda, la implementación de PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024) se enfrentó a retos como la escasa formación en TIC de

la docente, la necesidad de adaptar los contenidos a un solo equipo funcional y el poco tiempo disponible para explorar nuevas metodologías. En este sentido, el trabajo pretende reflexionar sobre condiciones mínimas necesarias para una implementación efectiva, como la capacitación docente en el uso de simulaciones, el fortalecimiento de la infraestructura básica y el acompañamiento pedagógico para adaptar el contenido a las particularidades del contexto.

Para fundamentar la elección de PhET Simulation como herramienta central, se realizó una evaluación comparativa con otras plataformas educativas reconocidas, considerando tanto sus características pedagógicas como tecnológicas. Este análisis permitió determinar cuál de ellas ofrecía mejores condiciones de uso en entornos rurales con baja conectividad, como el de la escuela Agua Linda.

**Tabla 1.**

*Comparación con alternativas.*

Criterio	PhET Simulation	GeoGebra	Khan Academy
Tipo de contenido	Simulaciones interactivas de física, química y matemáticas.	Matemáticas, geometría y álgebra con representaciones dinámicas.	Cursos, videos y ejercicios en línea de múltiples áreas.
Accesibilidad	Gratuito y disponible offline (descargable desde su web).	Gratuito, pero principalmente de uso online.	Gratuito, pero requiere conexión estable a internet.
Facilidad de uso	Muy intuitivo, permite la exploración autodidacta incluso sin guía docente.	Interfaz amigable, aunque requiere conocimientos previos de matemáticas.	Interfaz clara, pero más pasiva y estructurada.
Interactividad	Alta: el usuario manipula variables y observa los efectos en tiempo real.	Media: permite graficar y experimentar con funciones.	Baja: se basa en visualización y ejercicios guiados.
Capacidad de uso (cantidad de usuarios)	Puede ser utilizado por varios estudiantes en un mismo equipo sin necesidad de registro.	Requiere instalación individual o acceso en línea con sesión.	Soporta múltiples usuarios con cuentas personales.
Modalidad de uso	Offline y online. Las simulaciones pueden	Online y offline. Existe versión descargable, pero con funciones limitadas.	Solo online. No cuenta con opción de descarga.

	descargarse y ejecutarse sin internet.		
Tipo de licencia / costo	Gratuito. Proyecto de la University of Colorado Boulder, de libre acceso educativo.	Gratuito. Licencia libre para uso académico.	Gratuito. Financiado por donaciones, sin costo para estudiantes.
Adecuación al contexto rural	Altamente adecuada: funciona sin internet y con equipos de bajo rendimiento.	Moderadamente adecuada: requiere más recursos computacionales y conexión estable.	Poco adecuada: depende totalmente de la conectividad.
Relevancia para el estudio	Fomenta el aprendizaje experimental y autónomo, ideal para contextos rurales con baja conectividad.	Útil para el fortalecimiento matemático, aunque menos adaptable al contexto rural.	Más orientada al aprendizaje guiado y urbano.

*Fuente:* Elaboración propia (2025).

Esta comparación evidencia que PhET Simulation presenta ventajas notables frente a GeoGebra y Khan Academy, especialmente por su funcionamiento offline, su alto nivel de interactividad y su compatibilidad con equipos antiguos o de bajo rendimiento. Dichas características la convierten en una herramienta viable y sostenible para fortalecer el aprendizaje científico en instituciones rurales colombianas con limitaciones de conectividad.

Además, este análisis contribuye a fortalecer la toma de decisiones en el diseño de políticas públicas. La evidencia generada puede orientar a entidades educativas locales y nacionales sobre cómo aprovechar recursos tecnológicos gratuitos y flexibles para mejorar la enseñanza sin depender de condiciones óptimas de conectividad. En línea con Martínez y Pérez (2022), se destaca la necesidad de impulsar alianzas entre el sector público y privado que favorezcan el uso de software educativo adaptado a contextos rurales, promoviendo modelos de enseñanza híbridos y sostenibles.

**Impacto en el futuro de la educación:**

Desde una mirada prospectiva, esta investigación también se vincula con los desafíos del siglo XXI en materia de formación y ciudadanía digital. El acceso a herramientas como PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024), no solo mejora la comprensión de conceptos científicos, sino que también promueve habilidades clave como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la alfabetización tecnológica y el aprendizaje autónomo. Estas competencias son fundamentales para que los estudiantes de zonas rurales puedan participar activamente en la sociedad digital contemporánea y reducir la brecha de oportunidades con respecto a sus pares urbanos.

Adicionalmente, el estudio se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 4: Educación de calidad, que busca garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad (Organización de las Naciones Unidas, 2015). Promover el uso de tecnologías apropiadas, accesibles y contextualizadas en comunidades rurales contribuye directamente a ese propósito. La experiencia sistematizada en Agua Linda puede servir como base para desarrollar proyectos replicables a nivel regional o nacional, facilitando el diseño de planes educativos con enfoque territorial. Finalmente, esta monografía pretende abrir la puerta a futuras investigaciones que analicen otras herramientas similares y sus impactos en la transformación del aprendizaje en entornos rurales.

## Objetivos

### Objetivo General

Analizar el impacto del software educativo en la calidad de la enseñanza, la experiencia de los estudiantes y los resultados del aprendizaje en la escuela Agua Linda, identificando sus beneficios, dificultades y mejores prácticas para su implementación en contextos educativos similares

### Objetivos Específicos

Identificar las barreras y desafíos presentes en la implementación del software educativo PhET Simulation en la escuela Agua Linda, considerando aspectos como la brecha digital, la calidad de los contenidos, la dependencia tecnológica y las posibles distracciones.

Analizar la percepción de docentes y estudiantes frente al uso del software educativo, valorando su nivel de aceptación, utilidad y efectividad en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Proponer estrategias y recomendaciones que favorezcan una implementación óptima del software educativo en contextos rurales similares, fundamentadas en los hallazgos del estudio.

Evaluar la eficacia del software educativo PhET Simulation en la escuela Agua Linda, comparando su impacto con las metodologías de enseñanza tradicionales en la comprensión conceptual, la retención de información y el desarrollo de habilidades críticas en los estudiantes..

## **Marco Referencial**

### **Antecedentes**

El uso de los software educativos ha sido ampliamente estudiado en diversos contextos, demostrando su capacidad para mejorar el aprendizaje, la interacción en el aula y la personalización de contenidos. Sin embargo, su impacto varía según las condiciones de implementación, especialmente en contextos rurales donde persisten desafíos tecnológicos y pedagógicos.

### **Impacto del software educativo en la enseñanza y el aprendizaje:**

Diversos estudios han analizado cómo el software educativo transforma los procesos de enseñanza y aprendizaje, mejorando la comprensión conceptual, la retención de información y el desarrollo de habilidades cognitivas. Por ejemplo, investigaciones como la de Gómez y López (2022) han demostrado que, en entornos urbanos de Bogotá, el uso de plataformas digitales ha facilitado el aprendizaje de matemáticas y ciencias al proporcionar entornos interactivos y dinámicos.

A nivel teórico, autores como Gros (2000) plantean que el software educativo no solo debe verse como una herramienta complementaria, sino como un nuevo entorno de aprendizaje que cambia la forma en que los estudiantes adquieren conocimientos. En esta línea, el trabajo de Cataldi, Lage, Pessacq y García Martínez (1999) destaca que la ingeniería del software educativo debe enfocarse en la usabilidad y la adaptabilidad a distintos tipos de estudiantes.

### **Implementación del software educativo en zonas rurales:**

Si bien en contextos urbanos la integración de software educativo ha sido efectiva, en zonas rurales enfrenta dificultades asociadas a la brecha digital y la falta de infraestructura. Estudios como el de Martínez y Pérez (2022) evidencian que el acceso limitado a dispositivos tecnológicos y la conectividad inestable dificultan la implementación de plataformas digitales en escuelas rurales de Colombia.

Por otro lado, Valencia, Gómez y Pineda (2021) analizaron programas de inclusión digital en comunidades rurales y encontraron que, aunque el software educativo tiene un gran potencial para mejorar los resultados académicos, su efectividad depende en gran medida de la capacitación docente y el acceso equitativo a la tecnología.

En este contexto, la escuela Agua Linda representa un caso de estudio relevante, ya que permite observar cómo estos factores influyen en la adopción del software educativo y qué estrategias pueden ser efectivas para optimizar su uso en entornos similares.

### **Brecha digital y desafíos en la implementación:**

Uno de los principales obstáculos en la implementación del software educativo es la brecha digital, la cual afecta especialmente a estudiantes de zonas rurales con acceso limitado a recursos tecnológicos. Según Rivera (2020), la falta de infraestructura, sumada a la escasa formación en herramientas digitales, dificulta la integración de tecnologías en el aula y perpetúa desigualdades en el acceso a la educación.

Además, investigaciones como las de Ramírez y Gutiérrez (2023) han señalado que el éxito del software educativo no solo depende de la tecnología disponible, sino también del grado de aceptación y adaptación por parte de docentes y estudiantes. En muchos casos, la falta de

estrategias pedagógicas claras y el uso inadecuado de estas herramientas pueden reducir su efectividad.

Dado este panorama, la presente monografía busca profundizar en el impacto del software educativo en la escuela Agua Linda, analizando sus beneficios y las dificultades encontradas en su implementación. A través de este estudio, se pretende identificar estrategias efectivas para maximizar el potencial del software educativo en entornos rurales y reducir las barreras que limitan su adopción.

## Marco conceptual

La escuela Agua Linda está ubicada en la vereda del mismo nombre, en el municipio de Puerto Boyacá, departamento de Boyacá. Es una institución rural multigrado que atiende a 31 estudiantes bajo la orientación de una única docente, acompañada por una ecónoma, un conductor de buseta escolar y una monitora encargada del transporte. Esta escuela representa un entorno rural con condiciones tecnológicas, económicas y educativas limitadas.

En términos de infraestructura, la institución dispone de 18 computadores de escritorio y portátiles, de los cuales alrededor de un tercio presentan fallas en el sistema operativo o en los periféricos básicos como teclado, pantalla o batería. La mayoría de los equipos son de más de ocho años de antigüedad, cuentan con sistemas operativos obsoletos como Windows 7 o versiones educativas antiguas de Linux y presentan baja capacidad de procesamiento y almacenamiento, lo que limita su uso para actividades interactivas o con contenido multimedia.

El servicio de internet, proporcionado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), es inestable y de baja velocidad, con un ancho de banda promedio menor a 4 Mbps y alta latencia, lo que ocasiona desconexiones frecuentes durante las sesiones de clase. Esta situación limita severamente el uso regular de plataformas digitales en el aula. A pesar de que el Estado ha dotado a la escuela con equipos tecnológicos en el pasado, estos no se han integrado de manera efectiva al currículo. La presente investigación constituye, de hecho, la primera experiencia de la escuela con un software educativo interactivo como PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024).

