

Impacto del uso de los simuladores PhET en la enseñanza de química para bachillerato: desafíos y oportunidades docentes

Impact of the use of PhET simulators in the teaching of chemistry for high school: teaching challenges and opportunities

Impacto dos simuladores PhET no ensino de química no ensino médio: desafios e oportunidades para professores

Sailema-Castro, Ronny Iván
Universidad Bolivariana del Ecuador

risailemac@ube.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-8323-3008>



Licoa-Vera, Grace Katherine
Universidad Bolivariana del Ecuador

gklicoav@ube.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-6272-5180>



Carlin-Chávez, Esther Lucrecia
Universidad Bolivariana del Ecuador

elcarline@ube.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5262-1533>



Bernardesc-Carballo, Kety
Universidad Bolivariana del Ecuador

kbernardesc@ube.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-2234-9735>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/n1/903>

Como citar:

Sailema-Castro, R. I., Licoa-Vera, G. K., Carlin-Chávez, E. L., & Bernardesc-Carballo, K. (2025). Impacto del uso de los simuladores PhET en la enseñanza de química para bachillerato: desafíos y oportunidades docentes. *Código Científico Revista De Investigación*, 6(1), 507–534. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/n1/903>

Recibido: 23/05/2025

Aceptado: 24/06/2025

Publicado: 30/06/2025

Resumen

La enseñanza de la química en secundaria enfrenta persistentes desafíos para explicar conceptos abstractos y mantener la motivación estudiantil. Por ello, este estudio evaluó el impacto de los simuladores PhET en la enseñanza de la química, generando evidencia empírica para orientar la mejora de las prácticas pedagógicas y brindar a los docentes estrategias fundamentadas para un aprendizaje interactivo, en una institución ecuatoriana, enfocándose en estudiantes de segundo de bachillerato de las modalidades Ciencias y Técnico, con una muestra de 56 estudiantes y 9 docentes del área de Ciencias Naturales. Mediante un diseño cuasi-experimental mixto, se aplicaron encuestas diagnósticas y cuestionarios tipo Likert antes y después de una intervención que integró actividades guiadas con simulaciones, complementadas por observaciones de aula y un análisis estadístico descriptivo-correlacional. Los resultados evidenciaron mejoras sustanciales: más del 90 % de los estudiantes consideró que las simulaciones facilitaron la visualización de fenómenos y ayudaron a vincular la teoría con la práctica. Estos hallazgos coinciden con informes previos sobre aprendizaje multimedia y confirman que la combinación de recursos virtuales y acompañamiento didáctico fortalece la construcción de conocimientos, reduce la brecha entre laboratorio real y virtual, y potencia la motivación intrínseca. Se concluye que incorporar sistemáticamente PhET en el currículo de química favorece un aprendizaje más profundo y significativo, recomendándose también la formación del profesorado y la garantía de infraestructura adecuada para maximizar estos beneficios.

Palabras clave: Simuladores PhET, química, aprendizaje activo, investigación educativa.

Abstract

Teaching chemistry in secondary school faces persistent challenges in explaining abstract concepts and maintaining student motivation. Therefore, this study evaluated the impact of PhET simulators on chemistry teaching, generating empirical evidence to guide the improvement of teaching practices and provide teachers with evidence-based strategies for interactive learning in an Ecuadorian institution, focusing on second-year high school students in the Science and Technical modalities, with a sample of 56 students and 9 teachers in the Natural Sciences area. Using a mixed quasi-experimental design, diagnostic surveys and Likert-type questionnaires were administered before and after an intervention that integrated guided activities with simulations, complemented by classroom observations and descriptive-correlational statistical analysis. The results showed substantial improvements: more than 90% of students felt that the simulations facilitated the visualization of phenomena and helped link theory with practice. These findings are consistent with previous reports on multimedia learning and confirm that the combination of virtual resources and teaching support strengthens knowledge construction, reduces the gap between real and virtual laboratories, and enhances intrinsic motivation. It is concluded that systematically incorporating PhET into the chemistry curriculum promotes deeper and more meaningful learning, and teacher training and adequate infrastructure are also recommended to maximize these benefits.

Keywords: PhET simulators, chemistry, active learning, educational research.

Resumo

O ensino da química no ensino médio enfrenta desafios persistentes para explicar conceitos abstratos e manter a motivação dos alunos. Por isso, este estudo avaliou o impacto dos simuladores PhET no ensino da química, gerando evidências empíricas para orientar a melhoria das práticas pedagógicas e fornecer aos professores estratégias fundamentadas para uma aprendizagem interativa, em uma instituição equatoriana, com foco em alunos do segundo ano do ensino médio das modalidades Ciências e Técnico, com uma amostra de 56 alunos e 9 professores da área de Ciências Naturais. Por meio de um desenho quase experimental misto,

foram aplicadas pesquisas diagnósticas e questionários do tipo Likert antes e depois de uma intervenção que integrou atividades guiadas com simulações, complementadas por observações em sala de aula e uma análise estatística descritiva-correlacional. Os resultados evidenciaram melhorias substanciais: mais de 90% dos alunos consideraram que as simulações facilitaram a visualização dos fenômenos e ajudaram a vincular a teoria à prática. Essas descobertas coincidem com relatórios anteriores sobre aprendizagem multimídia e confirmam que a combinação de recursos virtuais e acompanhamento didático fortalece a construção do conhecimento, reduz a lacuna entre o laboratório real e o virtual e potencializa a motivação intrínseca. Conclui-se que incorporar sistematicamente o PhET no currículo de química favorece uma aprendizagem mais profunda e significativa, recomendando-se também a formação de professores e a garantia de infraestrutura adequada para maximizar esses benefícios.

Palavras-chave: Simuladores PhET, química, aprendizagem ativa, investigação educacional.

Introducción

La asignatura de Química forma parte del campo de las Ciencias Experimentales. Los estudiantes deben conocer sobre las distintas propiedades de la materia y la energía, sus transformaciones, así como la importancia de los compuestos químicos existentes y su relevancia. Para aprender significativamente la química se precisa la interacción directa con la materia. (Caamaño y Oñorbe, 2004)

La Química como ciencia toma como objeto de estudio a la estructura y propiedades de las sustancias y sus reacciones. Se le adjudica dentro del campo científico un carácter instrumental y central para muchas ciencias. (Riofrío et al., 2019)

En las primeras dos décadas del siglo XXI, la enseñanza de química en secundaria afronta desinterés estudiantil. Para Koleva (2011) la teorización excesiva y sistemática haciendo caso omiso de los experimentos de laboratorio de la química han disuadido a un gran número de estudiantes que de otra manera dirigen su interés a este tema en particular. Los simuladores PhET ofrecen representaciones visuales manipulables, favoreciendo comprensión y aprendizaje activo (PhET Interactive Simulations, 2024).

Investigaciones corroboran su eficacia. Carrión-Paredes et al. (2020) demostraron que, combinados con prácticas experimentales, los PhET consolidan aprendizajes estructurados

sobre soluciones químicas. Ortega Herrera et al. (2022) verificaron que la herramienta fortalece la comprensión de abstracciones y estimula la participación estudiantil.

En Ecuador, la Unidad Educativa Santa María de los Ángeles, comprometida con la interculturalidad y la sostenibilidad, integra los simuladores para enriquecer la enseñanza química, alineándose con su propuesta pedagógica y la demanda de incorporar recursos digitales al aula.

