

PhET Interactive Simulations como herramienta virtual de apoyo en la enseñanza de procesos biológicos para estudiantes de bachillerato

PhET Interactive Simulations as a virtual support tool in the teaching of biological processes to high school students

Estefanía Castillo López, Elsa Peña-Cambizaca, Angel Leon Coloma Carrasco & Ennio Jesus Merida Cordova

DIMENSIÓN CIENTÍFICA

Enero - junio, V⁷ - N¹; 2026

Recibido: 09-04-2026

Aceptado: 12-04-2026

Publicado: 17-04-2026

PAIS

- Ecuador, Gualaceo
- Ecuador, Paltas
- Ecuador, Guayaquil
- Ecuador, Guayaquil

INSTITUCION

- Universidad Bolivariana del Ecuador
- Universidad Bolivariana del Ecuador
- Universidad Bolivariana del Ecuador
- Universidad Bolivariana del Ecuador

CORREO:

✉ estefycastillo79@gmail.com


✉ elsitamarieny12@gmail.com

✉ alcolomac@ube.edu.ec


✉ ejmeridac@ube.edu.ec

ORCID:

 <https://orcid.org/0009-0005-0868-8705>

 <https://orcid.org/0009-0000-9237-1121>

 <https://orcid.org/0000-0002-9625-5950>

 <https://orcid.org/0000-0001-5091-5522>

FORMATO DE CITA APA.

Castillo, E., Peña-Cambizaca, E., Coloma, A. & Merida, E. (2026). PhET Interactive Simulations como herramienta virtual de apoyo en la enseñanza de procesos biológicos para estudiantes de bachillerato. *Revista G-ner@ndo*, V⁷ (N¹). Pág. 4000 – 4030.

Resumen

En la Unidad Educativa Gualaceo se observan limitaciones de conectividad, baja alfabetización digital y un uso mínimo de PhET, situación que debilita la enseñanza de procesos biológicos. Aunque existe interés por recursos digitales, en la práctica persiste una brecha, sobre todo porque no hay suficientes laboratorios físicos y también falta acompañamiento pedagógico para integrar simulaciones en Ciencias Naturales. Ante este contexto, la investigación tuvo como objetivo diseñar un taller práctico para integrar PhET y determinar percepciones y barreras docentes. Se desarrolló un estudio descriptivo de enfoque cuantitativo con una población de 26 docentes, apoyado en revisión bibliográfica y una encuesta de 10 ítems, con análisis descriptivo. Luego se diseñó y aplicó un microtaller alineado al currículo, realizado en dos días, que incluyó contextualización, demostración guiada, modelado didáctico con la secuencia predicción, experimentación y discusión, integración a la planificación microcurricular, resolución de dudas técnicas; incluida una alternativa de baja conectividad, y evaluación posterior. En la pre-encuesta, el 73,1% desconocía la herramienta y el 84,6% no la usaba; las principales barreras fueron falta de conocimiento, tiempo y conectividad, aunque las percepciones fueron mayormente favorables. Tras el taller, se registraron valoraciones altas (medias entre 4,63 y 5,00) en claridad, pertinencia y confianza para implementar. En síntesis, PhET es viable si se ofrece andamiaje didáctico, secuencias listas para usar, opciones de baja conectividad y acompañamiento breve; por ello, se recomienda institucionalizar microtalleres, un repositorio offline y seguimiento ligero.

Palabras clave: PhET; simulaciones interactivas; formación docente.

Abstract

At the Gualaceo Educational Unit, there are limitations in connectivity, low digital literacy, and minimal use of PhET, a situation that weakens the teaching of biological processes. Although there is interest in digital resources, in practice a gap persists, mainly because there are not enough physical laboratories and there is also a lack of pedagogical support to integrate simulations in Natural Sciences. Given this context, the research aimed to design a practical workshop to integrate PhET and determine teachers' perceptions and barriers. A descriptive study with a quantitative approach was developed with a population of 26 teachers, supported by a literature review and a 10-item survey, with descriptive analysis. A micro-workshop aligned with the curriculum was then designed and implemented over two days, which included contextualization, guided demonstration, didactic modeling with the sequence of prediction, experimentation, and discussion, integration into micro-curriculum planning, resolution of technical questions, including an alternative for low connectivity, and subsequent evaluation. In the pre-survey, 73.1% were unaware of the tool and 84.6% did not use it; the main barriers were lack of knowledge, time, and connectivity, although perceptions were mostly favorable. After the workshop, high ratings (averages between 4.63 and 5.00) were recorded in clarity, relevance, and confidence to implement. In summary, PhET is viable if it offers educational scaffolding, ready-to-use sequences, low connectivity options, and brief support; therefore, it is recommended to institutionalize micro-workshops, an offline repository, and light follow-up.

Keywords: PhET; interactive simulations; teacher training.

Introducción

La tecnología es uno de los retos principales de la educación en Ecuador, donde la infraestructura para acceder a internet de calidad, así como la disponibilidad de dispositivos tales como computadoras o tabletas en los salones de clase son muy limitada, percibiéndose en la baja disponibilidad de conexiones a internet y calidad de los dispositivos (Olvera et al., 2024). Esta carencia impacta a los profesores en su intento de utilizar recursos digitales que enriquecen la enseñanza y dificultan el aprendizaje, posicionando a los estudiantes en una condición de rezago, el cual impacta su rendimiento escolar y sus posibilidades de desarrollarse en un contexto mundial más digitalizado (Yagual et al., 2022).

La educación virtual es ya una modalidad consolidada, complementaria y estratégica en casi todos los sistemas educativos contemporáneos. Este modelo educativo ha mejorado notablemente el acceso a la información, sobre todo en los contextos donde la distancia geográfica, las condiciones sociales o incluso institucionales restringen la presencia de modo continuo (Díaz et al., 2020). Su avance ha fomentado la transformación de la educación y de otras actividades de carácter pedagógico que eran rígidas, fomentando así un aprendizaje más autónomo, flexible, y ajustado al ritmo y dinamismo, así como a las necesidades individuales de cada alumno (Vargas-Hernández et al., 2025).

Sin embargo, el aprendizaje virtual no llegó sin sus desafíos. Estos incluyen la brecha digital, instructores mal capacitados en tecnología y la incapacidad de reproducir la "participación activa" que se encuentra en las clases tradicionales presenciales a gran escala (Khobragade et al., 2021). Sin embargo, los desafíos también brindan una ocasión para reconsiderar los enfoques tradicionales, estimular la innovación educativa y construir prácticas pedagógicas que apoyen una mayor colaboración y aprendizaje personalizado en entornos en línea (Lie et al., 2023).

Con estos desarrollos en el paradigma educativo, las herramientas digitales comenzaron a tener un papel más prominente en términos de cómo se planifica, enseña y evalúa la enseñanza y el aprendizaje (Haleem et al., 2022). Al utilizar herramientas de software como Google Classroom, Microsoft Teams, Edmodo y Moodle, los educadores pueden organizar mejor los materiales del curso para rastrear el progreso de los estudiantes con retroalimentación instantánea, lo que a su vez ayuda a mejorar la comunicación entre estudiantes y educadores (Pesantez et al., 2020). Tales aplicaciones pueden ayudar a mejorar las metodologías de entrega utilizadas en la educación transnacional y hacer que los recursos académicos sean más accesibles (Salas-Rueda et al., 2025).

De la misma manera que con los procesos educativos actuales, las plataformas de aprendizaje se han incluido a nivel escolar, lo que da acceso a otros recursos relacionados de manera estructurada. Esto también incluye la interacción de las ciencias mostrando videos, jugando y practicando ciertos juegos o cuestionarios en línea, e incluso laboratorios virtuales (Gnesdilow & Puntambekar, 2025). Además, el interés y la participación activa de los estudiantes dentro de la escuela se mejoran con el conocimiento previo de que el aprendizaje es más alcanzable, alentando a uno en un camino de progreso dentro del proceso de implementación ahora impulsado en relación con el trabajo con metodologías activas donde los conceptos difíciles se vuelven comprensibles (Acosta-Medina et al., 2021).