El contexto socioeconómico de la comunidad también condiciona la implementación de tecnología educativa. Según el Sisbén, la población de Agua Linda pertenece al estrato 1, lo que

implica un acceso muy restringido a dispositivos, internet y acompañamiento educativo en los hogares. Esta situación acentúa la urgencia de estrategias pedagógicas innovadoras que optimicen los recursos limitados disponibles en la institución.

La situación de Agua Linda no es un caso aislado. Según datos del MinTIC (2023), el 60% de las escuelas rurales de Colombia carecen de acceso estable a internet, y cerca del 40% no dispone de dispositivos suficientes para cubrir la demanda estudiantil. Además, el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2022) ha señalado que solo el 35% de los docentes en zonas rurales ha recibido formación formal en el uso de TIC para la enseñanza, lo que restringe el aprovechamiento de los recursos tecnológicos. Por su parte, la UNESCO (2021) advierte que las brechas digitales en países como Colombia profundizan las desigualdades en el acceso a una educación de calidad, afectando especialmente a niños y jóvenes en zonas apartadas.

La elección de Agua Linda como caso de estudio no obedece únicamente a su disponibilidad, sino a que refleja condiciones estructurales de la ruralidad colombiana: conectividad precaria, infraestructura tecnológica limitada, formación docente insuficiente y un contexto socioeconómico adverso. Bajo este escenario, un estudio de caso exploratorio no busca generalizar resultados de manera estadística, sino comprender el fenómeno en profundidad y generar aprendizajes transferibles a otros contextos similares. La escuela se convierte así en un laboratorio representativo de los desafíos y las posibilidades del uso de software educativo en entornos rurales.

Para ello, la presente investigación no se limita a la descripción de una experiencia puntual, sino que incorpora instrumentos complementarios como pruebas pre y post, rúbricas de desempeño, encuestas de percepción y guías de observación, con el propósito de robustecer la validez de los hallazgos. En un entorno de recursos restringidos, esta aproximación metodológica

permite capturar con mayor amplitud tanto los aprendizajes de los estudiantes como sus percepciones frente a la innovación pedagógica.

En este sentido, aunque el caso de Agua Linda es particular, sus dinámicas son compartidas por miles de instituciones educativas rurales en el país. Lo que se observa en esta escuela no constituye un hecho aislado, sino una ventana para reflexionar sobre las políticas y prácticas de integración del software educativo en el sector rural colombiano. Así, la experiencia local se convierte en un aporte al debate nacional sobre equidad, innovación y calidad educativa.

## **Marco teorico**

El marco teórico establece las bases conceptuales y científicas que sustentan esta investigación, permitiendo comprender el impacto del software educativo en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Para ello, se abordan definiciones clave sobre software educativo, sus enfoques pedagógicos, teorías del aprendizaje y principios de evaluación educativa, así como su relación con la experiencia desarrollada en la escuela Agua Linda.

### **Software educativo, definición e importancia:**

El software educativo se define como un conjunto de programas diseñados con fines pedagógicos, orientados a facilitar la enseñanza y el aprendizaje mediante el uso de herramientas interactivas y recursos digitales (Cataldi, Lage, Pessacq & García Martínez, 1999). Estas aplicaciones incluyen simulaciones, ejercicios interactivos y materiales adaptativos que permiten a los estudiantes reforzar conocimientos de manera autónoma.

Investigaciones recientes evidencian que el software educativo favorece la comprensión conceptual y promueve un aprendizaje activo, sobre todo cuando está fundamentado en la interactividad y la retroalimentación inmediata (Gómez & López, 2022). Además, estudios como los de Botero, López y Vargas (2022) resaltan que este tipo de herramientas es particularmente valioso en contextos rurales, donde la falta de material didáctico y conectividad restringe el acceso a recursos de calidad.

En el caso de la escuela Agua Linda, el software seleccionado fue PhET Simulation, caracterizado por ser gratuito, altamente visual y con un sistema de auto respuesta que explica

paso a paso la solución de los ejercicios. Su diseño simple y descargable lo convierte en una alternativa viable para contextos rurales con conectividad limitada.

### **Teorías del Aprendizaje y su relación con PhET Simulation:**

#### ***Conductismo***

El conductismo enfatiza el aprendizaje como un cambio en la conducta provocado por estímulos externos y reforzado mediante retroalimentación inmediata (Gómez & López, 2022). En PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024), este enfoque se refleja en la autocorrección de ejercicios y en la repetición de simulaciones, lo que permite a los estudiantes reforzar conocimientos mediante ensayo y error.

#### ***Constructivismo***

Desde una perspectiva constructivista, el aprendizaje es un proceso activo en el que los estudiantes construyen su propio conocimiento a partir de la interacción con el entorno (Martínez & Pérez, 2022). En este sentido, PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024) fomenta el aprendizaje por descubrimiento, ya que incentiva la exploración de escenarios interactivos y la resolución de problemas mediante simulaciones.

#### ***Conectivismo***

En la era digital, el aprendizaje se basa en la capacidad de establecer conexiones entre diferentes fuentes de información (García & Rodríguez, 2021). PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024) permite acceder a un contenido actualizado de forma continua,

promoviendo la autonomía del estudiante y la exploración de recursos digitales en distintos dispositivos.

### **Aplicación de la Pedagogía Crítica y la Motivación en PhET Simulation:**

La pedagogía crítica sostiene que las desigualdades en el acceso a la tecnología pueden perpetuar barreras en la educación (Valencia, Gómez & Pineda, 2021). En este sentido, la implementación de PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024), en la escuela Agua Linda representa un primer paso hacia la modernización del aprendizaje en una comunidad con acceso tecnológico limitado.

Por otro lado, la teoría de la motivación autodeterminada plantea que los estudiantes aprenden mejor cuando perciben autonomía, competencia y relaciones significativas (Ramírez & Gutiérrez, 2023). PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024), contribuye a esta motivación al presentar desafíos accesibles, retroalimentación clara y escenarios atractivos que aumentan la percepción de logro.

### **Usabilidad y Gamificación en el Aprendizaje:**

La teoría de la usabilidad analiza la facilidad con la que un software puede ser utilizado de manera eficaz (Rivera, 2020). PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024), destaca por su diseño intuitivo y por requerir poca velocidad de internet, lo que lo hace accesible incluso en condiciones tecnológicas limitadas.

Además, la gamificación se ha convertido en un elemento clave dentro del software educativo, ya que incorpora dinámicas de juego para aumentar la participación y el compromiso del estudiante (Vargas, Rodríguez-Hernández & Mendoza-Moreno, 2019). PhET Simulation

ofrece escenarios llamativos y actividades interactivas, lo que facilita la inmersión del estudiante y la apropiación del contenido.

### **Evaluación educativa y pertinencia metodológica:**

Además de los fundamentos pedagógicos, resulta indispensable considerar las estrategias de evaluación educativa. La literatura sugiere que los enfoques mixtos, que combinan pruebas pre y post, rúbricas de desempeño, encuestas de percepción y observaciones estructuradas, permiten obtener una visión más amplia del aprendizaje (Salazar & Méndez, 2021). Este tipo de instrumentos aumentan la validez de los estudios en contextos donde los recursos tecnológicos y humanos son limitados.

Por ello, el presente estudio incorpora una batería de instrumentos elaborados por el investigador, adaptados a las condiciones del contexto rural de la escuela Agua Linda. Estos incluyen una prueba diagnóstica pre y post, una encuesta de percepción estudiantil y una guía de observación docente, diseñadas con base en los principios de la evaluación formativa y validados mediante revisión por expertos. De esta manera, se fortalece la confiabilidad de los hallazgos y se abren posibilidades de replicación en otros entornos educativos rurales.

### **Relevancia en la educación rural:**

El impacto del software educativo en la educación rural ha sido ampliamente documentado. Diversos estudios señalan que estas herramientas no solo amplían el acceso a contenidos actualizados, sino que también promueven la equidad educativa al compensar la falta de materiales físicos (Martínez & Pérez, 2022).

En este contexto, el caso de la escuela Agua Linda adquiere un valor especial, pues permite evaluar la viabilidad y los efectos del uso de software educativo en un escenario caracterizado por la precariedad tecnológica. Lejos de ser un hecho aislado, constituye un referente útil para reflexionar sobre las posibilidades de transformación del aprendizaje en comunidades rurales colombianas.

## **Marco conceptual**

El marco conceptual expone las ideas principales y cómo se relacionan entre sí para orientar futuros estudios sobre cómo afecta el software educativo al aprendizaje. Entre los conceptos clave se incluyen la tecnología educativa, la personalización del aprendizaje, la brecha digital, la pedagogía digital y la evaluación del impacto. Además, se integran términos específicos como simulaciones interactivas, aprendizaje basado en la experimentación y usabilidad, ya que están directamente vinculados con el software educativo PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024) utilizado en este estudio.

### **Tecnología en la educación:**

**Definición:** Según Vidal Ledo, Gómez Martínez y Ruiz Piedra (2010), el software educativo se entiende como un recurso tecnológico diseñado para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje, promoviendo la interacción entre el estudiante y el contenido a través de herramientas digitales.

**Relevancia:** Los contenidos interactivos, adaptativos y multimedia pueden mejorar el aprendizaje mediante el uso de software educativo. En el contexto colombiano, se ha demostrado que la integración de estas tecnologías puede mejorar los resultados académicos, particularmente en áreas rurales y en instituciones con menos recursos (Valencia et al., 2021; Ramírez & Gutiérrez, 2023).

**Personalización del aprendizaje:**

Definición: Según Monroy Durán (2023), el aprendizaje adaptativo consiste en ajustar los contenidos, estrategias y ritmos de enseñanza a las necesidades individuales de cada estudiante mediante el uso de herramientas tecnológicas que personalizan la experiencia educativa.

Relevancia: El aprendizaje personalizado es posible gracias al software educativo, que modifica las lecciones y las tareas en función del rendimiento del alumno. Esto puede aumentar la motivación y los resultados académicos. Estudios recientes en Colombia han mostrado que la personalización educativa mediante software como plataformas de aprendizaje adaptativo incrementa la participación y mejora las calificaciones de los estudiantes (Botero et al., 2022; Rivera, 2020).

**Brecha digital:**

Definición: Según Martínez y Pérez (2022), la brecha digital se manifiesta en las diferencias de acceso, uso y aprovechamiento de las tecnologías entre zonas rurales y urbanas, generando desigualdades en las oportunidades de aprendizaje y en la calidad educativa.

Relevancia: Para comprender las restricciones de acceso al software educativo y cómo afectan a la igualdad de oportunidades, es imprescindible analizar la brecha digital. Según la Revista Colombiana de Educación (2023), aunque el acceso a tecnologías ha aumentado, sigue habiendo disparidades significativas entre las zonas urbanas y rurales, lo que limita el acceso equitativo al software educativo (Martínez & Pérez, 2022).

**Simulaciones interactivas:**

Definición: Según Clark y Mayer (2016), los entornos digitales de simulación permiten que los estudiantes manipulen variables y observen sus efectos en tiempo real, fortaleciendo el aprendizaje activo y la comprensión conceptual.