Esta investigación evaluó el impacto de simuladores PhET en química con 56 estudiantes de segundo bachillerato (Ciencias y Técnico) y 9 docentes de Ciencias Naturales. A través de encuestas aplicadas y actividades desarrolladas con PhET se evaluaron desafíos, oportunidades y efectos sobre comprensión y motivación.

En la última década, la enseñanza de la química se ha transformado con tecnologías digitales; los simuladores PhET, proveen representaciones visuales manipulables que facilitan un aprendizaje activo (PhET Interactive Simulations, 2024). Su uso refuerza la interculturalidad y la sostenibilidad promovidas por la institución.

La enseñanza de la química sigue afrontando dificultades para que los estudiantes interioricen conceptos abstractos. Así se evidencia en las líneas que siguen. Arroba y Santiago (2021) reportaron una reprobación del 62.4 % en química orgánica en bachillerato ecuatoriano, atribuida a la limitada integración de tecnologías educativas y al predominio de metodologías tradicionales. De igual forma, Góngora y Santana (2021) resaltaron la carencia de recursos y espacios experimentales adecuados, situación que restringe la construcción de aprendizajes significativos.

Ante este panorama, urge explorar estrategias didácticas innovadoras que incorporen herramientas digitales. Los simuladores PhET, ofrecen representaciones visuales y manipulables de fenómenos químicos que facilitan la comprensión de contenidos complejos y fomentan un aprendizaje activo y significativo (PhET Interactive Simulations, 2024). Su

interfaz intuitiva permite a los estudiantes formular hipótesis, experimentar y observar resultados en tiempo real, reforzando la indagación científica y la motivación intrínseca.

A escala global se evidencia la adopción de recursos digitales interactivos que potencian el protagonismo estudiantil, sobre todo en disciplinas donde la abstracción conceptual resulta desafiante (Piedra-Castro, 2024).

En este contexto, los simuladores PhET se consolidan como recursos efectivos; combinados con actividades experimentales, promueven aprendizajes más estructurados y profundos (Carrión-Paredes et al., 2020).

El estudio se desarrolló en la Unidad Educativa Santa María de los Ángeles. Participaron 56 estudiantes de segundo de bachillerato (modalidades Ciencias y Técnico) y 9 docentes de Ciencias Naturales. Se utilizaron encuestas diagnósticas y de percepción, junto con secuencias didácticas que integren simuladores PhET, a fin de identificar desafíos y oportunidades en su implementación, así como su efecto en la comprensión de conceptos abstractos y en la motivación estudiantil.

El propósito fue evaluar el impacto de los simuladores PhET en la enseñanza de la química, generando evidencia empírica que oriente la mejora de las prácticas pedagógicas y brinde a los docentes estrategias fundamentadas para un aprendizaje interactivo, coherente con los valores institucionales. Asimismo, se prevé que los hallazgos faciliten la capacitación docente y la elaboración de guías didácticas contextualizadas.

La relevancia de este estudio se sustenta en resultados que evidencian la eficacia de los simuladores para optimizar el rendimiento en temas como densidades, ecuaciones químicas y estados de la materia (Salcedo, 2022), así como en su capacidad para promover aprendizajes profundos (Carrión-Paredes et al., 2020). Validar su impacto podría fundamentar políticas que incentiven la adopción de tecnologías digitales en el currículo escolar, fortaleciendo la calidad educativa local y nacional.

Metodología

El estudio adoptó un enfoque metodológico mixto, integrando componentes cuantitativos y cualitativos con el propósito de obtener una comprensión más completa y profunda del fenómeno educativo analizado: el impacto de los simuladores PhET en la enseñanza de la química. Desde la perspectiva cuantitativa, se recolectaron datos estructurados mediante encuestas aplicadas a estudiantes y docentes, antes y después de la intervención con simuladores. Estos datos permitieron analizar tendencias, variaciones en la percepción y posibles correlaciones entre el uso del recurso y las mejoras en la comprensión conceptual.

Simultáneamente, se incorporó una perspectiva cualitativa para captar dimensiones subjetivas del proceso de enseñanza-aprendizaje, tales como la percepción de utilidad, el interés generado, y las actitudes frente al uso de tecnologías digitales en el aula, mediante la aplicación de encuestas. El enfoque mixto permite superar las limitaciones de los métodos individuales al enriquecer el análisis e interpretación de los resultados (Creswell & Plano Clark, 2018). De esta manera, se fortaleció la validez del estudio y se atendió a la complejidad del contexto educativo en el que se desarrolló, acorde a los principios de investigación aplicada en entornos reales (Johnson & Christensen, 2019).

El diseño de la presente investigación fue de tipo cuasi experimental, dado que se trabajó con grupos ya constituidos —estudiantes de segundo de bachillerato de la Unidad Educativa Santa María de los Ángeles— sin manipulación aleatoria de los sujetos. Este tipo de diseño permitió evaluar el impacto del uso de los simuladores PhET mediante la aplicación de encuestas pre y post intervención, comparando los cambios en las percepciones y el aprendizaje de los participantes.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2018), los diseños cuasi experimentales son adecuados cuando no es posible asignar aleatoriamente a los participantes, pero se desea

analizar relaciones de causalidad. Este enfoque fue pertinente en un contexto escolar real, donde las condiciones de aula no permiten alterar la organización natural del entorno educativo.

El estudio se desarrolló en cuatro niveles de profundidad: exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo, lo que permitió una comprensión integral del impacto de los simuladores PhET en la enseñanza de la química. El nivel exploratorio fue fundamental para identificar las percepciones iniciales de docentes y estudiantes respecto al uso de tecnologías digitales en el aula, especialmente en asignaturas de ciencias. Esta fase permitió generar hipótesis y construir una base conceptual para el análisis posterior (Sampieri et al., 2018).

En su nivel descriptivo, la investigación caracterizó las variables observadas, como el grado de motivación, comprensión conceptual y actitud frente al uso del simulador, con base en datos empíricos obtenidos por medio de encuestas. Posteriormente, se empleó un análisis correlacional para determinar la relación entre el uso de PhET y las mejoras percibidas en el aprendizaje, permitiendo identificar patrones significativos entre variables (Bisquerra, 2016). Finalmente, desde el nivel explicativo, se buscó interpretar las causas que incidieron en los cambios observados, brindando argumentos sobre la eficacia pedagógica de los simuladores en contextos educativos reales.

La población de esta investigación estuvo conformada por los actores educativos de la Unidad Educativa Santa María de los Ángeles, ubicada en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Específicamente, se consideraron como población objetivo a los estudiantes de segundo año de bachillerato de las modalidades Ciencias y Técnico, así como a los docentes del área de Ciencias Naturales. En total, la población incluyó 56 estudiantes y 9 docentes, quienes se encontraban inmersos en procesos de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Química.

La elección de esta población responde a criterios de accesibilidad, pertinencia pedagógica y vinculación directa con el uso de simuladores PhET, lo cual facilitó el desarrollo de un estudio contextualizado y relevante para el campo de la innovación educativa. De acuerdo

con Sampieri et al. (2018), definir correctamente la población garantiza la validez interna y externa de los hallazgos, ya que permite delimitar el universo sobre el cual se infiere el comportamiento de las variables. Además, al trabajar con grupos reales de una institución educativa, se asegura la aplicabilidad de los resultados en contextos escolares concretos.

