

<https://doi.org/10.69639/arandu.v13i2.2196>

Uso de los simuladores PhET en el aprendizaje de química inorgánica en estudiantes de segundo semestre de la Universidad Central

Use of PhET Simulators in the Learning of Inorganic Chemistry among Second-Semester Students at the Central University

Ricardo Xavier Caiza Ortiz

rcaizao@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6961-4981>

Universidad Regional Amazónica Ikiam

Biomolecules Discovery Group

Universidad Regional Amazónica

Facultad de Posgrado; Escuela de Educación; Programa de Maestría en Educación; Universidad Estatal de Milagro – UNEMI
Ecuador - Tungurahua

Yajaira Patricia Carcelén Ayala

ycarcelena@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-6373-5050>

Universidad Técnica de Ambato

Facultad de Posgrado; Escuela de Educación; Programa de Maestría en Educación; Universidad Estatal de Milagro – UNEMI
Ecuador - Tungurahua

Diego Andrés Dias Córdova

dcordovad3@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-3775-3427>

Universidad Central del Ecuador, 170129 Quito, Ecuador

Facultad de Posgrado; Escuela de Educación; Programa de Maestría en Educación; Universidad Estatal de Milagro – UNEMI
Ecuador - Pichincha

Esther Carlin Chavez

elcarlinc@ube.edu.ec

ecarlinc@unemi.edu.ec

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

Universidad Bolivariana del Ecuador, Ecuador

Facultad de Posgrado; Escuela de Educación; Programa de Maestría en Educación; Universidad Estatal de Milagro – UNEMI
Milagro, Ecuador

Artículo recibido: 18 marzo 2026- Aceptado para publicación: 20 abril 2026
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

El presente estudio analiza el uso de simuladores interactivos PhET en el aprendizaje de la química inorgánica en estudiantes universitarios, centrandose su atención en la experiencia y percepción del proceso educativo desde un enfoque cualitativo. La investigación se desarrolla ante las dificultades derivadas de la alta abstracción de los contenidos químicos, la escasa

experimentación práctica y el uso predominante de metodologías tradicionales. A partir de la aplicación de preguntas abiertas al grupo experimental, se realizó un análisis cualitativo mediante categorización temática, identificando tres categorías emergentes: comprensión conceptual, visualización de procesos químicos y motivación hacia el aprendizaje. En la primera, los estudiantes manifestaron que las simulaciones facilitan la comprensión de conceptos abstractos al integrar representaciones visuales interactivas que conectan niveles macroscópicos, submicroscópicos y simbólicos. En la segunda, destacaron que PhET permite observar procesos químicos no accesibles en laboratorios tradicionales, favoreciendo la interpretación de estructuras moleculares, enlaces y reacciones. En la tercera, los participantes reportaron un incremento en el interés, la participación activa y la curiosidad, percibiendo las clases como más dinámicas, comprensibles y significativas. Asimismo, las valoraciones del cuestionario evidenciaron niveles altos de satisfacción, utilidad y recomendación del uso del simulador, reforzando los hallazgos cualitativos. En conjunto, los resultados indican que PhET no solo mejora la experiencia de aprendizaje, sino que fortalece procesos cognitivos y actitudinales clave en la enseñanza de la química. Se concluye que los simuladores PhET constituyen una estrategia didáctica eficaz para promover la comprensión profunda, la visualización de fenómenos complejos y la motivación estudiantil, favoreciendo aprendizajes más significativos en contextos universitarios.


Palabras clave: simuladores PhET, percepción estudiantil, comprensión conceptual, abstracción, aprendizaje significativo

ABSTRACT

This study examines the use of PhET interactive simulations in the learning of inorganic chemistry among university students, focusing on their experiences and perceptions of the teaching-learning process from a qualitative perspective. The research is motivated by persistent challenges in chemistry education, including the abstract nature of many concepts, limited opportunities for hands-on experimentation, and the predominance of traditional teaching approaches. Data were collected through open-ended questions administered to the experimental group and analyzed using thematic coding. This process led to the identification of three main themes: conceptual understanding, visualization of chemical processes, and learning motivation. Regarding conceptual understanding, students reported that simulations facilitate the comprehension of abstract concepts by integrating interactive visual representations that connect macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels. In terms of visualization, participants emphasized that PhET enables the observation of chemical processes that are not accessible in traditional laboratory settings, supporting a deeper understanding of molecular structures, bonding, and reactions. With respect to motivation, students described increased interest, active

engagement, and curiosity, perceiving the learning experience as more dynamic, clear, and meaningful. Additionally, questionnaire responses indicated high levels of satisfaction, perceived usefulness, and willingness to recommend the use of the simulations, reinforcing the qualitative findings. Overall, the results suggest that PhET not only enhances the learning experience but also strengthens key cognitive and attitudinal dimensions in chemistry education. In conclusion, PhET simulations represent an effective instructional strategy for fostering deeper conceptual understanding, improving the visualization of complex phenomena, and promoting student motivation, thereby contributing to more meaningful learning experiences in higher education contexts.

Keywords: PhET simulators, student perception, conceptual understanding, abstraction, meaningful learning

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

Las simulaciones se han consolidado como recursos didácticos innovadores en el proceso de enseñanza, permitiendo a los estudiantes explorar fenómenos abstractos mediante representaciones visuales interactivas. En este contexto el simulador interactivo Physics Education Technology (PhET), desarrollado por la Universidad de Colorado Boulder, se ha posicionado como una herramienta educativa ampliamente utilizada debido a su enfoque investigativo y alineación con modelos de aprendizaje activo. Estas simulaciones facilitan la generación de conocimiento al proveer de experimentación visual desde niveles simbólicos, submicroscópicos y macroscópicos del área de Química (Perkins et al., 2019.; PhET Interactive Simulations, 2023)

Estudios recientemente publicados evidencian que el uso de simuladores PhET contribuye de forma significativa a la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje y el desarrollo de habilidades cognitivas en estudiantes universitarios. En el área de química, su implementación ha resultado beneficiosa al abordar conceptos complejos como enlaces químicos y reacciones químicas. De igual manera se ha reportado un incremento en la motivación, la participación y la autonomía de los estudiantes cuando las simulaciones se integran de manera planificada dentro del aula de clases (Rahmawati et al., 2022; Smetana & Bell, 2012).