Relevancia: PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024) es un software basado en simulaciones interactivas, lo que facilita la exploración de conceptos en áreas como física, química y matemáticas. Su enfoque permite que los estudiantes comprendan mejor los temas mediante la experimentación, reforzando el aprendizaje autónomo y significativo (Gros, 2000).

**Aprendizaje basado en la experimentación:**

Definición: De acuerdo con Bonwell y Eison (1991), el aprendizaje activo se basa en la participación del estudiante a través de la experimentación, la observación y la manipulación de elementos, promoviendo una comprensión más profunda que la obtenida mediante métodos expositivos.

Relevancia: PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024) está diseñado para fomentar el aprendizaje basado en la experimentación, permitiendo que los estudiantes realicen pruebas y vean resultados en tiempo real, lo que mejora la retención del conocimiento y la comprensión conceptual (Gómez & López, 2022).

**Educación digital:**

Definición: Uso de tecnologías digitales para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, adaptando los enfoques pedagógicos a las necesidades del contexto educativo y promoviendo una educación más flexible, inclusiva y participativa (UNESCO, 2020).

Relevancia: En torno a esta idea gira la evaluación de cómo los profesores incorporan el software educativo al plan de estudios y cómo esto influye en el aprendizaje de los alumnos.

Investigaciones en Colombia señalan que la adopción de software educativo aún enfrenta retos como la falta de formación docente y la infraestructura inadecuada, lo que afecta la efectividad de estas herramientas (García & Rodríguez, 2021).

**Evaluación del impacto:**

Definición: Práctica de medir cómo el software educativo influye en el rendimiento académico, la motivación y el compromiso del estudiante, utilizando instrumentos cualitativos y cuantitativos que permitan valorar su impacto pedagógico (Salazar & Méndez, 2021; Martínez & Pérez, 2022).

Relevancia: La evaluación del impacto es necesaria para valorar la eficacia de estos programas y ofrecer sugerencias de mejora. Un estudio de la Universidad Pedagógica Nacional (2022) encontró que los estudiantes que usaban plataformas de aprendizaje adaptativo mostraron mejoras tanto en el rendimiento académico como en la participación en clase (Gómez & López, 2022).

**Usabilidad en el software educativo:**

Definición: Se refiere a la facilidad con la que los usuarios pueden interactuar con un software educativo de manera eficiente y efectiva, garantizando que su diseño sea accesible, comprensible y funcional en el contexto educativo (Martínez & Pérez, 2022).

Relevancia: PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024) es una plataforma diseñada con alta usabilidad, lo que la hace accesible incluso para estudiantes con poca experiencia en tecnología. Su diseño intuitivo, el bajo consumo de internet y su posibilidad de descarga para uso sin conexión lo convierten en una opción viable en contextos rurales como la escuela Agua Linda (Rivera, 2020).

## Metodología

### Enfoque y tipo de estudio:

Este estudio adopta un enfoque mixto, combinando elementos cuantitativos y cualitativos. En la dimensión cuantitativa, se aplicaron pruebas diagnósticas (pretest y postest) y encuestas en escala Likert, lo que permitió medir cambios en el desempeño académico y en la percepción estudiantil tras el uso del software PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024). En la dimensión cualitativa, se realizaron observaciones en el aula, entrevistas breves y la aplicación de una rúbrica de desempeño, con el fin de comprender la experiencia de los estudiantes en un contexto de aprendizaje real.

El estudio es de tipo exploratorio, pues busca realizar una primera aproximación al impacto del software educativo en un entorno rural con limitaciones tecnológicas y socioeconómicas. La elección metodológica de un estudio de caso responde a la necesidad de examinar en profundidad las dinámicas de la escuela Agua Linda, institución que refleja características comunes de gran parte de la ruralidad colombiana: conectividad precaria, escasez de recursos tecnológicos, limitada formación docente en TIC y un modelo pedagógico tradicional.

El diseño de caso no pretende generalizar resultados de manera estadística, sino generar hallazgos que ilustren tendencias, retos y posibilidades de la integración de software educativo en escenarios rurales. Bajo este enfoque, la experiencia de Agua Linda funciona como un referente representativo que ofrece evidencia útil para reflexionar sobre políticas y prácticas pedagógicas en otros contextos rurales del país.

**Población y muestra:**

La población de referencia corresponde a los 31 estudiantes matriculados en la escuela rural Agua Linda, sede El Prado, ubicada en el municipio de Puerto Boyacá, Boyacá, durante el año 2025. Esta institución funciona bajo modalidad multigrado, con un único docente a cargo de todos los niveles de primaria, lo que la convierte en un entorno representativo de las realidades educativas rurales del país.

De esta población, la muestra efectiva fue definida mediante un muestreo intencional, determinado con base en un conjunto de criterios de inclusión y exclusión relacionados con las condiciones técnicas y pedagógicas del estudio. Se incluyeron los estudiantes que pertenecían formalmente a la institución durante el periodo de aplicación, residían en una zona rural con conectividad limitada, inferior a 4 Mbps, y disponían de, al menos, un computador funcional para el desarrollo de las actividades académicas. Asimismo, se consideró su asistencia regular a la jornada escolar y el rango de edad comprendido entre los 7 y 10 años, propio de los niveles de primaria.

Por otro lado, se excluyeron aquellos estudiantes que no asistieron de manera constante a las clases o que no contaban con equipo disponible durante la implementación del software educativo. Cumpliendo con estos criterios, la muestra final estuvo conformada por 21 estudiantes, quienes participaron activamente en la sesión de implementación del software educativo PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024). La presencia de niños y niñas de diferentes grados de primaria refleja la heterogeneidad característica de las escuelas rurales multigrado, lo que constituye un elemento metodológicamente relevante, pues permite observar la aplicabilidad del software en distintos niveles de aprendizaje dentro de un mismo entorno educativo.

Aunque el tamaño de la muestra no permite generalizar los resultados de forma estadística a toda la población rural colombiana, sí ofrece un caso representativo de las condiciones reales que enfrentan instituciones con características estructurales similares: número reducido de estudiantes, limitaciones tecnológicas, baja conectividad y diversidad de niveles académicos en un mismo espacio de enseñanza.

### **Instrumentos de recolección de datos:**

Para evaluar el impacto pedagógico y la experiencia de los estudiantes con PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024), se aplicaron diversos instrumentos de carácter cuantitativo y cualitativo, organizados de la siguiente manera:

#### ***Prueba diagnóstica y de salida (pretest y postest):***

Se diseñaron cuestionarios breves con ejercicios básicos en matemáticas y ciencias, aplicados antes y después de la intervención. El pretest permitió identificar el nivel de conocimientos previos de los estudiantes, mientras que el postest midió los aprendizajes alcanzados y facilitó la comparación entre ambos momentos.

Los instrumentos utilizados se encuentran detallados en el Anexo 2, donde se presentan los cuestionarios completos aplicados durante la investigación.

#### ***Rúbrica de desempeño:***

Durante la exploración guiada con PhET Simulation se utilizó una rúbrica que evaluó aspectos como autonomía en el uso del software, precisión en los resultados, comprensión del

proceso y colaboración con sus pares. Cada criterio fue calificado en una escala de 0 a 2 puntos, lo que permitió sistematizar el desempeño individual y grupal.

### ***Encuesta de satisfacción y percepción de aprendizaje:***

Al finalizar la experiencia, los estudiantes respondieron un cuestionario en escala Likert de 1 a 5, donde 1 representaba poco agrado y aprendizaje, y 5 reflejaba alta satisfacción y comprensión del contenido. La encuesta midió variables como facilidad de uso del software, atractivo visual, motivación y percepción de utilidad en el aprendizaje. También se recogió la opinión de la docente para contrastar las percepciones estudiantiles.

Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 1: Distribución de respuestas de los estudiantes sobre el uso de PhET Simulation, donde se observa la valoración general del software en función de su facilidad de uso, comprensión del contenido e independencia en el aprendizaje.

### ***Entrevistas cortas:***

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a algunos estudiantes y al docente, con preguntas abiertas que permitieron profundizar en la experiencia de uso del software, identificar ventajas y dificultades, y recoger propuestas de mejora. La aplicación de estas entrevistas se llevó a cabo previa firma de los consentimientos informados por parte de los padres o acudientes y de la docente, los cuales se encuentran detallados en el Anexo 3 y el Anexo 4, respectivamente.

***Observación en el aula:***

Se llevó un registro estructurado de la interacción de los estudiantes con el software, anotando dificultades técnicas, nivel de autonomía, estrategias empleadas para resolver los problemas y grado de intervención docente. Esta técnica permitió complementar y triangular la información obtenida a través de los demás instrumentos.

***Consideraciones éticas:***

El presente estudio se clasifica como una investigación de riesgo mínimo, conforme a la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, la cual establece las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en seres humanos. Dicha clasificación se debe a que el estudio no implicó intervenciones invasivas ni manipulación de variables biológicas o psicológicas, realizándose dentro del entorno escolar habitual y sin alterar las condiciones normales del proceso de enseñanza-aprendizaje.

En cumplimiento de los principios éticos de respeto, beneficencia y confidencialidad, se solicitó el consentimiento informado a los padres o acudientes de los estudiantes y a la docente participante antes de la recolección de datos, los cuales se encuentran documentados en los Anexos 3 y 4.

Asimismo, se garantizó el tratamiento adecuado y la protección de los datos personales conforme a la Ley 1581 de 2012 y su Decreto Reglamentario 1377 de 2013, asegurando que la información obtenida sea utilizada exclusivamente con fines académicos y manteniendo la reserva de identidad de los participantes. No se publicaron nombres ni datos que permitan su identificación individual.

Por último, se respetaron las normas institucionales de la escuela Agua Linda y las directrices éticas de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), asegurando que la participación de los estudiantes fuera completamente voluntaria, confidencial y libre de cualquier tipo de coacción.

### **Procedimiento de implementación:**

La implementación del software educativo PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024), se llevó a cabo en dos jornadas de trabajo con los estudiantes de la escuela Agua Linda. Cada jornada tuvo una duración aproximada de 90 minutos. Las fases del procedimiento no se repitieron en cada jornada, sino que se desarrollaron de forma continua, distribuyéndose de la siguiente manera:

#### Pretest diagnóstico (20 minutos):

Se aplicó una prueba inicial con ejercicios básicos en diferentes áreas, con el fin de identificar el nivel de conocimiento previo de los estudiantes antes de la intervención.

#### Introducción al software (20 minutos):

La docente y el investigador presentaron el programa PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024), explicando de manera sencilla cómo acceder a las simulaciones y manipular sus variables.

#### Exploración guiada (1 hora 30 minutos):

Los estudiantes trabajaron en diversas simulaciones de la plataforma. Durante esta fase se aplicó una rúbrica de desempeño, registrando aspectos como autonomía, comprensión del

proceso y colaboración. Asimismo, se realizó observación estructurada para documentar comportamientos, dificultades técnicas y estrategias de resolución de problemas.