Las Simulaciones Interactivas PhET se presentan en este escenario como una propuesta innovadora que contribuye eficientemente al aprendizaje de contenido científico. Esta plataforma, creada por la Universidad de Colorado, tiene más simulaciones interactivas que nos permiten representar fenómenos físicos, químicos y biológicos de una manera más dinámica; más fácil para los estudiantes. Esto significa que, debido a su

naturaleza intuitiva, los usuarios pueden manipular las variables y ver resultados apropiados, lo que los lleva a descubrir más sobre su conocimiento (Diab et al., 2024).

La naturaleza interactiva de PhET en el aula refuerza el aprendizaje activo, ya que los estudiantes pueden interactuar con los conceptos en lugar de escuchar pasivamente una conferencia. Este es un gran recurso para instituciones sin laboratorios físicos tradicionales que pueden ayudar a simular experimentos científicos de manera segura y económica (Acquah et al., 2024). Por ejemplo, en Biología, PhET ofrece simulaciones sobre el ciclo celular, la fotosíntesis o la genética para obtener una idea de cómo es un posible proceso celular y mejorar la experiencia pedagógica tanto en clases virtuales como presenciales (Verawati et al., 2022).

La investigación de Kumar (2024) mostró que las herramientas tipo Simulaciones Interactivas PhET tienen un gran efecto en las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes, su motivación y rendimiento en materias como matemáticas, biología, etc., de manera autónoma. Esto se apoya en los resultados de Almadrones y Tadifa (2024), donde descubrieron que PhET no solo ayuda a los estudiantes a mejorar su rendimiento académico, sino también a construir sus nociones a través del aprendizaje activo y colaborativo. Las simulaciones funcionan para reforzar conceptos químicos, argumentan los autores, y según sus hallazgos, los estudiantes desarrollan una comprensión de la resolución de problemas y el pensamiento crítico a través del compromiso con el espacio.

En la investigación se abordó la formación pedagógica de los profesionales que ejercen la docencia en el mejoramiento y fortalecimiento en el uso de dispositivos tecnológicos y la adaptación a los nuevos entornos digitales. Según Val y López-Bueno (2024), sostienen que la falta de capacitación limita la experiencia educativa en los estudiantes y el uso adecuado de las herramientas tecnológicas reduce significativamente

las competencias digitales que deberían tener los estudiantes en un mundo cada vez más digitalizado.

Es relevante señalar que la problemática identificada se presenta en la Unidad Educativa Gualaceo, ubicada en el cantón Gualaceo, provincia del Azuay. A través de observación directa y la experiencia vivencial de las autoras dentro de la institución, se ha constatado que el personal docente no emplea de manera adecuada las herramientas y recursos tecnológicos disponibles para promover la digitalización en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Esta deficiencia se atribuye, en gran medida, a la falta de formación y actualización docente en el uso pedagógico de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Tal carencia limita significativamente su integración en el aula, lo que a su vez obstaculiza el mejoramiento de la calidad educativa. Como consecuencia directa, no se están cumpliendo los objetivos planteados en el Currículo Prioritario del área de Ciencias Naturales, el cual establece de manera explícita la necesidad de “utilizar medios audiovisuales y tecnologías digitales para el conocimiento” (Ministerio de educación del Ecuador, 2023, p. 232)

Si bien se ha demostrado que la carencia de capacitación docente en el uso de las herramientas digitales es una brecha que limita la innovación en la transformación digital que vive actualmente la educación por lo que se ha planteado la siguiente pregunta científica, ¿Cómo mejorar el uso de la herramienta PhET Interactive Simulations en el aprendizaje de la unidad educativa Gualaceo? Para dar solución a esta problemática se propone el diseño de un taller práctico el uso de PhET Interactive Simulations como herramienta pedagógica que atiende al incremento de la calidad educacional optimizando

el cumplimiento de los límites curriculares y términos de la preparación del estudiante para un mundo cada vez más digital.

Responder a esta problemática nos permite avanzar en el cumplimiento de los compromisos internacionales que Ecuador ha asumido respecto a la digitalización de la educación en el país, asegurando que la formación académica en Ecuador progrese en consonancia con las necesidades del siglo XXI (Ministerio de Educación de Ecuador, 2025).

En base a lo anterior mencionado y para dar solución, se planteó como objetivo, diseñar un taller práctico para el uso de PhET Interactive Simulations como herramienta virtual de apoyo en la enseñanza de procesos Biológicos en estudiantes de la Unidad Educativa Gualaceo en el Cantón Gualaceo, además de fundamentar teóricamente el uso de la herramienta PhET Interactive Simulations, identificar las insuficiencias sobre el uso de la herramienta a los docentes y analizar los resultados que se han detectado en la recolección de datos de los docentes de la Unidad Educativa Gualaceo.

Fundamentar teóricamente los beneficios del PhET Interactive Simulations; luego de realizar una exhaustiva búsqueda bibliográfica en repositorios académicos, de las cuales se identificaron diversas investigaciones que fundamentan teóricamente los beneficios del uso de PhET

Interactive Simulations en el ámbito educativo, particularmente en la enseñanza de las ciencias, se busca apoyar el uso de modelos interactivos en una variedad de contextos pedagógicos.

Estudios recientes, en la misma línea, Almadrones & Tadifa (2024) junto con Diab et al. (2024) mostraron que estas simulaciones están asociadas con un constructo, el aprendizaje "push", que se caracteriza por permitir a los estudiantes interactuar con las

variables y ver en tiempo real cómo impactan en diferentes aspectos de interés. Este modo de aprendizaje se basa en teorías como el constructivismo, el aprendizaje experiencial y el aprendizaje combinado, asignando al estudiante como un actor principal en su experiencia educativa y mejorando la autorregulación del estudiante.

Según varios estudios de Almadrones & Tadifa (2024), Prima et al. (2018) y Rahmawati et al. (2022), motivaron nuestro uso de PhET en este estudio para mejorar la comprensión conceptual de fenómenos abstractos. Su capacidad para representar visualmente procesos complejos (por ejemplo, solubilidad o ciencias naturales) permite a los estudiantes vincular la teoría con la práctica de manera más clara. Además, la interactividad de estas herramientas mejora el razonamiento y las concepciones erróneas en la enseñanza tradicional pueden ser corregidas.

Otro aspecto destacado por la literatura es el efecto positivo de PhET en la motivación y la participación estudiantil. Investigaciones como las de Banda & Nzabahimana (2023), Lahlali et al. (2023) y Almadrones & Tadifa (2024), han documentado cómo el uso de estas simulaciones transforma el aula en un entorno más dinámico, lo que incrementa la motivación intrínseca de los estudiantes. Se ha observado un aumento en la participación voluntaria, la expresión de ideas y la colaboración entre pares, acompañado de una actitud más positiva hacia las ciencias, resultado del sentimiento de protagonismo que experimentan los estudiantes al interactuar con estas herramientas.

Por último, el estudio señala el efecto inmediato de PhET en el rendimiento. Esto es consistente con los estudios de Banda y Nzabahimana (2023) y Olugbade et al. (2024) que muestran resultados mejorados en evaluaciones estandarizadas debido al uso de simulaciones interactivas. Además, los estudiantes reafirman su aptitud para resolver problemas y son capaces de implementar el conocimiento teórico de manera más eficiente.

También pueden probar cosas y repetir los experimentos realizados por ellos, lo que lleva a la consolidación de competencias científicas básicas.