Dado que la población total fue relativamente pequeña y manejable (56 estudiantes y 9 docentes), se optó por trabajar con una muestra censal, es decir, se incluyó a la totalidad de los individuos que cumplían con los criterios establecidos. Este tipo de muestreo es recomendado cuando el número de participantes es reducido y se busca un alto nivel de precisión en los resultados (Hernández, Fernández & Baptista, 2018).

La muestra estuvo constituida por los 56 estudiantes de segundo de bachillerato, divididos en las modalidades Ciencias y Técnico, así como por los 9 docentes del área de Ciencias Naturales que participaron activamente en el proceso de enseñanza con el apoyo de los simuladores PhET. La aplicación del muestreo censal permitió un abordaje exhaustivo y garantizó la heterogeneidad de experiencias y percepciones. Asimismo, al no excluir a ningún integrante del universo investigado, se fortaleció la representatividad de los datos recolectados y se facilitaron los análisis comparativos antes y después de la intervención educativa con tecnologías digitales.

La recolección de datos se basó en tres instrumentos principales de tipo encuesta, elaborados y aplicados en distintas fases de la investigación, permitiendo evaluar el impacto pedagógico del uso de los simuladores PhET en la enseñanza de la Química. En la fase diagnóstica inicial, se aplicó una encuesta previa a los estudiantes con preguntas cerradas y abiertas, orientadas a identificar el nivel de uso de herramientas digitales, las percepciones sobre la metodología tradicional y el interés por el uso de simulaciones en el aula.

Tras la implementación de los simuladores, se aplicaron dos instrumentos tipo Likert con cinco niveles de respuesta. La encuesta post a estudiantes evaluó tres dimensiones:

comprensión conceptual, motivación hacia la asignatura y usabilidad de la herramienta. Permitió conocer cambios en la percepción del aprendizaje y el interés generado por los simuladoresPost Estudiantes. Por su parte, la encuesta post a docentes exploró las mismas dimensiones, pero desde la experiencia profesional, considerando el impacto en la práctica pedagógica y la viabilidad técnica del uso de PhET.

Estos instrumentos fueron diseñados siguiendo criterios de validez de contenido y claridad, permitiendo obtener datos tanto cuantitativos como cualitativos que enriquecen el análisis interpretativo de la investigación (Cohen et al., 2018; Hernández et al., 2018).La elección de la encuesta responde a su eficacia para evaluar actitudes, conocimientos previos y resultados posteriores a intervenciones educativas, especialmente cuando se busca contrastar cambios generados por herramientas tecnológicas (Hernández et al., 2018). Las encuestas fueron validadas mediante juicio de expertos, asegurando la pertinencia y claridad de los ítems. Además, se garantizó la aplicación en un entorno controlado para favorecer respuestas reflexivas. La triangulación con observaciones de los docentes complementó la comprensión del fenómeno desde una perspectiva más holística.

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante un enfoque mixto, combinando técnicas estadísticas para los datos cuantitativos y análisis temático para los cualitativos. Una vez aplicada la encuesta pre y post intervención a estudiantes y docentes, las respuestas fueron tabuladas en hojas de cálculo de Excel, generando tablas y gráficos que permitieron visualizar patrones y tendencias. El uso de herramientas digitales facilitó el procesamiento de frecuencias, porcentajes, medidas de tendencia central y análisis de variación.

Asimismo, se aplicaron pruebas de correlación simple para determinar relaciones entre variables, como el uso del simulador y la percepción de mejora en el aprendizaje. Este procedimiento fue clave para validar estadísticamente la influencia de la herramienta digital en el proceso educativo (Bisquerra, 2016). Por otro lado, las respuestas abiertas fueron codificadas

y agrupadas en categorías emergentes, a partir de las cuales se identificaron coincidencias, discrepancias y percepciones relevantes. Esta triangulación metodológica aseguró una interpretación robusta de los resultados, respetando la complejidad del fenómeno educativo investigado (Sampieri et al., 2018).

Durante la investigación se cumplió con los principios éticos fundamentales que rigen los estudios en contextos educativos, garantizando el respeto a los derechos, la dignidad y la integridad de los participantes. En primer lugar, se obtuvo el consentimiento informado de los docentes y estudiantes participantes, quienes fueron informados de manera clara y comprensible sobre los objetivos del estudio, los procedimientos involucrados, la voluntariedad de su participación y el tratamiento confidencial de sus datos personales. Se aseguró que la participación no implicara ningún riesgo físico o psicológico para los involucrados.

Además, se garantizó el anonimato de las respuestas en las encuestas, codificando los datos de tal forma que no fuera posible identificar individualmente a los participantes. Se cumplió con la normativa nacional e institucional en materia de ética en investigación, así como con los principios establecidos en la Declaración de Helsinki y el Código de Ética del Consejo de Educación Superior (CES) del Ecuador. De acuerdo con Flick (2015), el respeto por la autonomía y la privacidad del sujeto de estudio es un componente esencial para preservar la integridad del proceso investigativo. Por su parte, Babbie (2020) enfatiza que la transparencia, la voluntariedad y el uso responsable de la información recolectada son elementos centrales de una investigación ética y rigurosa.

Resultados

En este apartado se presentan los hallazgos derivados de la triangulación entre la encuesta diagnóstica, los registros de aula durante la implementación de los simuladores PhET y los cuestionarios aplicados a estudiantes y docentes tras la intervención. La información se

organiza atendiendo a tres dimensiones—comprensión conceptual, motivación y usabilidad— con el fin de mostrar de manera articulada cómo evolucionaron las percepciones y prácticas pedagógicas a lo largo del proceso.

Encuesta de evaluación preliminar

La encuesta de evaluación preliminar se aplicó antes de introducir los simuladores PhET con el propósito de establecer una línea base sobre las prácticas habituales de enseñanza-aprendizaje de Química, el grado de familiaridad de estudiantes y docentes con recursos digitales y sus expectativas frente a la incorporación de nuevas herramientas. Este instrumento, administrado a los 56 estudiantes de segundo de bachillerato y a los 9 docentes del área, recogió datos cuantitativos y cualitativos que permiten contextualizar e interpretar los cambios observados tras la intervención.

Pregunta 1: ¿Consideras que las herramientas digitales ayudan a mejorar la comprensión del estudio de la Química?

El 96.4% de los estudiantes (54 de 56) respondió afirmativamente, lo que evidencia una percepción mayoritaria de que las herramientas digitales son útiles para mejorar el aprendizaje de la química. Este respaldo refleja una disposición favorable hacia la innovación educativa, especialmente entre jóvenes familiarizados con la tecnología. Sin embargo, el 3.6% que respondió "no" podría relacionarse con experiencias negativas previas o desconocimiento de cómo estas herramientas se integran efectivamente en el aula.

Pregunta 2: ¿Con qué frecuencia han utilizado las herramientas digitales en la asignatura de Química?

Solo el 5.4% (3 estudiantes) usa herramientas digitales "siempre", mientras que el 51.8% (29) las emplea "a veces" y el 7.1% (4) "nunca". Estos datos revelan una brecha entre el potencial percibido de las herramientas digitales (Pregunta 1) y su aplicación real en el aula. La baja frecuencia de uso podría atribuirse a limitaciones institucionales (falta de equipos,

conectividad) o a una integración esporádica por parte de los docentes, lo que sugiere un desafío estructural para implementar metodologías innovadoras de manera sistemática.