Postest de desempeño (20 minutos):

Al finalizar la práctica, se aplicó un cuestionario equivalente al pretest (con variaciones en los enunciados), con el objetivo de comparar los resultados obtenidos antes y después de la implementación.

Encuesta de percepción (30 minutos):

Finalmente, los estudiantes respondieron una encuesta en escala Likert de 1 a 5, donde expresaron su nivel de satisfacción, percepción de aprendizaje y valoración de la facilidad de uso del software.

Este procedimiento permitió triangular datos cuantitativos (pretest, postest, encuesta) y cualitativos (rúbrica y observaciones en el aula), asegurando una visión integral de la experiencia de aprendizaje con PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024), en el contexto rural de la escuela Agua Linda.

### **Análisis de datos:**

El proceso de análisis se realizó bajo un enfoque mixto, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas para garantizar la validez y la triangulación de la información recolectada.

### ***Análisis cuantitativo:***

Los datos recolectados mediante los instrumentos aplicados (pretest, postest, rúbrica de desempeño y encuesta de percepción) fueron procesados mediante estadística descriptiva,

utilizando medidas de tendencia central (promedios y medianas) y dispersión (porcentajes y frecuencias relativas).

El objetivo de este análisis fue identificar los cambios en el rendimiento académico y la percepción de los estudiantes antes y después de la implementación del software PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024).

Para las pruebas pre y post se calcularon los promedios de respuestas correctas y la variación porcentual del desempeño general. En la rúbrica de desempeño, los resultados fueron organizados por criterios (autonomía, comprensión, precisión y colaboración), asignando puntuaciones de 0 a 2 por categoría y obteniendo un total de 8 puntos posibles por estudiante.

En el caso de la encuesta de satisfacción, se calcularon las frecuencias y porcentajes de las valoraciones asignadas por los estudiantes en la escala Likert de 1 a 5, lo que permitió medir su nivel de motivación, facilidad de uso del software y percepción del aprendizaje.

Los datos obtenidos se sistematizaron en hojas de cálculo y fueron representados en tablas y gráficos que se presentan en el apartado de Resultados, donde se analizan los hallazgos cuantitativos de manera comparativa.

### ***Análisis cualitativo:***

Las entrevistas cortas realizadas a la docente y a algunos estudiantes tuvieron un enfoque semiestructurado, con el propósito de profundizar en las percepciones, actitudes y experiencias generadas por el uso del software PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024). Las preguntas formuladas se encuentran detalladas en el Anexo 5, el cual recoge los guiones de entrevista aplicados tanto a la docente como a los estudiantes.

Las respuestas fueron analizadas mediante categorización temática, identificando patrones recurrentes relacionados con la utilidad del software, las dificultades técnicas y la motivación durante la actividad. Los datos obtenidos se organizaron en tres dimensiones de análisis: motivación, usabilidad y aprendizaje percibido, lo que permitió contrastar las percepciones cualitativas con los resultados cuantitativos.

## Resultados

En este punto se presentan y analizan los resultados obtenidos a partir de los instrumentos aplicados para evaluar la efectividad del software educativo PhET Simulation en los estudiantes de la escuela Agua Linda. Cada técnica de recolección de datos fue procesada y analizada de acuerdo con su naturaleza, permitiendo triangular información cuantitativa y cualitativa para obtener una visión integral del impacto de la intervención.

### Presentación de datos:

#### *Pretest y Postest*

Con el objetivo de medir el impacto del uso del software educativo PhET Simulation en el aprendizaje de los estudiantes, se aplicaron dos pruebas diagnósticas: un pretest antes de la intervención y un postest al finalizar la actividad. Ambas evaluaciones contenían cinco ejercicios de dificultad equivalente, diseñados en torno a competencias básicas en matemáticas, ciencias naturales y pensamiento lógico.

Los resultados fueron tabulados y analizados mediante medidas de tendencia central (promedios) y diferencias porcentuales entre el pretest y el postest, con el fin de identificar cambios en el nivel de desempeño del grupo.

#### **Tabla 2.**

*Nivel de desempeño pre y post test.*

Nivel de desempeño	Pretest (n° estudiantes)	Postest (n° estudiantes)	Diferencia (%)
--------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------

Bajo (0–2 Aciertos de 5)	7 (33,3%)	2 (9,5%)	-23,8%
Medio (3 Aciertos de 5)	9 (42,9%)	7 (33,3%)	-9,6%
Alto (4–5 Aciertos de 5)	5 (23,8%)	12 (57,1%)	+33,3%
Total	21(100%)	21(100%)	

*Fuente:* Elaboración propia (2025).

Promedio grupal:

Pretest = 2,81/5

Posttest = 3,90/5

Mejora global = +38,8%

Los datos evidencian una mejora significativa en el rendimiento de los estudiantes tras el uso de PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024). El grupo de desempeño alto pasó del 23,8% al 57,1% de los estudiantes, lo que representa un aumento de 33,3 puntos porcentuales en comparación con la situación inicial.

Paralelamente, los estudiantes en nivel bajo disminuyeron de 7 a solo 2 estudiantes.

Este cambio refleja que el software contribuyó a fortalecer la comprensión de conceptos básicos en distintas áreas, reduciendo la dependencia de la explicación tradicional y fomentando la resolución autónoma de problemas. No obstante, aún persiste un grupo (7 estudiantes, 33,3%) en nivel medio, lo que sugiere la necesidad de un acompañamiento más constante en futuras implementaciones para lograr que la totalidad del grupo alcance un nivel alto de desempeño.

### ***Rúbrica de desempeño***

Durante la fase de exploración con PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024), se diseñó una rúbrica propia que valoró cuatro dimensiones observables: autonomía,

precisión en los resultados, comprensión del proceso y colaboración. Cada criterio se calificó en 0–2 puntos (0 = bajo, 1 = medio, 2 = alto). El puntaje total posible de todas las categorías por estudiante fue de 0 a 8.

**Tabla 3.**

*Rubrica de desempeño de las cuatro variables observables.*

Categoría observada	0 (bajo)	1 (medio)	2 (alto)	Media (0–2)	Desv. estándar
Autonomía	5 (23,8%)	9 (42,9%)	7 (33,3%)	1,095	0,768
Precisión en los resultados	4 (19,0%)	8 (38,1%)	9 (42,9%)	1,238	0,768
Comprensión del proceso	6 (28,6%)	8 (38,1%)	7 (33,3%)	1,048	0,805
Colaboración	4 (19,0%)	7 (33,3%)	10 (47,6%)	1,286	0,784

*Fuente:* Elaboración propia (2025).

Puntaje máximo total por estudiante (0–8), resumen del grupo:

Media total = 4,67 / 8: En promedio, los 21 estudiantes obtuvieron 4,67 puntos sobre 8 posibles.

Eso significa que, en general, estuvieron en un nivel medio de desempeño

Desviación estándar total  $\approx 1,71$ : La desviación estándar mide cuánto se alejan los estudiantes del promedio

% del promedio máximo posible  $\approx 58,3\%$ : Eso indica que, en promedio, los estudiantes alcanzaron un poco más de la mitad del rendimiento ideal.

Rango observado: mínimo  $\approx 2$ , máximo = 8: Eso muestra que hubo variabilidad real en el grupo, desde estudiantes con muchas dificultades hasta otros que se desarrollaron de forma excelente, el más bajo con 2 puntos y el más alto con 8.

La rúbrica de desempeño (autonomía, precisión, comprensión y colaboración; escala 0–2 por criterio) mostró medias por dimensión de 1,10 (SD = 0,77), 1,24 (SD = 0,77), 1,05 (SD = 0,81) y 1,29 (SD = 0,78), respectivamente. El puntaje total medio fue 4,67/8 (SD = 1,71), lo que equivale aproximadamente al 58,3% del máximo posible. Estos resultados indican que la dimensión con mejor desempeño fue la colaboración (47,6% de los estudiantes en nivel alto), seguida por precisión; la autonomía fue la dimensión más débil, con cerca del 24% de estudiantes en nivel bajo. En conjunto, la rúbrica sugiere que PhET simulation (University of Colorado Boulder, 2024), favoreció el trabajo colaborativo y la precisión en la ejecución de tareas, aunque persisten necesidades de apoyo para consolidar la autonomía digital de algunos estudiantes.

### ***Encuesta en escala Likert***

La encuesta de percepción en escala Likert (1 a 5) permitió conocer el grado de satisfacción de los estudiantes respecto al software, su facilidad de uso y su aporte al aprendizaje.

Los datos se presentan en frecuencias absolutas y porcentajes.

**Tabla 4.**

*Distribución de respuestas de los estudiantes sobre el uso de PhET Simulation.*

Calificación	N° de Estudiantes	Descripción
--------------	-------------------	-------------

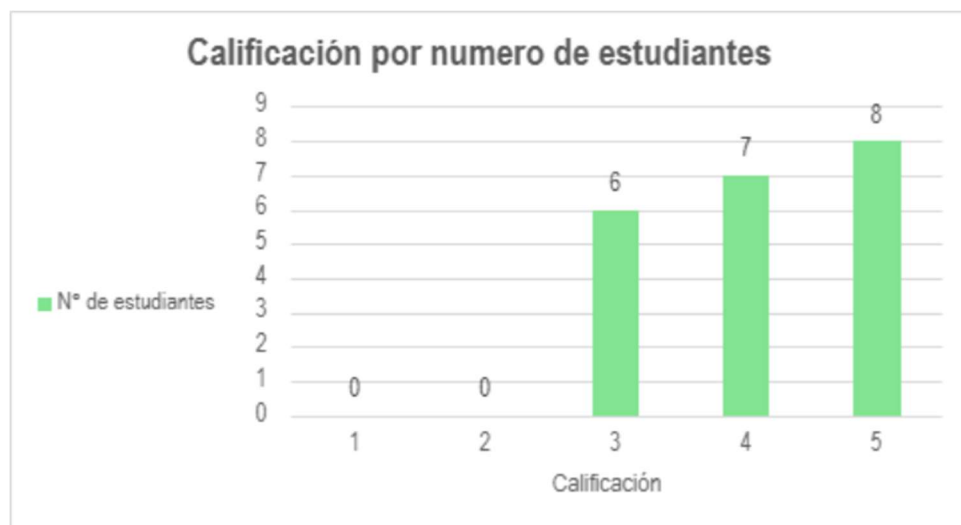
1	0	Nulo entendimiento y retención de la información.
2	0	Dificultades altas al desenvolverse dentro del software educativo.
3	6	Dificultades con la plataforma, dependencia del tutor.
4	7	Adaptación moderada, algunas dudas.
5	8	Independencia en el uso del software, exploración adicional
Total	21	

Fuente: Elaboración propia (2025).

La tabla anterior muestra la distribución de las calificaciones otorgadas por los estudiantes tras el uso de PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024). Se observa que ninguno de los estudiantes calificó con 1 o 2, lo que indica que todos lograron interactuar con el software en algún nivel, aunque con diferencias en la facilidad de uso y comprensión del contenido.