También se concluye que el uso de PhET no solo mejora los intereses y la actitud de los estudiantes hacia la ciencia, sino que el rendimiento educativo puede mejorarse a través de él, lo cual puede ser evidenciado. Permitir a los estudiantes experimentar virtualmente, intentarlo de nuevo y ver las consecuencias inmediatas de sus acciones induce un aprendizaje en niveles que perdurarán. Colectivamente, la evidencia analizada aquí muestra que las simulaciones de PhET son un recurso educativo efectivo que beneficia tanto a la pedagogía como al rendimiento académico cuando se utilizan en grupos de secundaria.

En las siguientes secciones, el artículo desarrolla primero la metodología, donde se explica el enfoque del estudio, la población participante, el instrumento aplicado y el modo de análisis. Luego se presentan los resultados, en los que se muestran los hallazgos del pre y la post-encuesta para identificar el nivel de conocimiento y uso de PhET, así como las principales barreras reportadas por los docentes. Después se expone la propuesta, que describe el micro taller diseñado, sus fases de trabajo y su articulación con el currículo, considerando alternativas para contextos con baja conectividad. Finalmente, la discusión analiza el sentido de los resultados y sus implicaciones para la práctica docente, mientras que las conclusiones sintetizan los aportes del estudio y se cierra con la bibliografía que sustenta el marco teórico y metodológico.

Métodos y Materiales

El presente trabajo constituye una investigación con diseño experimental, entendido como la aplicación de una intervención y la medición de sus efectos sobre determinadas variables, y de tipo descriptivo, dado que se busca caracterizar y detallar la situación actual de uso de la herramienta PhET Interactive Simulations en el contexto educativo, en la enseñanza de procesos biológicos. Este tipo de estudio ofrece posibilidades de profundizar en el reconocimiento de patrones, prácticas y necesidades que involucren el uso de los recursos digitales.

De igual manera, el estudio utilizó un enfoque cuantitativo porque se va a conocer a fondo los constructos, saberes y barreras que los profesores tienen sobre el uso de esta herramienta. El enfoque cuantitativo permite estudiar elementos objetivos y contextuales que complementan la comprensión del fenómeno que se está investigando.

Para el cumplimiento de la fundamentación teórica de la investigación se dará sobre el uso de la herramienta PhET Interactive Simulations, se aplicó el método bibliográfico. En otras palabras, se realizó una revisión documental a través de la búsqueda y recuperación de información en bases de datos científicas reconocidas como Science Direct, Scopus, Taylor & Francis, ProQuest, Redalyc, ResearchGate y Scielo. Para encontrar los documentos relevantes, las ecuaciones de búsqueda resultaron en operadores booleanos "and" y combinaciones de palabras clave en español e inglés como "PhET" and "Educación" and "Beneficios", "Uso" y otras combinaciones relevantes pertinentes al estudio.

Con el fin de hacer más claro el proceso de revisión documental, a continuación, se presenta una reconstrucción de la búsqueda y selección de fuentes por base de datos y repositorios académicos. Como se observa en la Tabla 1, se identificaron 128 documentos en los distintos repositorios consultados. Luego de una primera revisión de títulos y

resúmenes, se redujo el número a 50 investigaciones para una revisión más detallada. Finalmente, después de este proceso de depuración, se excluyeron 26 documentos y se seleccionaron 24 investigaciones, las cuales fueron incluidas como sustento teórico de la investigación.

Tabla 1. *Proceso de selección de investigaciones*

Base de datos	Documentos identificados	Documentos revisados tras depuración inicial	Documentos seleccionados
ScienceDirect	17	5	1
Scopus	41	18	15
Taylor & Francis	13	4	0
ProQuest	16	7	2
Redalyc	14	6	3
ResearchGate	15	6	3
SciELO	12	4	0
Total	128	50	24

después del proceso de filtrado. En cada caso se incluye el autor o autores, el título del documento y un comentario breve sobre su aporte específico a la investigación. No se incorporan en esta matriz los tres documentos del Ministerio de Educación del Ecuador, debido a que corresponden al sustento normativo y curricular del estudio, y no al conjunto de fuentes científicas filtradas mediante la revisión documental.

Tabla 2. *Listado de investigaciones incluidas*

Autores y año	Título	Comentario estimado
(Acosta et al., 2021)	Students' preference for the use of gamification in virtual learning environments	Refuerza motivación y participación en entornos virtuales.
(Acquah et al., 2024)	Improving Students' Performance in Resolution of Vectors Using PhET Interactive Simulations	Evidencia mejora del desempeño con PhET.
(Almadrones y Tadifa, 2024)	Physics Educational Technology (PHET) Simulations in Teaching General Physics 1	Sustenta aprendizaje activo y comprensión con PhET.

Autores y año	Título	Comentario estimado
(Banda y Nzabahimana, 2023)	The Impact of Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulation-Based Learning on Motivation and Academic Achievement Among Malawian Physics Students	Relaciona PhET con motivación y rendimiento.
(Diab et al., 2024)	Transforming Science Education in Elementary Schools: The Power of PhET Simulations in Enhancing Student Learning	Presenta a PhET como recurso interactivo eficaz.
(Díaz et al., 2020)	Virtual World as a Resource for Hybrid Education	Fundamenta la educación virtual e híbrida.
(Gnesdilow y Puntambekar, 2025)	Middle School Students' Application of Science Learning From Physical Versus Virtual Labs to New Contexts	Respalda el valor de los laboratorios virtuales.
(Haleem et al., 2022)	Understanding the role of digital technologies in education: A review	Explica el papel de las tecnologías digitales.
(Khobragade et al., 2021)	Virtual learning during the COVID-19 pandemic: What are the barriers and how to overcome them?	Identifica barreras del aprendizaje virtual.
(Kumar, 2024)	PhET: An interactive simulation technology for learning outcomes-based teaching-learning science	Vincula PhET con pensamiento crítico y logro.
(Lahlali et al., 2023)	The Effect of Integrating Interactive Simulations on the Development of Students' Motivation, Engagement, Interaction and School Results	Señala efectos en motivación, interacción y resultados.
(Lie et al., 2023)	Implementation of Virtual Reality in Health Professions Education: Scoping Review	Aporta visión de innovación en entornos virtuales.
(Nkundabakura et al., 2024)	Effectiveness of the continuous professional development training on upper primary mathematics and science and elementary technology teachers' Pedagogical Content Knowledge in Rwanda	Apoya formación docente, confianza y autoeficacia.
(Olugbade et al., 2024)	Enhancing junior secondary students' learning outcomes in basic science and technology through PhET: A study in Nigeria	Evidencia mejoras en resultados de aprendizaje.
(Olvera et al., 2024)	Análisis de la Brecha Digital y el Acceso a Recursos Tecnológicos en las Instituciones de Educación Secundaria en Ecuador	Contextualiza la brecha digital en Ecuador.

Autores y año	Título	Comentario estimado
(Pesantez et al., 2020)	Trabajo colaborativo y herramientas digitales para la enseñanza-aprendizaje en la educación en línea del bachillerato	Sustenta herramientas digitales y trabajo colaborativo.
(Prima et al., 2018)	Learning solar system using PhET simulation to improve students' understanding and motivation	Refuerza comprensión y motivación con PhET.
(Rahmawati et al., 2022)	Students' conceptual understanding in chemistry learning using PhET Interactive Simulations	Respalda comprensión conceptual con simulaciones.
(Salas et al., 2025)	Use of the deep learning and decision tree techniques to analyze the incorporation of technology in the educational field	Analiza incorporación de tecnología en educación.
(Toma et al., 2025)	Investigating pedagogical opportunities of educational technologies in developing countries: Physics Education Technology workshops for Bangladeshi science, technology, engineering and mathematics teachers	Sustenta talleres breves para adopción docente de PhET.
(Val y López-Bueno, 2024)	Analysis of Digital Teacher Education: Key Aspects for Bridging the Digital Divide and Improving the Teaching–Learning Process	Señala necesidad de capacitación digital docente.
(Vargas et al., 2025)	Virtual Teaching for Online Learning from the Perspective of Higher Education: A Bibliometric Analysis	Refuerza flexibilidad y avance de la enseñanza virtual.
(Verawati et al., 2022)	The Experimental Experience of Motion Kinematics in Biology Class Using PhET Virtual Simulation and Its Impact on Learning Outcomes	Ejemplifica uso de PhET en biología.
(Yagual et al., 2022)	Brecha digital y educación virtual en estudiantes de secundaria de una institución educativa ecuatoriana	Refuerza el contexto de brecha digital escolar.