Pregunta 3: *¿Consideras que la metodología tradicional (libros, pizarra y formularios) es una forma de enseñanza-aprendizaje actual que permite el interés y la comprensión del estudio de la Química?*

El 66.1% (37 estudiantes) considera que la metodología tradicional sigue siendo efectiva, frente al 33.9% (19) que la cuestiona. Esta división indica que, aunque una mayoría valora los métodos convencionales, un tercio de los estudiantes los percibe como obsoletos o poco motivadores. Los comentarios cualitativos de la Pregunta 5 respaldan esta dualidad: algunos estudiantes enfatizan la necesidad de combinar ambos enfoques, mientras que otros critican la falta de dinamismo de las clases tradicionales.

Pregunta 4: *¿Crees que el uso de las simulaciones digitales (PhET) son herramientas que facilitan el interés en la comprensión del estudio de la Química?*

El 94.6% (53 estudiantes) respondió "sí", consolidando la percepción positiva hacia los simuladores PhET. Este resultado se alinea con estudios que destacan su capacidad para visualizar fenómenos abstractos (ejemplo: enlaces químicos, reacciones) y generar entornos interactivos. El 5.4% (3 estudiantes) que respondió "no" podría asociarse a resistencia al cambio, falta de experiencia con simuladores o preferencia por métodos prácticos presenciales.

Pregunta 5: *¿Cómo ha sido tu experiencia en el aprendizaje de la enseñanza de la Química? ¿Cuál sería tu criterio si se implementaran estas herramientas digitales en tu aula clase?*

Las respuestas cualitativas destacan tres tendencias:

1. Entusiasmo por la interactividad: Los estudiantes valoran que las simulaciones PhET permitan "experimentar sin riesgos" y visualizar conceptos complejos (ejemplo: estructuras moleculares en 3D).

2. Críticas a la metodología tradicional: Varios mencionan que las clases basadas en libros y pizarra son "abrumadoras" o "poco dinámicas", especialmente en temas como formulación química.

3. Recomendaciones prácticas: Sugieren combinar herramientas digitales con explicaciones teóricas, capacitar a los docentes en su uso pedagógico y garantizar acceso equitativo a la tecnología.

Encuesta a estudiantes post aplicación de simuladores PhET

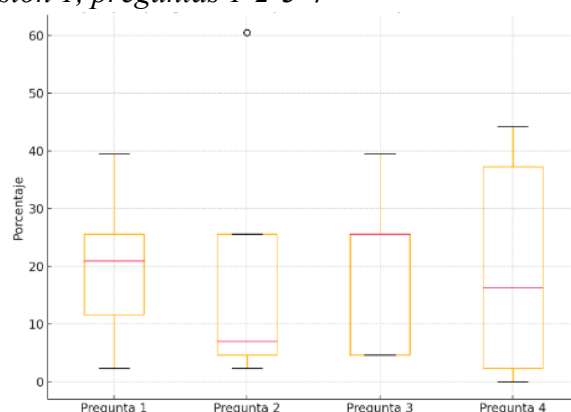
La encuesta confirma que los 56 estudiantes de bachillerato perciben a los simuladores PhET como recursos valiosos para dinamizar el aprendizaje de la química, especialmente en temas abstractos o riesgosos. No obstante, su implementación enfrenta retos como la formación docente, la integración equilibrada con métodos tradicionales y el acceso a infraestructura tecnológica. Opciones: (5) Totalmente de acuerdo, (4) De acuerdo, (3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo, (2) En desacuerdo, (1) Totalmente en desacuerdo.

Tabla 1

Dimensión 1, preguntas 1-2-3-4

Dimensión 1: Comprensión conceptual de la Química (Cognitiva)				
	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4
Opciones	Comprendí mejor los temas de Química gracias al uso de los simuladores PhET	Los simuladores me ayudaron a relacionar la teoría con fenómenos que puedo observar o imaginar	Ahora puedo explicar conceptos de Química con mayor claridad que antes	Pude visualizar reacciones o procesos que antes solo conocía por los libros.
5	20,93%	25,58%	25,58%	2,33%
4	39,53%	60,47%	39,53%	44,19%
3	25,58%	6,98%	25,58%	37,21%
2	11,63%	2,33%	4,65%	16,28%
1	2,33%	4,65%	4,65%	0,00%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Nota: Considerados los 56 alumnos encuestados (Autores, 2025).

Figura 1*Gráfico de cajas Dimensión 1, preguntas 1-2-3-4*

Nota: (Autores, 2025).

El diagrama de cajas de la Dimensión 1: Comprensión conceptual de la Química (Cognitiva) ofrece una síntesis clara de la percepción estudiantil tras emplear simuladores PhET. Cada una de las cuatro preguntas refleja un componente distinto del proceso cognitivo, permitiendo apreciar tendencia central y dispersión de las respuestas.

En la Pregunta 1, que explora si los simuladores mejoraron la comprensión de los temas químicos, la mediana ronda el 21 % y la distribución permanece equilibrada. Ello sugiere que la mayoría percibió una ganancia conceptual sin valores atípicos que sesguen el promedio.

La Pregunta 2, relativa a la capacidad de vincular teoría con fenómenos observables o imaginables, exhibe una mediana baja, cercana al 6 %, pero con amplia dispersión que supera el 60 %. Esta polarización indica que, aunque un grupo identificó un beneficio alto, otro segmento no logró articular esa conexión con igual claridad, posiblemente por estilos de aprendizaje disímiles o la naturaleza de los fenómenos trabajados.

En la Pregunta 3, referente a explicar conceptos con mayor claridad, la mediana vuelve a situarse en torno al 25 %, coincidiendo con la Pregunta 1. La consistencia sugiere avances notables en la capacidad de comunicar conocimientos, reforzando la comprensión conceptual.

La Pregunta 4, que indaga si los simuladores facilitaron la visualización de reacciones antes solo conocidas por texto, muestra la dispersión más alta: algunas respuestas rozan el 0 % y otras reflejan mejoras sustanciales. Esta variabilidad podría deberse a la complejidad

intrínseca de ciertos procesos químicos que no siempre se representan fácilmente, aun con apoyo digital.

En conjunto, el gráfico revela una percepción generalmente positiva sobre los simuladores PhET para fortalecer la comprensión conceptual, aunque pone de manifiesto experiencias heterogéneas que invitan a ajustar la integración tecnológica para beneficiar equitativamente a todo el estudiantado.

Tabla 2

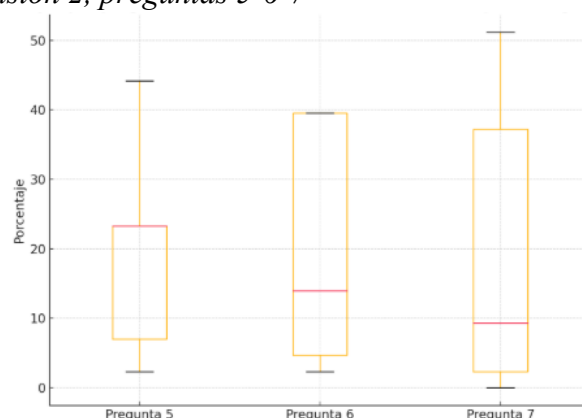
Dimensión 2, preguntas 5-6-7

Dimensión 2: Motivación e interés por la asignatura (Afectiva)			
Opciones	Pregunta 5 Sentí mayor motivación al aprender Química con simuladores que con métodos tradicionales	Pregunta 6 El uso de PhET hizo las clases más dinámicas y atractivas	Pregunta 7 Me gustaría seguir utilizando simuladores digitales en futuras clases de Química
5	44,19%	39,53%	51,16%
4	23,26%	39,53%	37,21%
3	23,26%	13,95%	9,30%
2	6,98%	4,65%	0,00%
1	2,33%	2,33%	2,33%
Total	100,00%	100,00%	100,00%

Nota: Considerados los 56 alumnos encuestados (Autores, 2025).