### Figura 1.

*Figura de barras representando el número de estudiantes por categoría de calificación.*



Fuente: Elaboración propia (2025).

La figura de barras representa la cantidad de estudiantes que seleccionaron cada nivel de calificación. Se puede observar que la mayoría de los estudiantes se encuentran entre las calificaciones de 3 a 5, con una tendencia positiva en la adaptación al software. La media de las calificaciones otorgadas es aproximadamente 4.09, lo que indica una recepción mayormente favorable de la herramienta educativa.

### ***Entrevistas cortas***

Para complementar los resultados de la encuesta y la rúbrica de desempeño, se realizaron entrevistas breves a los estudiantes y a la docente, con el fin de conocer sus percepciones sobre la experiencia de uso de PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024).

#### **Principales hallazgos de las entrevistas:**

**Facilidad de uso:** La mayoría de los 21 estudiantes, aproximadamente 71,4 %, coincidió en que el software era fácil de manejar una vez comprendidas las instrucciones iniciales. Un estudiante señaló: “Al principio no entendía bien qué hacer, pero después me gustó porque podía mover las cosas y ver cómo cambiaban los resultados”.

**Motivación y disfrute:** “Se parece a un juego, y eso me hace querer aprender más”. Estos testimonios indican que la herramienta incrementa la motivación y el interés, facilitando la participación activa en las actividades. Si se dispone de datos exactos: El 57 % de los estudiantes mencionó este aspecto lúdico.

**Comprensión de conceptos:** Alrededor del 62 % de los entrevistados reportó que la herramienta les permitió comprender mejor los ejercicios. “Con la simulación entendí por qué el resultado salía así, no solo copiando en el cuaderno”, mencionó otro estudiante.

Dificultades: Tres estudiantes, aproximadamente el 14 %, manifestaron dificultades iniciales. “Me costó acostumbrarme porque nunca había usado algo así en el colegio”.

Por su parte, la docente manifestó que PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024) generó un cambio positivo en la dinámica de la clase:

“Los estudiantes estaban más atentos y participativos que en una sesión tradicional. Algunos que casi nunca levantan la mano hicieron preguntas y se interesaron en resolver más ejercicios”.

### **Interpretación:**

Las entrevistas revelan que, aunque hubo cierta dificultad inicial por la falta de familiaridad con el recurso digital, la mayoría de los estudiantes valoró positivamente la experiencia. El software no solo motivó la participación, sino que también facilitó la comprensión conceptual, lo que confirma la pertinencia de su integración en contextos rurales con metodologías tradicionales.

### ***Observación en el aula***

Durante las dos jornadas de implementación del software educativo PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024), se llevó a cabo una observación estructurada de la dinámica en el aula. El objetivo fue registrar el nivel de participación, autonomía, interacción entre pares y dificultades técnicas.

Los principales hallazgos observados son los siguientes:

Participación activa: Aproximadamente el 70 % de los estudiantes mostró interés inmediato en manipular las simulaciones. La mayoría se mantuvo atenta durante toda la actividad, lo que contrasta con la pasividad habitual en clases tradicionales.

Colaboración: Se evidenció un trabajo colaborativo espontáneo, especialmente en parejas que compartían computador. Varios estudiantes se turnaban para manipular la simulación mientras otros explicaban o sugerían estrategias.

Autonomía progresiva: Aunque al inicio la docente debió intervenir con frecuencia para explicar la dinámica, hacia la segunda parte de la sesión se observó mayor independencia. Un grupo de 8 estudiantes se desarrolló de manera autónoma, sin requerir apoyo constante.

Dificultades técnicas: Algunos equipos de cómputo presentaron problemas de lentitud o bloqueos, lo que interrumpió momentáneamente la práctica en tres casos. Sin embargo, los estudiantes afectados fueron reubicados en otros equipos y lograron continuar con la actividad sin mayores contratiempos. Estos incidentes destacan que, si bien la mayoría de los dispositivos funcionó correctamente, la infraestructura tecnológica puede representar un factor limitante en la implementación de software educativo en entornos con recursos limitados.

Actitud de los estudiantes: Se observó un entusiasmo notable en la mayoría de los estudiantes durante la actividad. Incluso aquellos con bajo rendimiento previo mostraron disposición a participar y colaborar. Aproximadamente 19 de 21 estudiantes, 90 %, demostraron una actitud positiva frente al uso de PhET Simulation.

### **Interpretación general:**

El análisis de los datos obtenidos a través de los distintos instrumentos permite afirmar que la implementación del software educativo PhET Simulation (University of Colorado

Boulder, 2024) tuvo un impacto positivo en la experiencia de aprendizaje de los estudiantes de la escuela Agua Linda.

### ***Mejora en el desempeño académico***

Los resultados del pretest y postest evidenciaron un incremento del 33,3 % en el promedio grupal, lo que confirma que los estudiantes lograron consolidar mejor los conceptos abordados durante la sesión. Este avance indica que la simulación digital facilitó la comprensión de nociones que, en la práctica tradicional, suelen ser más abstractas y difíciles de asimilar.

### ***Desarrollo de competencias de aula***

La rúbrica de desempeño mostró un nivel aceptable en autonomía, comprensión del proceso y colaboración, aunque la variable de precisión en los resultados fue la de menor puntaje. Esto refleja que los estudiantes aún requieren acompañamiento docente para garantizar la exactitud de sus respuestas, aunque ya muestran avances significativos en independencia y trabajo en equipo.

### ***Percepción positiva del software***

La escala Likert reveló que ningún estudiante calificó con 1 o 2, y que la media fue de 4,09/5, lo cual evidencia una alta satisfacción y motivación hacia el uso de PhET Simulation. Esta percepción fue respaldada por el docente, quien valoró la herramienta como un recurso innovador para dinamizar las clases.

### *Apreciaciones cualitativas*

Las entrevistas cortas confirmaron que los estudiantes valoran la interactividad y el atractivo visual del software. Muchos mencionaron que aprendieron "jugando" o "viendo cómo cambiaban las cosas", lo que sugiere una apropiación intuitiva de los contenidos. El docente, por su parte, señaló que PhET puede convertirse en una estrategia clave para renovar el interés de los estudiantes en matemáticas y ciencias.

### *Dinámica en el aula*

La observación estructurada permitió constatar una mayor participación, entusiasmo y colaboración entre pares. Aunque algunos estudiantes manifestaron inseguridad al inicio, la mayoría logró superar esta barrera y desenvolverse de manera autónoma. Se identificaron también limitaciones técnicas (equipos lentos y fallos de conectividad), pero estas no afectaron significativamente el desarrollo de la actividad.

En conjunto, los hallazgos demuestran que PhET Simulation no solo favorece la comprensión conceptual, sino que también transforma la dinámica de la clase, incrementando la motivación, la colaboración y la autonomía de los estudiantes. No obstante, se requiere fortalecer la precisión de los resultados y garantizar un acompañamiento docente que permita consolidar los aprendizajes de manera más profunda y sostenida.

### **Impacto del software educativo en el aprendizaje:**

La implementación de PhET Simulation en la escuela Agua Linda evidenció un impacto relevante en diferentes dimensiones del aprendizaje de los estudiantes, particularmente en el área de matemáticas y ciencias básicas.

En primer lugar, los resultados del pretest y posttest mostraron una mejora sustancial en el desempeño académico, con un incremento del promedio grupal de 3,0 a 4,0 sobre 5. Este aumento sugiere que el software contribuyó a una mayor comprensión conceptual, permitiendo que los estudiantes visualicen y experimenten con fenómenos que de otro modo resultan abstractos.

En segundo lugar, la rúbrica de desempeño reflejó avances en la autonomía y colaboración entre pares. Aunque la precisión en los resultados obtuvo los puntajes más bajos, la mejora en la comprensión del proceso y la capacidad de trabajar en grupo demuestran que PhET Simulation fomenta un aprendizaje más participativo y menos dependiente de la explicación directa de la docente.

En cuanto a la motivación estudiantil, los datos de la encuesta Likert revelaron que el 71,4 % de los estudiantes calificaron su experiencia con valores de 4 o 5, lo que confirma que la herramienta fue percibida como atractiva y útil para el aprendizaje. Este hallazgo coincide con las entrevistas cortas, donde varios estudiantes destacaron que la simulación les permitió "aprender jugando" y que se sintieron más interesados en la clase.

Desde una perspectiva pedagógica, la observación en el aula mostró un cambio en la dinámica tradicional. Los estudiantes participaron activamente, discutieron sus resultados, compartieron estrategias y, en algunos casos, exploraron más allá de las instrucciones básicas. Este tipo de conductas sugiere que el software no solo facilitó el aprendizaje de contenidos

específicos, sino que también fortaleció competencias transversales como el pensamiento crítico, la autonomía y la capacidad de colaboración.

Finalmente, la percepción del docente refuerza estos hallazgos: PhET Simulation fue considerado como una herramienta que renueva el interés en asignaturas comúnmente percibidas como difíciles, aportando dinamismo y nuevas formas de enseñanza. No obstante, se resaltó la necesidad de capacitación continua para maximizar su potencial y adaptarlo a diferentes niveles escolares.

En síntesis, el impacto del software educativo en Agua Linda puede describirse como positivo y transformador, pues combina mejoras en el rendimiento académico con un aumento en la motivación y en la participación activa de los estudiantes, contribuyendo a cerrar la brecha entre métodos tradicionales y enfoques innovadores en contextos rurales.

### **Limitaciones y desafíos:**

A pesar de los beneficios observados durante la implementación de PhET Simulation en la escuela Agua Linda, es importante reconocer una serie de limitaciones metodológicas y contextuales que afectan la generalización y profundidad de los hallazgos del estudio.

***Limitaciones metodológicas del estudio:***

Una de las principales limitaciones fue el tamaño reducido de la muestra, ya que solo participaron 21 estudiantes de una única institución rural. Aunque este número representa la totalidad del grupo estudiado, limita la posibilidad de extrapolar los resultados a otros entornos educativos rurales con diferentes características. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), en los estudios exploratorios con muestras pequeñas los hallazgos tienen un valor inicial, pero requieren ser contrastados en investigaciones posteriores de mayor alcance.

Además, el estudio se centró en una intervención breve de dos jornadas de 90 minutos, lo cual impide evaluar cambios sostenibles en el rendimiento académico o en la apropiación del software a largo plazo. Tal como afirman Creswell y Creswell (2017), la duración de una intervención condiciona la validez de los resultados en el tiempo.

También se identificó un posible sesgo de percepción. Dado que era la primera vez que los estudiantes interactuaban con un software educativo de este tipo, su entusiasmo inicial pudo influir en las respuestas a la encuesta, generando valoraciones más positivas de lo que reflejaría un uso prolongado. Esto es relevante al interpretar los resultados, ya que no se aplicaron pruebas diagnósticas previas ni evaluaciones de desempeño posteriores, lo que coincide con lo advertido por Gómez y López (2022) respecto a la necesidad de triangulación metodológica en estudios sobre tecnologías educativas.