La población de estudio en esta investigación se conforma por un corpus de 26 docentes en el área de Ciencias Naturales de la Unidad Educativa (UE) Gualaceo, ubicada en el cantón Gualaceo, Ecuador. Como se optó por trabajar con toda la población de docentes, no fue necesario realizar un proceso de muestreo.

Para el proceso de recolección de datos, se aplicó una encuesta en Google Forms con 9 preguntas, organizadas en tres partes. La primera parte reunió datos básicos del

docente con cuatro preguntas de una sola opción sobre edad, género, años de experiencia. La segunda parte preguntó si conocían PhET y si la han usado, y añadió una pregunta sobre la frecuencia de uso solo para quienes dijeron que sí la utilizan. La tercera parte abordó opiniones y experiencias: incluyó una pregunta con cinco niveles de acuerdo y dos preguntas donde se podían marcar varias opciones sobre ventajas y limitaciones. A continuación, las preguntas:

- ¿Qué edad tiene?
- ¿Con qué género se identifica?
- Años de experiencia docente en bachillerato
- ¿Conoce la herramienta PhET Interactive Simulations?
- ¿Ha utilizado alguna vez la herramienta PhET en sus clases?
- Si respondió “Sí” en la pregunta anterior, ¿con qué frecuencia la utiliza?
- ¿Considera que PhET puede mejorar la comprensión de procesos biológicos por parte de los estudiantes?
- ¿Qué ventajas cree que ofrece PhET Interactive Simulations en el proceso de enseñanza-aprendizaje?
- ¿Qué limitaciones ha identificado (o cree que existen) para el uso de esta herramienta en su práctica docente?

Antes de aplicar el cuestionario, este fue revisado mediante un proceso de validación por juicio de expertos. Para ello, participaron cuatro especialistas, cuyos nombres se mantuvieron en reserva para cuidar la confidencialidad del proceso. Los expertos

evaluaron el instrumento a partir de criterios como claridad, pertinencia, coherencia y relevancia de los ítems en relación con los objetivos de la investigación. Con base en sus observaciones, se hicieron algunos ajustes en la redacción y precisión de ciertas preguntas, con el fin de mejorar la comprensión del instrumento y su adecuación al contexto educativo analizado.

Tabla 3. *Validación del instrumento*

Experto	Formación/área	Criterios evaluados	Resultado
Experto 1	Especialista en educación - ciencias	Claridad, pertinencia, coherencia, relevancia	Aprobado con observaciones
Experto 2	Especialista en metodología de investigación	Claridad, pertinencia, coherencia, relevancia	Aprobado con observaciones
Experto 3	Especialista en didáctica de Ciencias Naturales	Claridad, pertinencia, coherencia, relevancia	Aprobado
Experto 4	Especialista en tecnología educativa	Claridad, pertinencia, coherencia, relevancia	Aprobado con observaciones

Además, antes de responder la encuesta, se informó a los docentes sobre el propósito del estudio, su carácter académico y el manejo confidencial de la información recolectada. La participación fue voluntaria y los datos se trataron de manera anónima, para resguardar la identidad de los participantes. En este marco, se contó con el consentimiento informado de los docentes, quienes aceptaron participar libremente en el estudio.

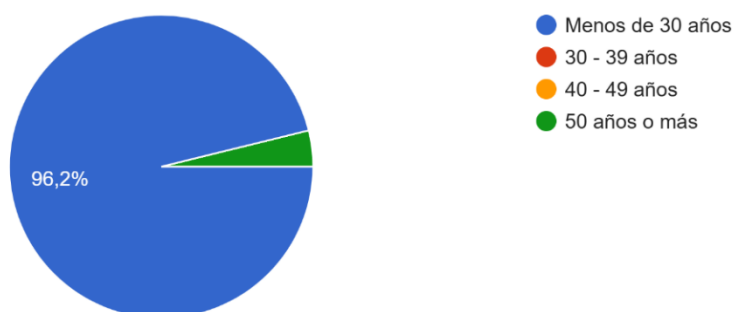
Por último, una vez recolectada la información, las respuestas fueron organizadas y sistematizadas mediante un análisis descriptivo. Este procedimiento permitió identificar patrones frecuentes, restricciones recurrentes y oportunidades de mejora en relación con la utilización de PhET Interactive Simulations, información que sirvió de base para el diseño del taller práctico propuesto en esta investigación.

Análisis de resultados

En esta primera parte se presentan los resultados de la pre-encuesta aplicada a 26 docentes. Esta medición inicial permitió reconocer las principales dificultades en el uso pedagógico de PhET Interactive Simulations y, a partir de ello, definir los ejes del taller. En la figura 1 se aprecia que la muestra está conformada principalmente por docentes jóvenes. En concreto, el 96,2% (n=25) tiene menos de 30 años, mientras que el 3,8% (n=1) tiene 50 años o más. En este sentido, se trata de un grupo que podría adaptarse con relativa facilidad a herramientas digitales, aunque esto depende de que exista orientación práctica.

Figura 1. *Edad de los participantes*

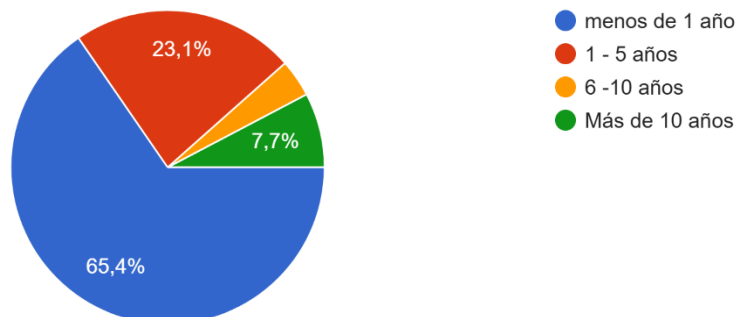
¿Qué edad tiene?
26 respuestas



En relación con la experiencia docente en bachillerato, la figura 2 muestra que predomina una trayectoria corta. El 65,4% (n=17) tiene menos de 1 año de experiencia, el 23,1% (n=6) se ubica entre 1 y 5 años, el 3,8% (n=1) entre 6 y 10 años y el 7,7% (n=2) supera los 10 años. Por lo tanto, resulta importante incluir indicaciones metodológicas claras y actividades que puedan aplicarse sin mayor complejidad en el aula.

Figura 2. Experiencia de los participantes

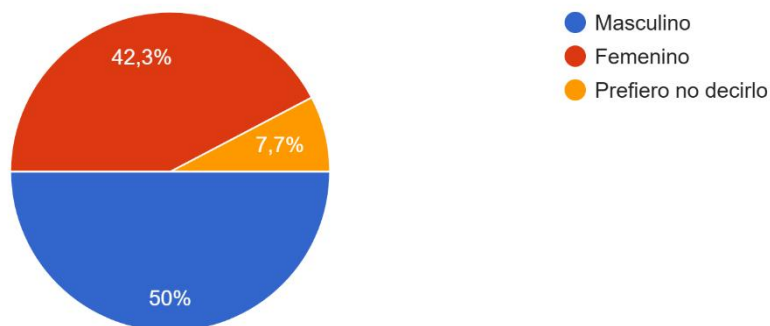
Años de experiencia docente en bachillerato
26 respuestas



Respecto al género, la figura 3 señala que el 50,0% (n=13) se identificó como masculino, el 42,3% (n=11) como femenino y el 7,7% (n=2) prefirió no responder. Esta distribución permite trabajar con resultados relativamente equilibrados, sin una predominancia marcada que distorsione la lectura general de la muestra.