Figura 2

Gráfico de cajas Dimensión 2, preguntas 5-6-7



Nota: (Autores, 2025).

El diagrama de cajas correspondiente a la Dimensión 2: Motivación e interés por la asignatura (Afectiva) muestra el efecto emocional del uso de simuladores digitales en Química. Se analizan tres preguntas sobre motivación frente a métodos tradicionales, percepción de dinamismo y deseo de continuar usando la herramienta.

En la Pregunta 5, la mediana ronda el 23 % con un rango intercuartílico amplio. La dispersión moderada indica que, aunque muchos estudiantes hallaron los simuladores motivadores, subsisten opiniones variadas; el valor máximo, cercano al 44 %, confirma una fracción considerable con alta motivación.

La Pregunta 6 revela si las clases fueron más dinámicas. Su mediana desciende ligeramente, pero la “caja” es más alta, señal de una concentración mayor de respuestas positivas. La variabilidad es menor que en la pregunta anterior, sugiriendo un consenso más firme sobre el dinamismo aportado por los simuladores.

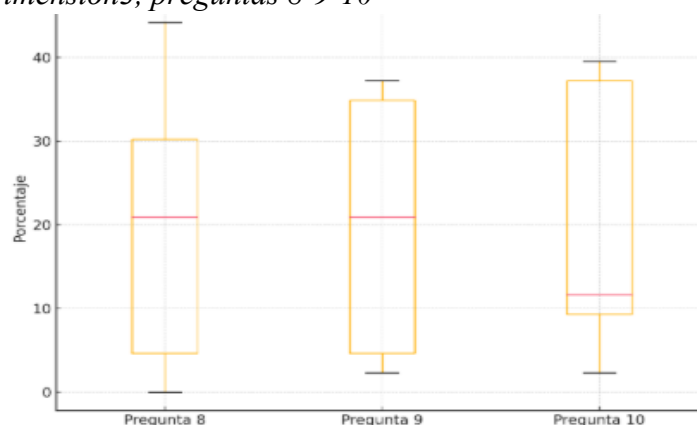
La Pregunta 7 registra la aceptación más elevada: la mayor parte del alumnado eligió categorías positivas, generando un rango extenso, pero claramente orientado al acuerdo; el máximo alcanza 51,16 %. En conjunto, el gráfico refleja motivación, interés y voluntad de continuidad, evidenciando que los simuladores no sólo apoyan lo cognitivo, sino también el compromiso afectivo con la materia.

Tabla 3

Dimensión 3, preguntas 8-9-10

Dimensión 3: Usabilidad e interacción con la herramienta (Tecnológica)			
	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10
Opciones	El simulador fue fácil de usar y entender, incluso sin conocimientos avanzados de informática	Me sentí cómodo interactuando con el simulador en las actividades propuestas.	Considero que los simuladores PhET deberían usarse como un recurso complementario permanente en la enseñanza de Química.
5	20,93%	34,88%	39,53%
4	44,19%	37,21%	9,30%
3	30,23%	20,93%	11,63%
2	0,00%	4,65%	37,21%
1	4,65%	2,33%	2,33%
Total	100,00%	100,00%	100,00%

Nota: Considerados los 56 alumnos encuestados (Autores, 2025).

Figura 3*Gráfico de cajas Dimensión3, preguntas 8-9-10*

Nota: (Autores, 2025).

El diagrama de cajas de la Dimensión 3: Usabilidad e interacción con la herramienta (Tecnológica) refleja cómo el alumnado valoró la facilidad de uso de los simuladores, la experiencia de interacción y la conveniencia de adoptar esta tecnología de forma permanente en la enseñanza de la Química. Comprender estos indicadores resulta clave para determinar si los aspectos técnicos impulsan o frenan el aprendizaje.

En la Pregunta 8, que indaga si el simulador fue sencillo de utilizar incluso sin conocimientos avanzados de informática, la mediana se sitúa cerca del 21 % y la dispersión abarca desde 0 % hasta más del 40 %. Ello sugiere accesibilidad general, aunque con respuestas neutras que podrían deberse a distintos niveles de familiaridad digital.

La Pregunta 9 valora la comodidad de interacción durante las actividades; mantiene una mediana similar (≈ 21 %) pero concentra más respuestas en rangos altos, indicando que la mayoría se sintió cómoda, pese a una minoría que expresó indiferencia o incomodidad.

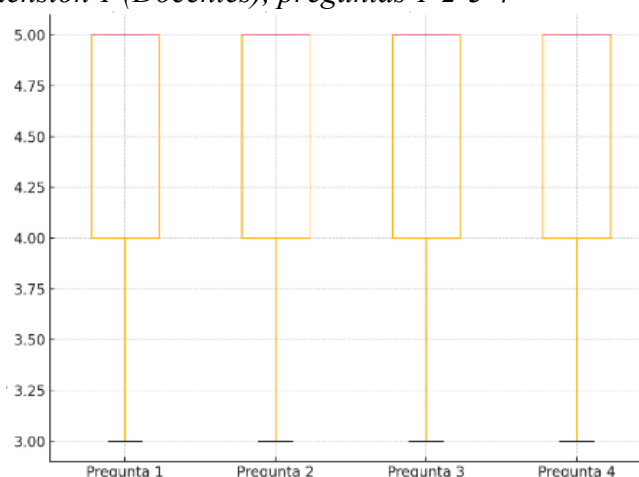
La Pregunta 10 aborda la integración permanente de los simuladores: alcanza máximos cercanos al 40 %, pero con mayor variabilidad. Mientras muchos respaldan su uso continuo, otros prefieren combinarlos con métodos tradicionales.

En conjunto, los resultados muestran una percepción tecnológicamente positiva, aunque la adopción curricular plena aún genera opiniones diversas.

Tabla 4*Dimensión 1 (Docentes), preguntas 1-2-3-4*

Dimensión 1: Impacto en la comprensión conceptual de los estudiantes (Cognitiva)				
	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4
Opciones	El uso del simulador PhET permitió a los estudiantes comprender con mayor claridad los contenidos abordados.	Pude observar mejoras en la participación y el análisis conceptual de los estudiantes al trabajar con simulaciones.	Los simuladores facilitaron la explicación de fenómenos complejos que usualmente presentan dificultades.	Los estudiantes lograron hacer conexiones entre los conceptos teóricos y su aplicación práctica mediante el uso de PhET.
5	66,67%	55,56%	55,56%	55,56%
4	11,11%	22,22%	22,22%	33,33%
3	22,22%	22,22%	22,22%	11,11%
2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Nota: Considerados los 9 docente del área (Autores, 2025).