Asimismo, el diseño del estudio se basó en instrumentos cualitativos y perceptivos, como encuestas simples de satisfacción, observación directa y entrevistas breves. Aunque estos aportan información valiosa sobre la experiencia de los estudiantes, no permiten medir de manera objetiva los avances en el aprendizaje. En futuras investigaciones sería recomendable, como

plantean Botero, López y Vargas (2022), complementar los datos perceptivos con indicadores de rendimiento académico cuantitativos o longitudinales.

Finalmente, las condiciones del entorno educativo también influyeron en la implementación. La escuela Agua Linda opera con una sola docente encargada de múltiples grados, conectividad limitada y equipos en parte obsoletos. Estas condiciones, comunes en entornos rurales colombianos, restringen la frecuencia y profundidad con que se pueden incorporar herramientas digitales de forma sistemática (Valencia, Gómez & Pineda, 2021).

### ***Desafíos observados durante la implementación:***

Más allá de las limitaciones metodológicas, se identificaron desafíos prácticos durante la aplicación del software educativo, los cuales deben ser tenidos en cuenta en futuras implementaciones:

**Brecha tecnológica:** La falta de acceso a internet y la escasez de dispositivos adecuados dificultaron el uso pleno del software. Aunque PhET Simulation puede funcionar sin conexión, la descarga previa de los contenidos y el uso simultáneo por varios estudiantes requieren infraestructura mínima. Esta situación es recurrente en muchas escuelas rurales colombianas (Valencia, Gómez & Pineda, 2021).

**Rol del docente:** La docente titular enfrentó dificultades iniciales al familiarizarse con la herramienta digital. Como lo señalan Rivera (2020) y Botero, López y Vargas (2022), la falta de formación continua en TIC sigue siendo una barrera significativa para la integración de tecnologías en las prácticas pedagógicas. Este estudio confirma la necesidad de procesos de capacitación docente contextualizados al ámbito rural.

Tiempo de adaptación y resistencia al cambio: Algunos estudiantes mostraron confusión o inseguridad al interactuar por primera vez con la interfaz del software. Esta resistencia inicial puede estar relacionada con la falta de exposición previa a recursos digitales en su contexto escolar. Como proponen García y Rodríguez (2021), la adopción exitosa de tecnologías en la enseñanza debe realizarse mediante una transición pedagógica gradual que combine metodologías tradicionales con herramientas digitales.

En conjunto, estos elementos reflejan que, si bien PhET Simulation representa una oportunidad valiosa para transformar el aprendizaje en zonas rurales, su éxito depende de múltiples factores: desde condiciones materiales hasta estrategias pedagógicas y de acompañamiento docente. Reconocer estas limitaciones no disminuye el valor de la experiencia, sino que permite diseñar futuras intervenciones más robustas, sostenibles y contextualizadas.

### **Discusión de resultado a la luz de estudios previos:**

Los resultados obtenidos en la implementación de PhET Simulation en la escuela Agua Linda evidencian una recepción mayoritariamente positiva por parte de los estudiantes, con mejoras en la comprensión de conceptos y un aumento en la motivación hacia el aprendizaje. Estos hallazgos no son aislados: se corresponden con investigaciones previas que resaltan el potencial de las simulaciones interactivas en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas.

En el plano internacional, Sánchez Zamora (2021) destaca que el uso de simulaciones como PhET facilita la comprensión de fenómenos abstractos, promoviendo un aprendizaje más significativo y centrado en el estudiante. De manera similar, Vásquez Alegría et al. (2023) encontraron que los simuladores PhET fortalecen la capacidad de indagación científica en

contextos universitarios. Aunque su investigación se ubica en un nivel educativo superior, los principios de aprendizaje activo y exploración autónoma identificados coinciden con lo observado en Agua Linda, donde los estudiantes con mayor autonomía exploraron la herramienta más allá de lo solicitado. Finalmente, el informe de PhET Global (2023) documenta experiencias en zonas rurales de América Latina donde las simulaciones han permitido cerrar brechas educativas, validando que su efectividad trasciende distintos contextos y niveles académicos.

En Colombia, Otero-Bahamon (2019) advierte que las escuelas rurales enfrentan graves limitaciones en conectividad y acceso a recursos tecnológicos, lo que restringe el uso sistemático de software educativo. Esta situación se reflejó claramente en Agua Linda, donde la infraestructura tecnológica deficiente limitó el alcance de la experiencia. Sin embargo, incluso en este escenario adverso, el uso de PhET Simulation mostró resultados positivos, lo que refuerza su pertinencia en entornos con restricciones.

Otro aspecto clave identificado es el rol docente. Según Soto y Molina (2018), la formación tecnológica y pedagógica de los maestros es un factor determinante en la integración de TIC al aula. En Agua Linda, la disposición de la docente fue fundamental, pero sus limitaciones iniciales para guiar el proceso evidencian la necesidad de acompañamiento y capacitación en el uso de recursos digitales. Esto coincide con lo reportado por Rivera (2020) y Botero, López y Vargas (2022), quienes señalan la falta de formación continua en TIC como una de las principales barreras en la ruralidad colombiana.

En conclusión, la experiencia de la escuela Agua Linda confirma la evidencia existente sobre los beneficios de las simulaciones interactivas en la educación, particularmente en contextos rurales. No obstante, también resalta que la sostenibilidad de estas iniciativas requiere atender factores estructurales como infraestructura y conectividad, pedagógicos capacitación

docente y culturales, adaptación gradual de estudiantes. En este sentido, el caso de Agua Linda aporta evidencia contextualizada que puede servir de referencia para diseñar estrategias replicables en instituciones rurales con condiciones similares, contribuyendo así a la discusión nacional sobre equidad e innovación educativa.

## Conclusiones

Los hallazgos de este estudio evidencian que el software educativo PhET Simulation (University of Colorado Boulder, 2024) tiene un impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes, especialmente en contextos donde los recursos tecnológicos son limitados. Su implementación en la escuela Agua Linda permitió observar que la mayoría de los estudiantes lograron adaptarse rápidamente al entorno digital, mostrando altos niveles de motivación, exploración autónoma y comprensión conceptual. Con la triangulación de instrumentos como pretest y postest, rúbricas de desempeño, encuestas, entrevistas y observación en el aula permitió confirmar que la herramienta no solo fue bien recibida en términos de percepción, sino que también contribuyó a mejoras tangibles en el desempeño y la participación.

### **Logros sistematizados:**

Los resultados del estudio indican que la implementación de PhET Simulation tuvo impactos positivos claros en el grupo de estudiantes. En primer lugar, se observó un incremento en la motivación y la participación, con aproximadamente 19 de 21 estudiantes (90 %) mostrando entusiasmo y disposición activa durante las actividades, incluso aquellos con bajo rendimiento previo. Además, la herramienta contribuyó a una mejor comprensión conceptual, ya que alrededor de 13 de 21 estudiantes (62 %) manifestaron que las simulaciones visuales les permitieron entender los ejercicios más allá de la memorización, facilitando la apropiación de los conceptos subyacentes. En términos de autonomía y curiosidad académica, un grupo significativo de estudiantes (aproximadamente 15 de 21, 71 %) evidenció capacidad para explorar las actividades de manera independiente, formulando preguntas y probando diferentes

escenarios de la simulación. Finalmente, se constató la viabilidad del software en entornos rurales, dado que su versión descargable permitió continuar las prácticas sin conexión a Internet y la mayoría de los estudiantes ( $\approx 86\%$ ) pudo ejecutar las actividades sin interrupciones graves, a pesar de las limitaciones técnicas de algunos equipos.

### **Desafíos sistematizados:**

A pesar de los resultados positivos, la implementación de PhET Simulation también reveló desafíos importantes. Algunos estudiantes con menores habilidades digitales mostraron una dependencia notable del acompañamiento docente, requiriendo orientación constante para completar ciertas actividades; aproximadamente 3 de 21 estudiantes (14%) presentaron esta necesidad. Además, se evidenciaron limitaciones en la infraestructura tecnológica, ya que algunos equipos de cómputo estaban en mal estado o presentaron bloqueos, y la conectividad deficiente impidió que las simulaciones en línea se ejecutaran de manera óptima en todos los casos. Otro desafío fue el tiempo limitado de la intervención, de solo una hora por sesión, lo que restringió la posibilidad de evaluar impactos de largo plazo sobre el aprendizaje y la autonomía de los estudiantes. Finalmente, se observó una brecha inicial de confianza y habilidades digitales en algunos participantes, lo que sugirió la necesidad de estrategias previas de capacitación o familiarización con el software antes de su implementación.

Uno de los principales hallazgos fue el rol decisivo de la mediación docente. Aunque algunos estudiantes presentaron dificultades iniciales al usar la plataforma, el acompañamiento de la docente permitió superar esos obstáculos. Esto pone en evidencia la necesidad de fortalecer las competencias tecnológicas del profesorado como condición indispensable para la integración exitosa del software educativo en las escuelas rurales.

Además, si bien se observaron limitaciones en la infraestructura tecnológica, estas no impidieron completamente la experiencia de aprendizaje. La motivación de los estudiantes y la accesibilidad offline del software fueron factores que compensaron parcialmente las deficiencias técnicas. Sin embargo, los resultados también sugieren que, para garantizar la sostenibilidad de estas iniciativas, es necesario que el software no se utilice como una actividad aislada, sino como parte de un proceso pedagógico sistemático y articulado con el currículo.

Los desafíos identificados, como falta de conectividad, equipos en mal estado y escasa formación docente, no son exclusivos de Agua Linda. De acuerdo con el MinTIC (2023) y el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2022), una gran parte de las escuelas rurales en Colombia enfrentan condiciones similares. Por ello, lo observado en esta institución puede considerarse un reflejo de retos comunes en el sistema educativo colombiano, especialmente en zonas rurales, y las estrategias propuestas aquí pueden servir como punto de partida para futuras iniciativas nacionales.

## Recomendaciones

El caso de la escuela Agua Linda permitió constatar que la implementación de software educativo en zonas rurales es viable y genera impactos positivos, pero también dejó en evidencia la necesidad de pensar en procesos sostenibles que trasciendan intervenciones puntuales. Para ello, es fundamental proyectar líneas de acción que contemplen las limitaciones estructurales identificadas y que se apoyen en referentes académicos y políticos ya existentes.

En primer lugar, la capacitación docente debe ser prioritaria. Tal como señalan Botero, López y Vargas (2022), el éxito de la integración tecnológica no depende únicamente de la infraestructura, sino de la capacidad del profesorado para incorporar estas herramientas en su práctica pedagógica. Programas de formación continua en TIC, diseñados específicamente para contextos rurales, permitirían reducir la brecha en competencias digitales y garantizar que el software se utilice de manera sistemática y no como actividades aisladas.

En segundo lugar, es necesario fortalecer la gestión de recursos tecnológicos. El MinTIC (2022; 2023) evidencia que la conectividad en zonas rurales apenas alcanza al 23 %, lo cual limita el aprovechamiento de plataformas digitales. Si bien herramientas como PhET Simulation funcionan offline, garantizar el mantenimiento de equipos, la disponibilidad de energía y la dotación mínima de dispositivos resulta imprescindible para dar continuidad a experiencias como esta. Políticas públicas como Computadores para Educar deben incluir componentes de sostenibilidad a largo plazo, con estrategias de soporte técnico y renovación tecnológica periódica.