Figura 3. Género de los participantes

¿Con qué género se identifica?
26 respuestas



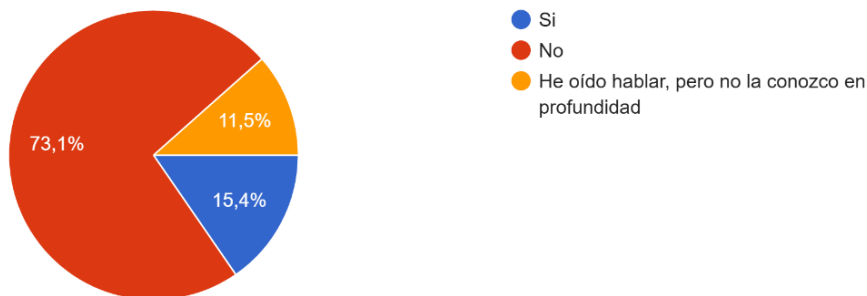
En cuanto al conocimiento de PhET, en la figura 4 se observa que la mayoría no conoce la herramienta. El 73,1% (n=19) indicó que no la conoce, el 15,4% (n=4) señaló que sí la conoce y el 11,5% (n=3) mencionó que solo ha oído hablar de ella, pero sin profundizar.

Así, estos datos respaldan que el taller inicie con una presentación concreta sobre cómo funciona la plataforma y cómo se usa en términos básicos.

Figura 4. *Conocimiento de la herramienta PHET en clases*

¿Conoce la herramienta PhET Interactive Simulations?

26 respuestas

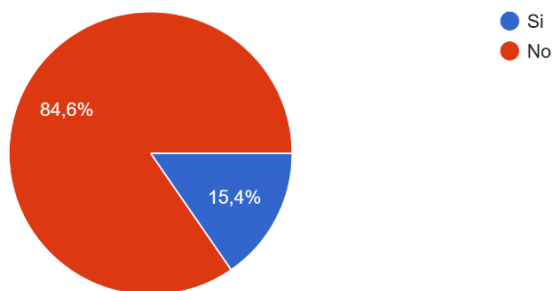


De forma coherente con lo anterior, la figura 5 muestra que el uso de PhET en clases es bajo. El 84,6% (n=22) no la ha utilizado y únicamente el 15,4% (n=4) sí la ha usado. En consecuencia, el problema inicial parece estar más relacionado con el acceso y la familiarización que con una negativa docente hacia la herramienta.

Figura 5. *Uso de la herramienta PhET en clases*

¿Ha utilizado alguna vez la herramienta PhET en sus clases?

26 respuestas



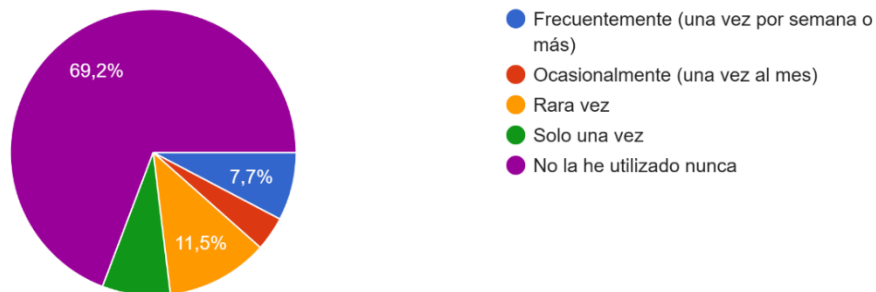
Sobre la frecuencia de uso, la figura 6 indica que el 69,2% (n=18) nunca ha utilizado PhET. Además, el 11,5% (n=3) la usa rara vez, el 3,8% (n=1) de manera ocasional, el 7,7% (n=2) solo una vez y el 7,7% (n=2) frecuentemente. En general, esto sugiere que incluso en

los pocos casos donde existe experiencia, todavía no se ha logrado una integración constante en la práctica docente.

Figura 6. Frecuencia de uso de la herramienta

Si respondió "Sí" en la pregunta anterior, ¿con qué frecuencia la utiliza?

26 respuestas

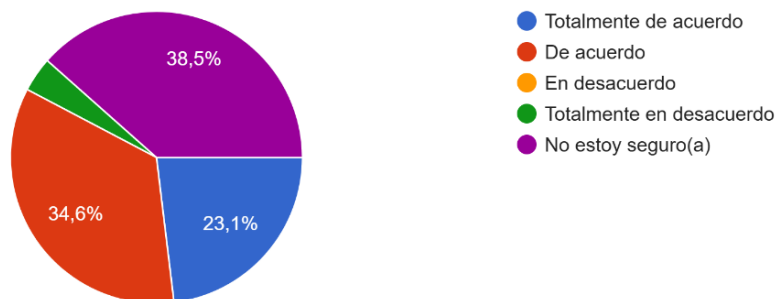


En la figura 7, sobre la percepción de mejora en la comprensión de procesos biológicos, se observa una tendencia más bien positiva, aunque con dudas importantes. El 23,1% (n=6) está totalmente de acuerdo y el 34,6% (n=9) está de acuerdo. Sin embargo, el 38,5% (n=10) no está seguro, el 0,0% (n=0) está en desacuerdo y el 3,8% (n=1) está totalmente en desacuerdo. Por lo tanto, la presencia de incertidumbre sugiere que el taller debería mostrar ejemplos claros y evidencias prácticas para fortalecer la confianza.

Figura 7. Percepción de mejora en comprensión

¿Considera que PhET puede mejorar la comprensión de procesos biológicos por parte de los estudiantes?

26 respuestas

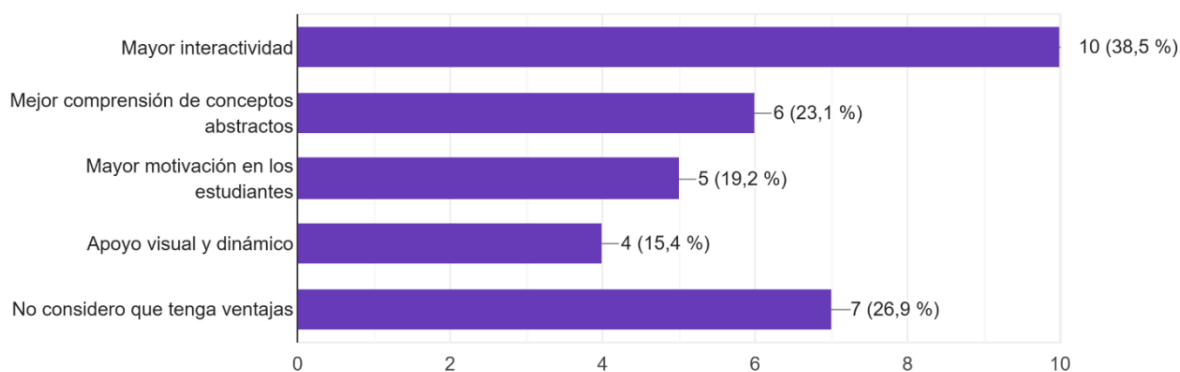


En relación con las ventajas percibidas, la figura 8 recoge respuestas variadas. Se reportó mayor interactividad en un 38,5% (n=10), mejor comprensión de conceptos abstractos en un 23,1% (n=6), mayor motivación estudiantil en un 19,2% (n=5) y apoyo visual y dinámico en un 15,4% (n=4). Por otro lado, el 26,9% (n=7) indicó que no considera que existan ventajas.