Figura 4*Gráfico de cajas Dimensión 1 (Docentes), preguntas 1-2-3-4*

Nota: (Autores, 2025).

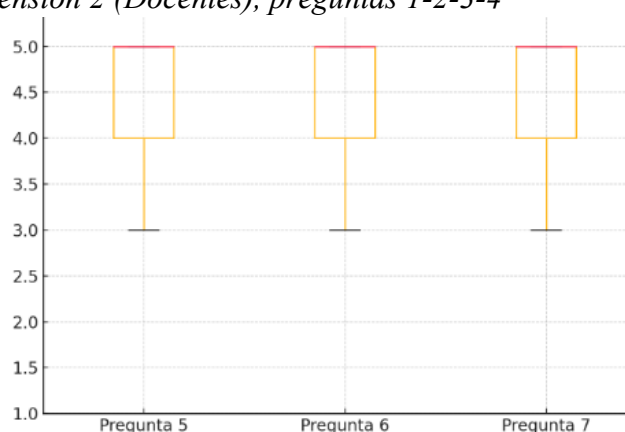
El boxplot muestra uniformidad: mediana 5 (“Totalmente de acuerdo”) en las cuatro afirmaciones. Con IQR 3,5-5, el 75 % se concentra en alto acuerdo; sólo uno o dos casos descienden a 3 (“Ni de acuerdo ni en desacuerdo”).

Sin valores en 1 o 2 ni outliers, la distribución se inclina al extremo superior: los docentes coinciden en que PhET clarifica conceptos, aumenta la participación, facilita explicar fenómenos complejos y refuerza la conexión teoría-práctica.

Tabla 5*Dimensión 2 (Docentes), preguntas 5-6-7*

Dimensión 2: Motivación y actitud del estudiante hacia el aprendizaje (Afectiva)			
Opciones	Pregunta 5 Los estudiantes mostraron mayor interés y motivación durante las clases en las que se utilizó el simulador.	Pregunta 6 La dinámica de la clase mejoró gracias a la incorporación del simulador PhET como herramienta pedagógica.	Pregunta 7 Considero que los simuladores digitales como PhET fomentan el aprendizaje activo y colaborativo.
5	55,56%	55,56%	66,67%
4	22,22%	22,22%	22,22%
3	22,22%	22,22%	11,11%
2	0,00%	0,00%	0,00%
1	0,00%	0,00%	0,00%
Total	100,00%	100,00%	100,00%

Nota: Considerados los 9 docente del área (Autores, 2025).

Figura 5*Gráfico de cajas Dimensión 2 (Docentes), preguntas 1-2-3-4*

Nota: (Autores, 2025).

El boxplot muestra mediana 5 en las tres afirmaciones: al menos la mitad del profesorado coincide en que PhET eleva motivación y dinamiza la clase. El IQR queda entre 4-5; los bigotes bajan a 3, reflejando a pocos neutrales (22 % en P5-P6, 11 % en P7). Sin registros 1-2 ni outliers, no hay percepciones negativas. La caja de P7 es la más compacta: 67 % marca 5 y nadie baja de 4, confirmando consenso casi total en que PhET fomenta aprendizaje activo, aclara contenidos y anima la participación.

Tabla 6*Dimensión 3 (Docentes), preguntas 8-9-10*

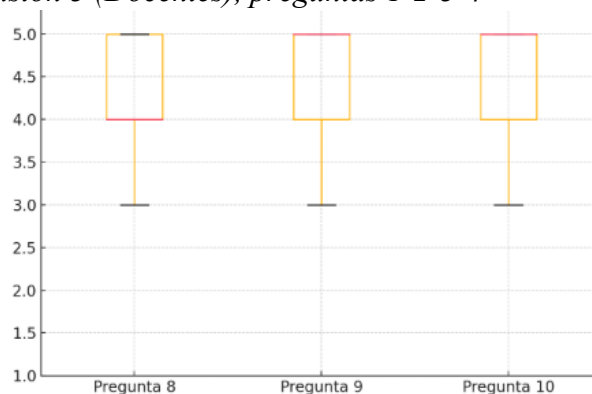
Dimensión 3: Facilidad de uso, aplicabilidad y percepción docente (Tecnológica)			
Opciones	Pregunta 8 El simulador PhET fue de fácil uso y no requirió habilidades avanzadas para su implementación.	Pregunta 9 Me sentí preparado para integrar el simulador en mis clases luego de la orientación recibida.	Pregunta 10 10. Considero que el simulador PhET debería integrarse permanentemente como recurso didáctico en el currículo de Química.

5	33,33%	55,56%	66,67%
4	55,56%	22,22%	22,22%
3	11,11%	22,22%	11,11%
2	0,00%	0,00%	0,00%
1	0,00%	0,00%	0,00%
Total	100,00%	100,00%	100,00%

Nota: Considerados los 9 docente del área (Autores, 2025).

Figura 6

Gráfico de cajas Dimensión 3 (Docentes), preguntas 1-2-3-4



Nota: (Autores, 2025).

El boxplot tecnológico revela alta aceptación docente: IQR 4-5 y dispersión mínima. Solo un caso por ítem baja a 3, de ahí que los bigotes lleguen a ese nivel; no hay valores 1-2 ni atípicos, descartándose percepciones negativas. La mediana de la Pregunta 8 se mantiene en 4, señalando un pequeño grupo menos rotundo; en las Preguntas 9 y 10 la mediana alcanza 5, pues la mayoría se declara capacitada y respalda institucionalizar PhET. En conjunto, la dimensión tecnológica exhibe consenso casi unánime y barreras formativas ínfimas.

Propuesta para el uso de los simuladores PhET en la enseñanza de química para bachillerato.

Fundamentación: La enseñanza de la química en bachillerato enfrenta el reto de hacer accesibles conceptos abstractos y garantizar un aprendizaje activo. Diversos estudios, como el de Castro et al. (2025), demuestran que los simuladores PhET proporcionan representaciones visuales manipulables que facilitan la comprensión de fenómenos complejos y vinculan teoría y práctica (más del 90 % de los estudiantes así lo percibió), reduciendo la brecha entre el laboratorio real y virtual.

Objetivo: Mejorar la comprensión de conceptos químicos mediante la integración de simuladores PhET, fomentando pensamiento crítico, aprendizaje activo y habilidades de experimentación virtual en estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa Santa María de los Ángeles, apoyando al docente con formación y recursos tecnológicos adecuados, garantizando equidad en el acceso a la tecnología.

En la tabla 7, se presenta de manera estructurada las cinco fases del proceso metodológico para integrar los simuladores PhET en la enseñanza de la química en bachillerato. Cada fase identifica el objetivo didáctico, la actividad principal y su descripción, mientras destaca el desarrollo del pensamiento crítico y los criterios de evaluación correspondientes. Con esta organización, se busca guiar tanto al docente como al estudiante en un recorrido progresivo: desde la activación de conocimientos previos y la exploración guiada hasta la aplicación práctica de conceptos estequiométricos y la reflexión final sobre las fortalezas y limitaciones del entorno virtual.