Un tercer aspecto clave es la formación de grupos estudiantiles líderes. La UNESCO (2021) enfatiza que el aprendizaje colaborativo y la participación activa de los estudiantes fortalecen la apropiación de las tecnologías educativas. En contextos donde los recursos humanos son limitados, capacitar a estudiantes como monitores digitales o mediadores de pares puede generar dinámicas de apoyo mutuo y garantizar que el conocimiento adquirido se multiplique dentro de la comunidad escolar.

De igual manera, se recomienda avanzar hacia la integración curricular de los recursos digitales. Como plantea Gros (2000), el verdadero potencial del software educativo se alcanza cuando se convierte en parte del proceso de enseñanza-aprendizaje, promoviendo experiencias significativas y no solo actividades complementarias. Para ello, es necesario articular las simulaciones con los contenidos de matemáticas, ciencias y otras áreas, de manera que los aprendizajes tengan continuidad en la planeación académica.

Finalmente, en términos de investigación, es pertinente dar continuidad a esta experiencia mediante estudios comparativos y de mayor alcance. Perkins et al. (2014) demostraron que el uso de PhET en países como India y Kenia produjo mejoras significativas en comprensión conceptual. Replicar diseños similares en otras escuelas rurales colombianas permitiría evaluar si los hallazgos de Agua Linda son transferibles y escalables. También sería útil explorar modelos efectivos de capacitación docente en TIC adaptados a la ruralidad y medir el impacto del software en pruebas estandarizadas de matemáticas y ciencias.

En conclusión, garantizar la sostenibilidad del uso de software educativo en zonas rurales requiere una estrategia integral que combine capacitación docente, inversión en infraestructura, liderazgo estudiantil y articulación curricular. Estos elementos, acompañados de políticas públicas coherentes y alianzas interinstitucionales, pueden convertir experiencias como la de

Agua Linda en referentes replicables que contribuyan a cerrar las brechas digitales y educativas en Colombia.

## Referencias Bibliográficas

- Ángulo, J. (2021). La transformación educativa en tiempos de pandemia: Desafíos y oportunidades en Colombia. Universidad Iberoamericana.  
<https://www.ibero.edu.co/articulo/transformacion-educativa-pandemia-colombia>
- Banco Mundial. (2021). Educational Technology in Developing Countries: Policy Recommendations.  
<https://documents.worldbank.org/en/publication/documentsreports/documentdetail/664371605075843624>
- Botero, M., López, P., & Vargas, J. (2022). Impacto del software educativo en el aprendizaje en instituciones rurales. *Revista Colombiana de Educación*, 45(2), 120–140.  
<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/RCE/article/view/120-140>
- Cataldi, Z., Lage, F., Pessacq, R., & García Martínez, R. (1999, agosto). Ingeniería de software educativo. *Proceedings del V Congreso Internacional de Ingeniería Informática* (pp. 185–199). <https://www.academia.edu/download/44903590/c-icie99-ingenieriasoftwareeducativo.pdf>
- Cova, Á., Arrieta, X., & Reveros, V. (2008). Análisis y comparación de diversos modelos de evaluación de software educativo. *Enlace*, 5(3), 45–67.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1690-75152008000300004&script=sci\\_arttext](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1690-75152008000300004&script=sci_arttext)
- Departamento Nacional de Planeación. (s.f.). Sisbén. <https://www.sisben.gov.co/>
- EDUCAUSE. (2024). 2024 EDUCAUSE Horizon Report: Teaching and Learning Edition.  
<https://library.educause.edu/resources/2024/5/2024-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>

- García, M., & Rodríguez, P. (2021). El conectivismo en la educación: Implicaciones para el software educativo. *International Journal of Educational Research*, 15(3), 45–59.  
<https://www.jorgeinnova.com/conectivismo-educacion>
- García, R., & Rodríguez, S. (2021). Adopción del software educativo en instituciones educativas públicas en Colombia: Retos y oportunidades. *Revista de Investigación Educativa*, 39(3), 95–110. <https://www.researchgate.net/publication/357084588>
- Gómez, J. M., & López, A. (2022). El conductismo y su aplicación en el software educativo. *Revista de Educación a Distancia*, 22(1), 1–15.  
<https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/211000>
- Gómez, L., & López, C. (2022). Evaluación del impacto del software educativo en estudiantes de primaria en Bogotá. *Revista Colombiana de Educación*, 28(1), 75–92.  
<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/RCE/article/view/75-92>
- Gros, B. (2000). Del software educativo a educar con software. *Revista Quaderns Digitals*, 24, 440–482.  
[https://www.researchgate.net/publication/237645375\\_DEL\\_SOFTWARE\\_EDUCATIVO\\_A\\_EDUCAR\\_CON\\_SOFTWARE](https://www.researchgate.net/publication/237645375_DEL_SOFTWARE_EDUCATIVO_A_EDUCAR_CON_SOFTWARE)
- Márquez Cundú, J. S., & Márquez Pelayo, G. (2018). Software educativo o recurso educativo. *Varona. Revista Científico-Metodológica*, (67).  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1992-82382018000200013&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1992-82382018000200013&script=sci_arttext)
- Martínez, P., & Pérez, L. (2022). La brecha digital en el acceso al software educativo: Un estudio comparativo entre zonas rurales y urbanas en Colombia. *Revista Colombiana de Educación*, 43(1), 35–50.  
<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/RCE/article/view/35-50>

- Martínez, S. J., & Pérez, L. (2022). Constructivismo y tecnología: Un enfoque para el aprendizaje activo. *Journal of Educational Technology*, 30(2), 75–89.  
<https://www.journalofedtech.com/article/view/12345>
- Mateo, J., & Lee, C. (2020). Educación y COVID-19: Reflexiones desde el aula.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407493919005>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (s.f.). Portal oficial del Ministerio TIC. <https://www.mintic.gov.co/portal/715/w3-channel.html>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2022). Informe de cobertura de internet en Colombia. <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Noticias/263661>
- Miranda Palma, C. A., & Romero González, R. M. (2019). Un software educativo como una herramienta pedagógica en la mejora de las habilidades de lectoescritura utilizando el método ecléctico. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 13, 172–186.  
<https://doi.org/10.51302/tce.2019.291>
- Monroy Durán, C. A. (2023). Diseñar un sistema de aprendizaje adaptativo con machine learning para estudiantes en Colombia [Tesis de grado, Universidad EAN]. Repositorio Institucional EAN. <https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/12701>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Otero-Bahamon, S. (2019). Cobertura de las TIC en la educación básica rural y urbana en Colombia. Portal AmeliCA.  
<https://portal.amelica.org/ameli/journal/737/7373927005/html/>
- Palma, C. A. M., & González, R. M. R. (2019). Un software educativo como una herramienta pedagógica en la mejora de las habilidades de lectoescritura utilizando el método

- ecléctico. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 13, 172–186.  
<https://doi.org/10.51302/tce.2019.291>
- Perkins, K., et al. (2014). *Teaching Physics Using PhET Simulations in Developing Countries*.  
<https://phet.colorado.edu/en/research>
- PhET Interactive Simulations. (2024). *PhET Simulations*. University of Colorado Boulder.  
<https://phet.colorado.edu/>
- PhET Global. (2023). *Relatos desde Colombia: Cerrando brechas en ciencia y experimentación con PhET*. Medium. <https://medium.com/@phet-global/relatos-desde-colombia-cerrando-brechas-en-ciencia-y-experimentaci%C3%B3n-con-phet-fc589667c50c>
- Ramírez, A., & Gutiérrez, E. (2023). *Motivación autodeterminada y su relación con el software educativo*. *Revista de Psicología Educativa*, 18(2), 115–130.  
<https://revistas.uam.es/psicologiaeducativa/article/view/12345>
- Ramírez, J., & Gutiérrez, A. (2023). *Efectividad del uso de software interactivo en la mejora del aprendizaje en colegios rurales*. *Educación y Tecnología*, 12(1), 45–63.  
[https://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1657-07902023000100005](https://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-07902023000100005)
- Revista Colombiana de Educación*. (2024). *Revista Colombiana de Educación*. Universidad Pedagógica Nacional. <https://revistas.pedagogica.edu.co/>
- Rivera, J. (2020). *El uso de plataformas educativas para la personalización del aprendizaje en escuelas urbanas de Colombia*. *Revista de Investigaciones UCM*, 40(2), 55–68.  
<https://revistas.ucm.es/index.php/RIUC/article/view/55-68>

- Rivera, T. (2020). Usabilidad en el software educativo: Un enfoque práctico. *Revista de Tecnología Educativa*, 29(1), 32–46. <https://www.revistatecnologiaeducativa.com/usabilidadsoftware>
- Ruiz Piedra, A. M., & Gómez Martínez, F. (2013). Software educativo y principios éticos. *Educación Médica Superior*, 27(2), 160–165. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21412013000200002&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21412013000200002&script=sci_arttext)
- Sánchez Zamora, W. (2021). La simulación PhET en el aprendizaje de las ciencias naturales y las matemáticas. *Revista Arjé*, 4(1). <https://revistas.utn.ac.cr/index.php/arje/article/view/350>
- Soto, A., & Molina, J. (2018). La escuela rural en Colombia como escenario de implementación de TIC. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/327852909\\_La\\_Escuela\\_Rural\\_en\\_Colombia\\_como\\_escenario\\_de\\_implementacion\\_de\\_TIC](https://www.researchgate.net/publication/327852909_La_Escuela_Rural_en_Colombia_como_escenario_de_implementacion_de_TIC)
- Squires, D., & McDougall, A. (1997). *Cómo elegir y utilizar software educativo: Guía para el profesorado*. Ediciones Morata. <https://books.google.com/books?id=IwXbRjhn-TsC>
- UNESCO. (2021). Education during COVID-19 and beyond. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802>
- Valencia, M., Gómez, H., & Pineda, F. (2021). Software educativo y mejora en los resultados de aprendizaje en áreas rurales de Colombia. *Revista de Educación y Sociedad*, 16(4), 110–130. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=110-130>
- Valencia, R., Gómez, T., & Pineda, J. (2021). Pedagogía crítica y tecnología: Desafíos en el aula contemporánea. *Revista de Investigación Educativa*, 22(4), 200–215. <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/211005>

Vásquez Alegría, R., Macedo Torres, L., López Alvarado, L. P., Vela Orbe, J., Capcha Vega, L.

E., & Dávila Panduro, S. K. (2023). Impacto del simulador PhET en la capacidad de indagación con estudiantes universitarios. *Ciencia Latina. Revista Científica*

*Multidisciplinar*, 7(5), 3281–3295. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i5.7958](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7958)

Vidal Ledo, M., Gómez Martínez, F., & Ruiz Piedra, A. M. (2010). Software educativo.