Figura 8. *Ventajas percibidas*

¿Qué ventajas cree que ofrece PhET Interactive Simulations en el proceso de enseñanza-aprendizaje? (Puede marcar más de una opción)

26 respuestas

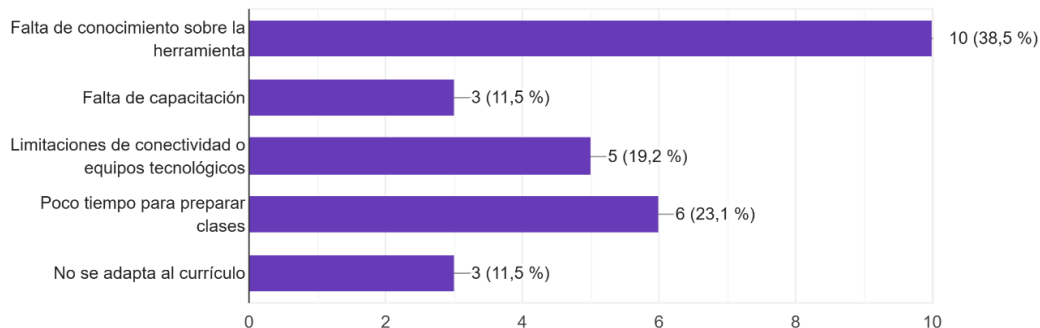


La principal barrera reportada en la figura 4 es la falta de conocimiento (38,5%, n=10), seguida de poco tiempo para preparar clases (23,1%, n=6) y limitaciones de conectividad/equipos (19,2%, n=5). Con menor frecuencia aparecen falta de capacitación (11,5%, n=3) y la percepción de que no se adapta al currículo (11,5%, n=3). Estos hallazgos orientan la propuesta hacia microtalleres y materiales “plug-and-play” (listas para usar), opciones offline o de baja conectividad y mapeo explícito al currículo para reducir la fricción de implementación.

Figura 9. Limitaciones para el uso de PhET (múltiple selección)

¿Qué limitaciones ha identificado (o cree que existen) para el uso de esta herramienta en su práctica docente? (Puede marcar más de una opción)

26 respuestas



En síntesis, la pre-encuesta evidencia un bajo conocimiento y un uso limitado de PhET, aunque existe una percepción mayormente favorable o, al menos, abierta a su potencial. Esto indica que la barrera principal es práctica y pedagógica, por lo que el taller debería centrarse en trabajo guiado, planificación alineada al currículo y estrategias viables cuando la conectividad es limitada.

Diseño de la propuesta

El diseño de esta propuesta se basó en 5 ejes principales que son: Pertinencia, enfoque, viabilidad tecnológica, desarrollo de competencias y coherencia con la planificación micro curricular.

En relación con la pertinencia curricular se diseñó el taller para que cada actividad se alinee con los objetivos y destrezas del Área de Ciencias Naturales (CN), Nivel Bachillerato General Unificado (B), segmento 5 de biología, bloque curricular 1, destreza número 13 (CN.B.5.1.13) orientada a la experimentación de mitosis y meiosis y a la comprensión de la transmisión de la información genética y para el Objetivo del Área de Ciencias Naturales (CN), Nivel Bachillerato General Unificado (B), segmento 5 de Biología, objetivo número 7 (O.CN.B.5.7) que enfatiza el uso del lenguaje y la argumentación

científica para debatir sobre el cuidado del ambiente y la salud, así como sobre las aplicaciones científicas y tecnológicas en función de las necesidades y potencialidades del país (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016)

Para la viabilidad tecnológica, se tuvo en consideración que la herramienta seleccionada debía funcionar en línea y fuera de línea, con equipos de gama media y conectividad limitada, asegurando acceso real en la UE Gualaceo. Para el desarrollo de competencias digitales docentes, el taller debía proporcionar habilidades prácticas (instalación, uso y estrategias didácticas) que los participantes pudieran aplicar de inmediato en sus clases.

Por su parte, en relación con la coherencia con la planificación micro curricular, cada fase del taller se diseñó para integrarse fácilmente en la planificación diaria, mostrando objetivos, actividades y evaluaciones que los docentes puedan adoptar sin rediseñar su programa.

Figura 10. Criterios para el diseño de la propuesta



Fases de aplicación de la propuesta

Para la primera fase de Introducción y contextualización, se parte de una lluvia de ideas sobre cómo los rasgos biológicos se heredan y cambian, evidenciando las limitaciones de los laboratorios escolares. Se vincula la sesión con el objetivo curricular O.CN.B.5.7 y la destreza CN.B.5.1.13 para legitimar su pertinencia académica Propuesta.

En relación con la muestra de la herramienta y explicación de su uso, el facilitador abre la simulación “Natural Selection” de PhET y guía a los asistentes por los paneles de variables (predadores, alimento, color de pelaje). Se enfatizan los iconos de pausa, cámara lenta y los gráficos generados automáticamente para observaciones cuantitativas.

Así mismo, se planteó una fase para explicar cómo utilizarlo en clases, es decir, se ejemplifica un ciclo de indagación: predicción-experimentación-discusión. Al manipular la presión de selección y visualizar los cambios en la población de conejos, se hace explícita la relación con la destreza CN.B.5.1.13 y el indicador I.CN.B.5.4.1 Propuesta, reforzando la importancia de evidencias científicas.

Para indicar, cómo adaptarlo a la planificación microcurricular, se comparte un micro-plan: objetivo, actividad central basada en la simulación, y tarea de cierre (cuestionario en portafolio digital). Los asistentes discuten ajustes de timing y recursos según realidades de conectividad y tamaño de grupo.

Asimismo, se realiza una sección de preguntas y respuestas, en la cual, se atienden inquietudes sobre la descarga offline, idiomas disponibles y estrategias de diferenciación (por ejemplo, asignar roles de “investigador” y “relator” en grupos heterogéneos).

Finalmente., se realiza una evaluación del taller, para medir impacto inmediato y recaudar oportunidades de mejora, se aplica una mini-encuesta en Google Forms. Las

respuestas se usarán como evidencia de aprendizaje profesional y para planificar futuras formaciones. De esta manera, el taller proporciona a los docentes una experiencia práctica, alineada con los estándares oficiales y adaptable a su realidad, sin la complejidad de la tabla original, pero conservando su rigor pedagógico y su estructura lógica.