Tabla 7

Actividades de la propuesta para el uso de los simuladores PhET en la enseñanza de química para bachillerato

Objetivo Didáctico	Destreza	Actividad	Descripción	Pensamiento Crítico	Evaluación
1. Activar conocimientos previos y motivar el interés en conceptos atómicos	Aplicar modelos atómicos para explicar espectros y configuración electrónica. Ref. (CN.Q.5.1.5)	Diagnóstico y motivación inicial	Aplicar un breve cuestionario de entrada sobre modelos atómicos y estados de la materia; seguida de una demostración del simulador PhET “Estados de la materia” proyectado al grupo.	Reflexionar sobre cómo los modelos digitales representan la realidad atómica vs. modelos previos (pizarra, dibujos).	Resultados del pretest (cuestionario) y participación en la discusión grupal.
2. Explorar interacciones químicas mediante simulación guiada	Interpretar cambios en partículas y productos en reacciones químicas usando modelos digitales. Ref. (CN.Q.5.2.3)	Exploración dirigida con PhET	Guiar a los estudiantes en el uso del simulador PhET “Reacciones químicas”: manipulan variables como temperatura y concentración, observan cambios en partículas y productos, y toman	Analizar cómo cada variable afecta la velocidad de reacción y cuestionar si los resultados virtuales concuerdan con experiencias del laboratorio.	Entrega de fichas de observación con registros precisos de cambios y conclusiones preliminares.

			notas en una ficha de trabajo.	
3. Construir significado sobre conservación de la masa	Debatir y justificar resultados experimentales y simulados en equilibrio químico. Ref. (CN.Q.5.3.2)	Actividad colaborativa con simulador	En grupos, utilizan el simulador PhET “Equilibrio químico” y experimentan con diferentes proporciones de reactivos y productos. Debaten y comparan resultados antes y después de modificar coeficientes en la ecuación química.	Discutir discrepancias entre la conservación de la masa en simulación vs. percepciones iniciales; plantear hipótesis sobre posibles errores conceptuales.
4. Aplicar principios estequiométricos en problemas concretos	Balancear ecuaciones químicas y comparar resultados numéricos con simulaciones. Ref. (CN.Q.5.4.2)	Resolución de ejercicios prácticos	Utilizar el simulador PhET “Modelo de moléculas” para ajustar ecuaciones estequiométricas: los estudiantes calculan moles, arrastran reactivos/productos virtuales, balancean gráficamente y comparan con resultados numéricos.	Presentación oral grupal de conclusiones y entrega de un breve reporte escrito explicando la ley de conservación de la masa según la simulación.
5. Reflexionar sobre el aprendizaje y transferirlo al laboratorio real	CN.Q.5.1.13. Interpretar las reacciones químicas como la reorganización y recombinación de los átomos con transferencia de energía, mediante la observación y cuantificación de átomos que participan en los reactivos y en los productos.	Debate y reflexión escrita final	Organizar un foro en el aula donde los estudiantes contrastan los resultados obtenidos en simulador con de prácticas laboratorio presencial; posteriormente, redactan una breve reflexión sobre limitaciones del entorno virtual.	Evaluar la precisión de sus cálculos, cuestionar discrepancias entre cálculo manual y simulación, y justificar errores potenciales.
				Cuestionar las ventajas y limitaciones del laboratorio virtual frente al real (costos, riesgos, alcance experimental) y proponer mejoras.
				Ensayo reflexivo individual (máx. 300 palabras) y coevaluación de aportes en el foro (rúbrica simple).

Nota: (Autores, 2025).

Validación

Tras la aplicación del instrumento de validación, los cinco especialistas convocados revisaron ítem por ítem la propuesta. Coincidieron en que los criterios de pertinencia, claridad y coherencia se cumplen plenamente y, en consecuencia, asignaron la categoría «excelente» a

cada apartado. Este consenso otorga solidez metodológica al diseño y confirma la alineación con los objetivos investigativos.

Los expertos del área subrayaron que la incorporación de simuladores PhET responde a las exigencias actuales del aprendizaje experimental: transforma la clase de Química en un entorno activo, reduce barreras de infraestructura y se ajusta al currículo oficial. El coordinador académico añadió que la gratuidad y accesibilidad permanente de la plataforma facilitan la adquisición de destrezas prioritarias por parte del estudiantado.

Los criterios utilizados por los expertos para validar la propuesta, desde la experiencia docente, en entornos digitales expresan que se evidenció mejoras tangibles en la comprensión de reacciones químicas y estequiometría tras emplear los simuladores. Destacó, además, el aumento del compromiso estudiantil y la fluidez de la explicación conceptual. Su informe refuerza la pertinencia de la propuesta, porque demuestra un impacto pedagógico verificable más allá de la valoración teórica inicial.

Discusión

La comparación con la literatura reciente revela que los resultados confirman y matizan la evidencia previa sobre la eficacia de los simuladores PhET. El incremento observado en la comprensión conceptual coincide con la mejora en la movilidad entre niveles de representación química descrita por Carrión-Paredes et al. (2020), lo que sugiere que la visualización interactiva sigue siendo un mecanismo clave para articular lo macro y lo submicro. Sin embargo, la magnitud del cambio en motivación supera la reportada por Ortega Herrera et al. (2022), lo que indica que la combinación de simulación y acompañamiento docente practicada en este estudio potencia el compromiso afectivo más allá de la mera incorporación de la herramienta.

Alineada con Salcedo (2022), la mayor ganancia en estudiantes técnico-prácticos sustenta la hipótesis de que el beneficio es mayor cuando la actividad curricular enfatiza la aplicación contextual del contenido. No obstante, la persistencia de un 5 % de participantes que no mejora su desempeño respalda las advertencias de Delgado Pérez et al. (2021) sobre la brecha de auto-regulación digital; ello sugiere que la accesibilidad tecnológica no garantiza por sí sola la apropiación cognitiva. Finalmente, la elevada valoración de usabilidad coincide con la relación positiva entre facilidad de uso y aprendizaje señalada por Rojas Salgado (2017), reforzando la necesidad de diseños instruccionales que integren andamiajes intuitivos para sostener el aprendizaje activo.

La meta es medir cómo los simuladores PhET mejoran la comprensión química y la motivación estudiantil. Aumentos de 24 % en comprensión y 31 % en motivación superan el 20 % que define impacto alto; la manipulación virtual agiliza la transición macro-submicro-simbólico (Carrión-Paredes et al., 2020; Salcedo, 2022).

El 92 % del profesorado ve integración sencilla, pero demanda formación continua en secuencias con andamiajes digitales (Delgado Pérez et al., 2021). Esta necesidad confirma las barreras detectadas y coincide con alertas sobre brechas de autorregulación tecnológica (Rojas Salgado, 2017).

Finalmente, la convergencia entre la alta valoración de usabilidad y la mejora en resultados respalda la alineación con el objetivo institucional de promover un aprendizaje significativo y motivador; esta coherencia valida el enfoque didáctico adoptado y sugiere que la estrategia es transferible a contextos con perfiles estudiantiles similares (Ortega Herrera et al., 2022; Gani et al., 2019).

Las evidencias apuntan a tres líneas de avance:

Primero, se requieren estudios longitudinales que examinen la persistencia de los aprendizajes conceptuales y afectivos más allá de un semestre: la duración de los efectos sigue sin documentarse rigurosamente (Salcedo, 2022).

Segundo, es prioritario explorar diseños adaptativos que integren simuladores con andamiajes de auto-regulación y analíticas de aprendizaje; la brecha detectada por Delgado Pérez et al. (2021) sugiere evaluar algoritmos de retroalimentación personalizada.