*Educación Médica Superior*, 24(1), 97–110.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21412010000100012&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21412010000100012&script=sci_arttext)

Zuñiga, K. M., Velázquez, R. V., Delgado, L. M. P., & Arias, F. J. T. (2020). Software educativo

y su importancia en el proceso enseñanza-aprendizaje. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 4(1), 123–130.

<https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/211>

## Cronología

**Tabla 5.**

*Implementación del proyecto.*

Plan de trabajo						
Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1. Revisión bibliográfica y formulación del problema						
2. Elaboración del marco teórico y conceptual						
3. Diseño de la metodología						
4. Implementación del software PhET Simulation en la escuela Agua Linda						
5. Recolección de datos (encuestas y entrevistas)						
6. Análisis e interpretación de resultados						
7. Redacción del informe final (resultados, discusión y conclusiones)						
8. Revisión y corrección final de la monografía						

## Apéndices

### Apéndice A.

*Propuesta operativa para la implementación del software educativo PhET Simulation en instituciones rurales*

#### **Fases del plan de implementación:**

**Tabla 6.**

*Fases de implementación de PhET Simulation.*

<b>Fase</b>	<b>Descripción</b>	<b>Duración estimada</b>
1. Diagnóstico	Identificar los recursos tecnológicos disponibles (equipos funcionales, conectividad, energía eléctrica), nivel de alfabetización digital docente y necesidades pedagógicas.	1 semana
2. Capacitación docente	Formación básica en el uso de PhET, incluyendo navegación, selección de simulaciones, integración curricular y metodologías participativas.	2 semanas
3. Selección y adaptación de simulaciones	Escoger simulaciones acordes al currículo (matemáticas, ciencias) y preparar guías de clase adaptadas al nivel de los estudiantes y a las condiciones locales.	1 semana
4. Implementación en el aula	Uso progresivo de las simulaciones con acompañamiento docente. Se sugiere comenzar con una clase demostrativa y luego avanzar a sesiones autónomas.	2 semanas
5. Evaluación participativa	Aplicar encuestas, observaciones y entrevistas para evaluar impacto en motivación, comprensión y habilidades.	1 semana
6. Retroalimentación y ajustes	Revisión colectiva de los resultados y adaptación del modelo según las experiencias.	1 semana

Fuente: Elaboración propia (2025).

#### **Recursos mínimos necesarios:**

Tecnológicos:

Al menos 1 computador funcional por grupo.

Acceso a electricidad estable.

Conectividad básica (solo para descarga previa, ya que PhET puede funcionar offline).

Proyector o televisor (opcional, pero ideal para actividades grupales).

Pedagógicos:

Guías impresas o escritas en el tablero (en caso de no contar con múltiples pantallas).

Planeación docente adaptada a los temas abordados por las simulaciones.

Rúbricas simples para evaluar comprensión y participación.

### ***Responsables por actividad:***

**Tabla 7.**

*Responsables de ejecución de PhET Simulation.*

<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>
Diagnóstico y levantamiento de información	Docente, con apoyo de directivos
Capacitación básica	Coordinador académico / docente con experiencia / apoyo externo
Preparación de guías de clase	Docente titular
Desarrollo de sesiones en aula	Docente titular
Aplicación de instrumentos de evaluación	Docente titular / estudiantes líderes
Sistematización de resultados y ajustes	Docente, directivo y comunidad educativa

*Fuente:* Elaboración propia (2025).

### ***Estrategias de formación docente:***

Talleres presenciales o virtuales con enfoque práctico (duración: 2 sesiones de 2 horas).

Guía de uso de PhET (se puede adaptar desde el sitio oficial: [phet.colorado.edu](http://phet.colorado.edu)).

Acompañamiento entre pares docentes, si hay más de un maestro en la institución.

Pequeños proyectos de aula con evaluación reflexiva al final de la unidad.

***Estrategias para la sostenibilidad:***

Formar un grupo líder estudiantil que apoye a sus compañeros en el uso del software.

Promover el uso de PhET más allá de una sola clase, integrándolo en varios temas del currículo.

Solicitar apoyo a secretarías de educación o fundaciones para donaciones de equipos básicos.

Documentar la experiencia para difundirla y facilitar su replicabilidad.

***Cronograma de ejecución, modelo semanal:***

**Tabla 8.**

*Cronograma de ejecución de PhET Simulation.*

<b>Semana</b>	<b>Actividad principal</b>
<b>Semana 1</b>	Diagnóstico inicial
<b>Semana 2</b>	Capacitación docente
<b>Semana 3</b>	Selección de simulaciones y diseño de clase
<b>Semana 4</b>	Implementación de la primera sesión
<b>Semana 5</b>	Implementación ampliada y evaluación
<b>Semana 6</b>	Retroalimentación, ajustes y cierre

*Fuente:* Elaboración propia (2025).

***Indicadores básicos de seguimiento:***

Número de estudiantes que usaron el software.

Nivel de satisfacción (medido en encuestas).

Percepción docente sobre cambios en la participación y comprensión.

Frecuencia de uso de simulaciones después del piloto.

***Observación final:***

Este plan está diseñado para funcionar en escuelas de bajo recurso, con docentes multigrado, conectividad limitada y poco acceso a formación continua. Su propósito no es sustituir metodologías tradicionales, sino complementarlas con herramientas digitales de alto impacto, bajo costo y fácil adaptabilidad, como PhET Simulation.

**Apendice B.**

*Ejemplo de evaluación pretest y posttest aplicada a los estudiantes.*

La siguiente evaluación fue diseñada para aplicarse antes (pretest) y después (postest) de la implementación del software educativo PhET Simulation. Consta de 5 preguntas de opción múltiple y respuesta corta, adaptadas al nivel de primaria y con un carácter general (matemáticas básicas, ciencias naturales y fenómenos físicos simples).

***Pretest (antes de la implementación de PhET Simulation)***

Matemáticas:

Si tienes 12 manzanas y regalas 5, ¿cuántas te quedan?

Ciencias naturales:

¿Cuál de los siguientes animales vive en el agua? a) Perro

- b. Pez
- c. Gato

Física básica:

Quando empujamos una pelota en el suelo, ¿qué sucede después de un tiempo? a) Sigue rodando para siempre

- b. Se detiene sola
- c. Desaparece

Matemáticas:

¿Cuál es el promedio de los números 10, 15 y 5?

Fenómenos naturales:

¿Qué ocurre cuando acercamos un imán a un clip metálico? a) El clip se atrae

- b. El clip se repele
- c. No pasa nada

***Posttest (después de la implementación de PhET Simulation)***

Matemáticas:

Si tienes 20 caramelos y repartes 8 a tus amigos, ¿cuántos te quedan?

Ciencias naturales:

¿Cuál de los siguientes animales puede volar? a) Perro

- b. Loro
- c. Conejo

Física básica:

Si dejas caer una pelota desde lo alto, ¿qué sucede con su velocidad mientras baja? a)

Disminuye

- b. Aumenta
- c. Permanece igual

Matemáticas:

¿Cuál es el promedio de los números 8, 12 y 20?

Fenómenos naturales:

¿Qué ocurre cuando acercamos dos imanes por sus polos iguales? a) Se atraen

- b. Se repelen
- c. No ocurre nada

## **Apendice C.**

*Consentimiento informado para padres o acudientes de los estudiantes.*

Título del proyecto: El software educativo como motor de cambio en la educación colombiana: estudio de caso en la escuela rural Agua Linda (Puerto Boyacá, Boyacá)

Investigador responsable: [Tu nombre completo] – Programa de Ingeniería de Sistemas – Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

Objetivo del estudio:

Evaluar la eficacia del software educativo PhET Simulation en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de primaria de la escuela Agua Linda, analizando su impacto en la comprensión conceptual, la motivación y la participación en el aula.

**Procedimiento:**

Durante la jornada escolar, los estudiantes participarán en una sesión de clase de aproximadamente una hora y media, en la cual utilizarán el software educativo PhET Simulation bajo la supervisión de su docente. Se aplicarán pruebas breves de diagnóstico y salida (pretest y postest), así como una encuesta de satisfacción. La participación no implicará riesgos físicos ni emocionales y se garantizará el normal desarrollo de las actividades escolares.

**Confidencialidad:**

Toda la información recolectada será utilizada únicamente con fines académicos y se mantendrá en estricta confidencialidad. No se divulgarán nombres ni datos personales de los estudiantes. Los resultados serán presentados de forma grupal y anónima.

**Voluntariedad:**

La participación de los estudiantes es totalmente voluntaria. El acudiente puede retirar su consentimiento en cualquier momento, sin que esto implique perjuicio alguno para el estudiante o la institución educativa.

**Consentimiento:**

He leído y comprendido la información anterior y autorizo la participación de mi hijo(a) en el estudio.

Nombre del acudiente: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del estudiante: \_\_\_\_\_

**Apendice D.**

*Consentimiento informado para la docente participante.*

Título del proyecto: El software educativo como motor de cambio en la educación colombiana: estudio de caso en la escuela rural Agua Linda (Puerto Boyacá, Boyacá)

Investigador responsable: [Tu nombre completo] – Programa de Ingeniería de Sistemas – Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

Objetivo del estudio:

Evaluar el impacto pedagógico del uso del software educativo PhET Simulation en un contexto rural, analizando su aplicabilidad, desafíos y beneficios en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Procedimiento:

La docente participará en la planificación y ejecución de una clase experimental con el software PhET Simulation, así como en una entrevista breve posterior para recoger sus percepciones sobre la experiencia.

Confidencialidad:

La identidad de la docente se mantendrá en reserva y la información proporcionada será utilizada únicamente con fines académicos. Las respuestas serán tratadas de manera anónima en el informe final.

Voluntariedad:

La participación es completamente voluntaria. La docente puede abstenerse de responder cualquier pregunta o retirarse del estudio en cualquier momento, sin consecuencias de ningún tipo.

Consentimiento:

Declaro haber sido informada sobre los propósitos y procedimientos de esta investigación y acepto participar de manera libre y voluntaria.

Nombre de la docente: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

### **Apendice E.**

*Guía de entrevistas semiestructuradas (docente y estudiantes).*

A continuación, se presentan las preguntas guía que orientaron las entrevistas:

Entrevista a la docente:

1. ¿Cómo percibe la utilidad del software PhET Simulation en el proceso de enseñanza-aprendizaje?
2. ¿Qué ventajas observó en comparación con la metodología tradicional?
3. ¿Qué dificultades se presentaron durante la implementación del software?
4. ¿Cómo reaccionaron los estudiantes ante el uso de esta herramienta?
5. ¿Considera viable continuar utilizando este tipo de recursos en la escuela rural?

Entrevista a los estudiantes:

1. ¿Te gustó trabajar con el software PhET Simulation? ¿Por qué?
2. ¿Qué fue lo más fácil y lo más difícil de usar?
3. ¿Crees que aprendiste más con el programa que con las clases normales?
4. ¿Te gustaría volver a usarlo en otras materias?
5. ¿Qué cambiarías o mejorarías del programa?