Tabla 4. *Fases de aplicación de la propuesta*

Día	Fase	Objetivo concreto	Actividades clave	Tiempo	Recursos principales
1	Introducción	Conectar la temática “Selección natural” con la práctica docente y los estándares O.CN.B.5.7 y CN.B.5.1.13	Lluvia de ideas sobre transmisión de características; breve exposición de la necesidad de simulaciones en contextos con escasos laboratorios	20 min	Presentación (diapositivas), pizarra
	Demostración de la herramienta	Familiarizar a los asistentes con la interfaz y las opciones de PhET	Navegación guiada por la simulación “Natural Selection”; exploración de controles y variables; prueba breve individual supervisada	30 min	Computador, proyector, simulación PhET
	Uso en el aula (modelado)	Ilustrar cómo la simulación apoya la destreza CN.B.5.1.13 y el indicador I.CN.B.5.4.1	Modelado “docente-estudiante”: preguntas predictivas, manipulación de variables y análisis de resultados en tiempo real siguiendo la secuencia predicción–experimento–discusión	70 min	PhET; guion de preguntas
2	Integración microcurricular	Mostrar cómo vincular la simulación a la planificación diaria	Presentación de ejemplo de plan de clase (objetivos, actividad central con PhET, tarea de consolidación); ajustes para diversos ritmos de aprendizaje; co-diseño rápido en grupos	60 min	Esquema de plan de clase
	Preguntas y respuestas	Resolver dudas y técnicas pedagógicas sobre la	Ronda abierta de preguntas; aclaración sobre licencias, requisitos de hardware y estrategias para aula heterogénea	30 min	Micrófono abierto

Día	Fase	Objetivo concreto	Actividades clave	Tiempo	Recursos principales
		implementación de PhET			
	Evaluación del taller	Obtener retroalimentación inmediata y evidenciar logro de la destreza digital	Aplicación de encuesta en Google Forms (escala Likert + pregunta abierta); comentarios finales y entrega de enlace a tutoriales adicionales	30 min	Enlace Forms; dispositivos móviles de participantes

Evaluación del taller

Los datos obtenidos en el análisis del post taller, revelan que los asistentes al taller evaluaron de forma muy positiva el uso de las simulaciones interactivas de PhET. El aspecto más apreciado fue la claridad y utilidad de las explicaciones que ofreció el facilitador; esta pregunta obtuvo una media y una mediana de 5,0, junto con una desviación estándar de cero, lo que indica prácticamente unanimidad entre los participantes. Igualmente, el ítem “Las actividades prácticas con las simulaciones aumentaron mi confianza para implementar PhET en el aula” alcanzó una media perfecta de 5,0, lo que indica que el componente práctico fue fundamental para fortalecer la confianza docente en el uso pedagógico de esta herramienta.

Los enunciados “El taller cumplió mis expectativas de aprendizaje sobre el uso de PhET” y “Los contenidos y ejemplos presentados son pertinentes para mi práctica docente” lograron puntuaciones igualmente altas, con medias de 4,63 y 4,88, respectivamente. Aunque ambas cifras se sitúan ligeramente por debajo del máximo posible, los datos indican que la gran mayoría de los asistentes sintió que el material fue útil y alineado con su realidad profesional. La pequeña dispersión observada, visible en las desviaciones estándar de 0,48 y 0,33, probablemente responde a variaciones en el grado previo de familiaridad con recursos digitales y a expectativas personales. En suma, estas evidencias confirman que el

encuentro resultó extremadamente claro, aplicable y capaz de fortalecer la confianza de los docentes participantes.

Tabla 5. Evaluación post-taller

Ítem evaluado	Media	Mediana	Desviación estándar	Interpretación rápida
El taller cumplió mis expectativas de aprendizaje sobre el uso de PhET.	4,63	5,0	0,48	Altamente satisfactorio, aunque con ligera dispersión (algunos 4).
Los contenidos y ejemplos presentados son pertinentes para mi práctica docente.	4,88	5,0	0,33	Contenidos muy pertinentes; casi unanimidad.
Las explicaciones y el acompañamiento del facilitador fueron claros y útiles.	5,00	5,0	0,00	Valoración perfecta; punto fuerte del taller.
Las actividades prácticas con las simulaciones aumentaron mi confianza para implementar PhET.	5,00	5,0	0,00	Máxima confianza; evidencia de efectividad pedagógica.

En otras palabras, los resultados post-propuesta muestran que el taller no solo resolvió la brecha identificada en la pre-encuesta, sino que creó condiciones reales de adopción: claridad metodológica, pertinencia curricular y confianza docente para implementar PhET. La combinación de demostración guiada, secuencias listas para usar y opciones de baja conectividad convirtió una intención difusa en práctica viable, mientras que la evaluación evidenció comprensión del enfoque indagatorio y utilidad inmediata en aula. Este desempeño respalda la continuidad del plan mediante tres acciones: institucionalizar microtalleres periódicos y mentorías entre pares, mantener un repositorio de micro-planes y recursos offline, y activar un sistema ligero de seguimiento de uso y logro, orientado a mejora continua y escalamiento.

Discusión

La comparación entre la pre-encuesta y la post-encuesta muestra cambios claros en la forma en que los docentes perciben y están dispuestos a usar PhET Interactive Simulations. Al inicio, la mayoría indicaba que no conocía la herramienta y que casi no utilizaba simulaciones en sus clases, aunque sí reconocía que los recursos digitales pueden mejorar la enseñanza de procesos biológicos. Esta situación evidencia una brecha importante: los docentes valoraban la tecnología en teoría, pero no contaban con el tiempo, la guía ni la seguridad necesaria para integrarla de manera regular en su práctica.

En la pre-encuesta se observa una aceptación declarada de los recursos digitales, pero con baja familiaridad y uso efectivo de simulaciones, lo que es coherente con modelos de adopción que distinguen entre actitud y práctica. Estudios con docentes que usan PhET reportan que las barreras más citadas son externas: falta de equipamiento y conectividad, escasa formación en servicio y falta de tiempo, lo que reduce la confianza para implementarlas (Ben Ouahi et al., 2022; Keldgord & Ching, 2022). Además, la intención de uso suele relacionarse con la utilidad y la facilidad percibidas para enseñar y aprender (Lee et al., 2021; Song et al., 2023).

Después del taller, los resultados de la post-encuesta reflejan una valoración muy alta de la experiencia. Los participantes señalan que la explicación fue clara, que las actividades estuvieron bien vinculadas al currículo y que se sienten más seguros para aplicar PhET en el aula. El paso desde el desconocimiento y el no uso hacia una intención concreta de incorporar la simulación, junto con una mejor percepción de sus propias habilidades digitales, sugiere que un taller corto, pero bien estructurado y centrado en “cómo enseñar con la herramienta”, puede producir cambios relevantes incluso en contextos con limitaciones de infraestructura.

Estos resultados, son coherentes con la investigación Toma et al. (2025) quienes analizaron talleres breves de tres horas con docentes y reportaron que, aun cuando existían barreras como baja experiencia tecnológica, acceso limitado a equipos e internet, poco apoyo escolar y falta de tiempo, la capacitación enfocada en el uso pedagógico de PhET fortaleció la disposición docente a emplear simulaciones para promover interés y participación estudiantil. Del mismo modo, se alinean con los resultados de la capacitación presentado por Nkundabakura et al. (2024) donde un diseño formativo con integración de herramientas TIC y acompañamiento mostró mejoras en confianza y autoeficacia para enseñar e incorporar recursos digitales, lo que ayuda a explicar por qué, tras una intervención práctica y guiada, aumenta la seguridad para implementar PhET y se percibe mayor capacidad para integrarlo al currículo.

No obstante, estos resultados deben interpretarse con prudencia, pues no se contó con grupo de control para verificar que los cambios se debieron únicamente al taller. A pesar de ello, la coincidencia entre alta satisfacción, pertinencia curricular percibida y aumento de la confianza docente ofrece una base sólida para recomendar nuevas ediciones del taller, acompañadas de seguimiento y apoyo continuo, como parte de estrategias más amplias de desarrollo profesional docente.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir que el uso de PhET Interactive Simulations es una alternativa pertinente para apoyar la enseñanza de procesos biológicos en el bachillerato. En este sentido, la investigación confirmó que, antes de la intervención, los docentes de la Unidad Educativa Gualaceo tenían limitaciones en el conocimiento y uso de esta herramienta, lo cual dificultaba su incorporación en la práctica pedagógica.

A partir de ello, se determinó que el taller diseñado e implementado cumplió con su propósito, ya que fortaleció la confianza y la disposición de los docentes para integrar PhET en sus clases. Además, las valoraciones recogidas antes y después de la intervención mostraron una mejora en la percepción sobre su utilidad, su facilidad de uso y su relación con los objetivos curriculares de Ciencias Naturales.