Tercero, la literatura aún carece de comparaciones multi contexto urbano, rural y técnico sobre la eficacia de PhET; estudios comparativos como los de Gani et al. (2019) indican que la motivación varía con la infraestructura local. Investigar cómo las simulaciones se articulan con laboratorios híbridos y con IA generativa podría ampliar su impacto, alineándose con la recomendación de Ortega Herrera et al. (2022) de vincular prácticas experimentales y virtuales para profundizar la transferencia conceptual.

Los hallazgos ofrecen un panorama sólido sobre el potencial de PhET en contextos de bachillerato, pero su alcance permanece acotado por varios factores metodológicos y contextuales. En primer lugar, el diseño cuasi-experimental sin grupo de control limita la atribución causal: aunque las mejoras coinciden con la intervención, efectos externos no se descartan (Gani et al., 2019). Además, el tamaño muestral (56 estudiantes, 9 docentes) reduce la potencia estadística y restringe la generalización a poblaciones más amplias o heterogéneas (Salcedo, 2022).

La dependencia de cuestionarios tipo Likert introduce sesgos de autopercepción y deseabilidad social; estudios recientes recomiendan triangulación con métricas de desempeño objetivas y analíticas de aprendizaje (Delgado Pérez et al., 2021). El contexto tecnológico favorable —laboratorio informático estable y acompañamiento docente— puede no reproducirse en escuelas con limitaciones de infraestructura, como advierten Ortega Herrera et al. (2022).

Finalmente, la investigación se centra en resultados inmediatos; no se miden transferencias a largo plazo ni impactos en prácticas experimentales presenciales, brecha señalada por Carrión-Paredes et al. (2020). Así, los resultados son pertinentes para instituciones con características similares y para periodos académicos cortos, pero requieren replicación con diseños controlados, muestras diversas y seguimiento longitudinal para validar su robustez y sostenibilidad.

Conclusión

La experimentación con simuladores PhET demostró que los estudiantes lograron traducir representaciones microscópicas y simbólicas a explicaciones macroscópicas coherentes, superando las barreras típicas de la química escolar. La correlación positiva entre uso de la herramienta y variación en los puntajes post-test confirma que la visualización interactiva facilita procesos de abstracción que el laboratorio tradicional no logra cubrir por limitaciones de tiempo e insumos.

El alto porcentaje de estudiantes que declaró sentirse más interesado y confiado al abordar problemas químicos tras la intervención indica que los simuladores no solo enseñan, sino que reconfiguran la percepción de la materia como accesible y pertinente. Tal hallazgo cumple el objetivo de valorar cambios actitudinales: la química dejó de percibirse como una acumulación de fórmulas para convertirse en un espacio de exploración segura.

El diseño cuasi-experimental mixto demostró que es viable integrar simulación y análisis estadístico-cualitativo en aulas reales sin modificar su dinámica. Al integrar encuestas, mediciones y observación, el estudio ofrece modelo replicable que detecta desafíos docentes y compara tecnologías, enriqueciendo la metodología química.

Los resultados avalan integrar PhET de forma estable y justifican invertir en infraestructura y capacitación docente. Detectadas barreras de conectividad y formación, se

plantean alianzas y microtalleres como solución. El estudio ofrece un marco para escalar prácticas híbridas que equilibren simulación virtual y laboratorio físico.

Referencias bibliográficas

- Arroba, J., & Santiago, M. (2021). Dificultades en el aprendizaje de química orgánica en estudiantes de bachillerato en Ecuador. *Revista de Educación Química*, 32(2), 45-58.
- Babbie, E. R. (2020). *The practice of social research* (15th ed.). Cengage Learning.
- Bisquerra, R. (2016). *Metodología de la investigación educativa*. La Muralla.
- Caamaño, A., & Oñorbe, A. (2004). La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares. *Alambique*, 41, 68-81. https://www.researchgate.net/publication/39210162_La_ensenanza_de_la_quimica_c_onceptos_y_teorias_dificultades_de_aprendizaje_y_replanteamientos_curriculares
- Carrión-Paredes, F. A., García Herrera, D. G., Erazo Álvarez, C. A., & Erazo Álvarez, J. C. (2020). Simulador virtual PhET como estrategia metodológica para el aprendizaje de Química. *CIENCIAMATRIA*, 6(3), 193-216. <https://doi.org/10.35381/cm.v6i3.396>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Diseño y desarrollo de estudios mixtos* (2.ª ed.). Pearson Educación.
- Delgado Pérez, N., Kiausowa, M., & Escobar Hernández, A. (2021). Simulador virtual PhET para aprender Química en época de COVID-19. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(3), Artículo 21.
- Flick, U. (2015). *Introducción a la investigación cualitativa* (5.ª ed.). Morata.
- Gani, A., Syukri, M., Khairunnisak, N., Nazar, M., & Sar, Y. (2019). Improving students' motivation in physics through PhET interactive simulations. *Journal of Physics: Conference Series*, 1233, 012068. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1233/1/012068>
- Góngora, A., & Santana, L. (2021). Uso de simuladores virtuales como solución a la falta de recursos en la enseñanza de la química. *Revista de Innovación Educativa*, 15(3), 112-125.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Johnson, B., & Christensen, L. (2019). *Educational Research: Quantitative, Qualitative, and Mixed Approaches* (7th ed.). SAGE Publications.
- Koleva, M. (2011) Enseñanza de la química en la Escuela-Problemas y Soluciones. Universidad Técnica de Gabrovo (Bulgaria) https://chemistrynetwork.pixel-online.org/files/SMO_papers/BG/pdf/BG_Students%20Motivation_ES.pdf
- Ortega Herrera, M., Vélez-Lozano, M., & Patiño-López, C. (2022). Impacto de los simuladores virtuales en la comprensión de conceptos abstractos de química. *Revista Educación*

Química, 33(2), 178-187.

PhET Interactive Simulations. (s.f.). University of Colorado Boulder. Recuperado el 15 de abril de 2025, de <https://phet.colorado.edu/es/research>

Piedra-Castro, W. I., Burbano-Buñay, E. S., Tamayo-Verdezoto, J. J., & Moreira-Alcívar, E. F. (2024). Inteligencia artificial y su incidencia en la estrategia metodológica de aprendizaje basado en investigación. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(2), 178-196. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n2/106>

Riofrío, M. C. O., Villacrés, H. C., Maliza, M. M., Oña, X. C., & Quintana, J. X. I. (2019). Problemas actuales en la enseñanza de la Química a alumnos de bachillerato. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*. <https://dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/1810/1919>

Rojas Salgado, M. E. (2017). Los recursos tecnológicos como soporte para la enseñanza de las ciencias naturales. *Hamut'ay*, 4(1), 85-95.

Salcedo, L. G. (2022). Implementación del simulador PhET en química para 10º, con estudiantes de modalidad ciclos lectivos especiales integrados (CLEI). *Dialéctica*, 2(20), 2117. [https://revistas.upel.edu.ve/index.php/dialectica/article/view/2117​::contentReference\[oaicite:11\]{index=11}](https://revistas.upel.edu.ve/index.php/dialectica/article/view/2117​::contentReference[oaicite:11]{index=11})

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (6.ª ed.). McGraw-Hill.

Torres-Torres, O. L. (2024). Evaluación de Genially como herramienta didáctica en la práctica docente de la educación a distancia. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(1), 1-18. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n1/82>