Por otra parte, la revisión teórica y la experiencia práctica permitieron reconocer que PhET no solo funciona como un recurso tecnológico, sino también como una herramienta pedagógica coherente con el enfoque indagatorio y con las necesidades actuales del proceso de enseñanza y aprendizaje. Esto da relevancia al estudio, porque aporta una propuesta aplicable en contextos educativos donde se busca fortalecer la enseñanza de las ciencias mediante recursos digitales.

Finalmente, aunque se evidenciaron avances importantes, también se identificaron barreras como el tiempo disponible, la conectividad y la necesidad de mayor apoyo institucional. Por ello, para lograr un uso sostenido de PhET en la enseñanza de procesos biológicos, es necesario complementar este tipo de iniciativas con acciones de acompañamiento y apoyo dentro de la institución.

Referencias bibliográficas

- Acosta-Medina, J. K., Torres-Barreto, M. L., & Cárdenas-Parga, A. F. (2021). Students' preference for the use of gamification in virtual learning environments. *Australasian Journal of Educational Technology*, 37(4), Article 4. <https://doi.org/10.14742/ajet.6512>
- Acquah, I. K., Gyan, M., Appiah, D., Ansah, B. O., Wilson, R., & Mensah, C. E. (2024). Improving Students' Performance in Resolution of Vectors Using PhET Interactive Simulations. *Schrödinger: Journal of Physics Education*, 5(3), Article 3. <https://doi.org/10.37251/sjpe.v5i3.1078>
- Almadrones, R. D., & Tadifa, F. G. (2024). Physics Educational Technology (PHET) Simulations in Teaching General Physics 1. *International Journal of Instruction*, 17(3), Article 3. <https://e-iji.net/ats/index.php/pub/article/view/632>
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2023). The Impact of Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulation-Based Learning on Motivation and Academic Achievement Among Malawian Physics Students. *Journal of Science Education and Technology*, 32(1), 127-141. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10010-3>
- Diab, H., Daher, W., Rayan, B., Issa, N., & Rayan, A. (2024). Transforming Science Education in Elementary Schools: The Power of PhET Simulations in Enhancing Student Learning. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/mti8110105>
- Díaz, J. E. M., Saldaña, C. A. D., & Ávila, C. A. R. (2020). Virtual World as a Resource for Hybrid Education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(15), Article 15. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i15.13025>
- Gnesdilow, D., & Puntambekar, S. (2025). Middle School Students' Application of Science Learning From Physical Versus Virtual Labs to New Contexts. *Science Education*, 1(1), 18-36. <https://doi.org/10.1002/sce.21953>
- Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 275-285. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
- Khobragade, S. Y., Soe, H. H. K., Khobragade, Y. S., & Abas, A. L. bin. (2021). Virtual learning during the COVID-19 pandemic: What are the barriers and how to overcome them? *Journal of Education and Health Promotion*, 10(1), 360. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_1422_20
- Kumar, D. (2024). PhET: An interactive simulation technology for learning outcomes based teaching-learning science. *International Education and Research Journal (IERJ)*, 10(5). <https://doi.org/10.21276/IERJ24501797296604>
- Lahlali, A., Chafiq, N., Radid, M., Moundy, K., & Srour, C. (2023). The Effect of Integrating Interactive Simulations on the Development of Students' Motivation, Engagement, Interaction and School Results. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 18(12), Article 12.
-

<https://doi.org/10.3991/ijet.v18i12.39755>

- Lie, S. S., Helle, N., Sletteland, N. V., Vikman, M. D., & Bonsaksen, T. (2023). Implementation of Virtual Reality in Health Professions Education: Scoping Review. *JMIR Medical Education*, 9(1), e41589. <https://doi.org/10.2196/41589>
- Ministerio de Educación de Ecuador. (2025). Transformación digital en el Sistema Nacional de Educación [Gubernamental]. <https://educacion.gob.ec/transformacion-digital-en-el-sistema-nacional-de-educacion/>
- Ministerio de educación del Ecuador. (2023). Currículo Nacional de Educación General Básica Preparatoria (1.a ed., Vol. 3). <https://recursos.educacion.gob.ec/wp-content/uploads/2022/11/CURRICULO-PREPARATORIA.pdf>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). Currículo de los niveles de Educación General Básica y Bachillerato General Unificado: Área de Ciencias Naturales. Quito, Ecuador. https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/CCNN_COMPLETO.pdf
- Nkundabakura, P., Nsengimana, T., Uwamariya, E., Nyirahabimana, P., Nkurunziza, J. B., Mukamwambali, C., Dushimimana, J. C., Batamuliza, J., Byukusenge, C., & Iyamuremye, A. (2024). Effectiveness of the continuous professional development training on upper primary mathematics and science and elementary technology teachers' Pedagogical Content Knowledge in Rwanda. *Discover Education*, 3(1), 12. <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00091-0>
- Olugbade, D., Oyelere, S. S., & Agbo, F. J. (2024). Enhancing junior secondary students' learning outcomes in basic science and technology through PhET: A study in Nigeria. *Education and Information Technologies*, 29(11), 14035-14057. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12391-3>
- Olvera, E. Y. M., Bastidas, E. G. J., & Espinoza, G. J. M. (2024). Análisis de la Brecha Digital y el Acceso a Recursos Tecnológicos en las Instituciones de Educación Secundaria en Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), Article 2. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.11086
- Pesantez Arcos, K.-D.-R., Ochoa Encalada, S. C., Erazo Álvarez, J. C., & García Herrera, D. G. (2020). Trabajo colaborativo y herramientas digitales para la enseñanza-aprendizaje en la educación en línea del bachillerato. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(Extra 5), 68-90. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7696080>
- Prima, E. C., Putri, A. R., & Rustaman, N. (2018). Learning solar system using PhET simulation to improve students' understanding and motivation. *Journal of Science Learning*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.17509/jsl.v1i2.10239>
- Rahmawati, Y., Zulhipri, Z., Hartanto, O., Falani, I., & Iriyadi, D. (2022). Students' conceptual understanding in chemistry learning using PhET Interactive Simulations. *Journal of Technology and Science Education*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.3926/jotse.1597>
-

- Salas-Rueda, R.-A., Castañeda-Martínez, R., Ramírez-Ortega, J., & Martínez-Ramírez, S.-M. (2025). Use of the deep learning and decision tree techniques to analyze the incorporation of technology in the educational field. *Digital Education Review*, 46, Article 46. <https://doi.org/10.1344/der.2025.46.26-39>
- Toma, M. J., Tembrevilla, G., & Milner-Bolotin, M. (2025). Investigating pedagogical opportunities of educational technologies in developing countries: Physics Education Technology workshops for Bangladeshi science, technology, engineering and mathematics teachers. *Future in Educational Research*, 3(1), 92-110. <https://doi.org/10.1002/fer3.51>
- Val, S., & López-Bueno, H. (2024). Analysis of Digital Teacher Education: Key Aspects for Bridging the Digital Divide and Improving the Teaching–Learning Process. *Education Sciences*, 14(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/educsci14030321>
- Vargas-Hernández, A., Robledo, S., & Quiceno, G. R. (2025). Virtual Teaching for Online Learning from the Perspective of Higher Education: A Bibliometric Analysis. *Journal of Scientometric Research*, 13(2), 406-418. <https://doi.org/10.5530/jscires.13.2.32>
- Verawati, N. N. S. P., Handriani, L. S., & Prahani, B. K. (2022). The Experimental Experience of Motion Kinematics in Biology Class Using PhET Virtual Simulation and Its Impact on Learning Outcomes. *International Journal of Essential Competencies in Education*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.36312/ijece.v1i1.729>
- Yagual, C. A. R., Tigua, D. D. P., & Mullo, E. C. (2022). Brecha digital y educación virtual en estudiantes de secundaria de una institución educativa ecuatoriana. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), Article 6. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4279
-