En la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología, específicamente en el segundo semestre, la asignatura de Química Inorgánica constituye un eje fundamental para la formación académica de los estudiantes, ya que proporciona bases conceptuales esenciales para asignaturas posteriores. En la Universidad Central, este nivel formativo demanda que los estudiantes comprendan estructuras atómicas, enlaces químicos y propiedades de los compuestos inorgánicos, contenidos que requieren altos niveles de abstracción y razonamiento científico. No obstante, estas exigencias académicas suelen coincidir con procesos de adaptación al entorno universitario, lo que incrementa la complejidad del aprendizaje en esta etapa.

El problema se manifiesta en las dificultades de aprendizaje del contenido de la cátedra de química inorgánica, las cuales se originan en diversas causas interrelacionadas. Entre las causas primarias encontramos el alto nivel de abstracción de los conceptos químicos, que exige al estudiante comprender fenómenos que no son observables directamente y que requieren la integración de representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas. Como causas secundarias se puede identificar la falta de acceso a prácticas de laboratorio, lo que restringe la experimentación y la aplicación de los contenidos aprendidos en el aula. Finalmente, entre las causas terciarias se destacan los procesos de enseñanza centrados predominantemente en la transmisión de información, con escasas estrategias didácticas activas que favorezcan la participación y el aprendizaje significativo. Estas condiciones dificultan la visualización de

procesos microscópicos y la relación de la teoría con la práctica, causando que los estudiantes no interpretan de forma correcta el proceso fundamental y funcional de las clases (Makransky et al., 2020; Taber, 2019).

Como consecuencia de las dificultades presentadas, a corto plazo los estudiantes presentan bajo rendimiento académico, escasa motivación hacia la asignatura, limitada participación en el aula y dificultades para comprender y aplicar los conceptos teóricos en situaciones prácticas o experimentales. Estas manifestaciones afectan directamente la calidad del aprendizaje y el desarrollo de habilidades cognitivas básicas necesarias para el estudio de la química (Smetana & Bell, 2012; Taber, 2019). A mediano plazo, dichas limitaciones se traducen en vacíos conceptuales persistentes, bajo nivel de razonamiento científico y dificultades para afrontar asignaturas posteriores que requieren sólidos fundamentos en química inorgánica, lo que incrementa la probabilidad de segundas matrículas y bajo desempeño académico general (Makransky et al., 2020; Rahmawati et al., 2022). A largo plazo, estos efectos pueden derivar en deserción estudiantil, escasa apropiación del conocimiento disciplinar y una formación profesional deficiente, afectando el perfil de egreso del estudiante universitario. Frente a este escenario, se hace necesario explorar e implementar estrategias didácticas innovadoras, como el uso de los simuladores PhET, que permitan fortalecer el aprendizaje de la química inorgánica y favorecer procesos de enseñanza-aprendizaje más significativos en la educación superior (El Tegani & Wegner, 2025; Perkins et al., 2019).

Las dificultades persistentes en el aprendizaje de la química inorgánica en los primeros semestres universitarios, asociados a la alta abstracción del contenido, las limitadas de prácticas experimentales y el uso predominante de métodos de enseñanza tradicional, evidencian que es imperativo implementar estrategias innovadoras en el aula de clase. En este sentido, el uso de simulaciones PhET se presenta como una alternativa pedagógica pertinente para coadyuvar en el aprendizaje en proceso de aprendizaje de los estudiantes. Además, este estudio adquiere relevancia al generar evidencia empírica en el contexto ecuatoriano, donde las investigaciones enfocadas en impacto de herramientas digitales en la enseñanza de la química inorgánica a nivel universitario aún son escasas, aportando así a la mejora de prácticas docentes y a la toma de decisiones académicas fundamentadas.

A nivel global, diversas investigaciones han analizado el impacto del uso de simulaciones PhET en la enseñanza de la química y otras ciencias experimentales, evidenciando resultados favorables en el aprendizaje. Estudios realizados en Europa, Norteamérica y Asia reportan que la integración de estas simulaciones favorece la comprensión del contenido de la materia al promover el aprendizaje activo, especialmente cuando se combinan con estrategias pedagógicas guiadas. Asimismo, se ha demostrado que el uso de PhET contribuye a reducir concepciones alternativas persistentes en química inorgánica y a fortalecer el razonamiento científico de los estudiantes (Makransky et al., 2020; Smetana & Bell, 2012).

En el contexto latinoamericano, el uso de herramientas digitales innovadoras han permitido ir mermando la brecha digital y educativa que ha existido por años dentro de la educación superior, una de las herramientas es el simulador PhET, las investigaciones sobre el uso de este simulador PhET, han cobrado relevancia en los últimos años debido a que se ha presentado múltiples limitaciones dentro del proceso de enseñanza aprendizaje y de la misma manera dentro de la infraestructura relacionada a los elementos que conforman los laboratorios y también dentro de la formación y capacitación docente. Dado su rol central en la formación de las generaciones futuras, la actualización docente se ha consolidado como una prioridad en las políticas educativas de América Latina y el Caribe, posicionándose como una estrategia clave para mejorar resultados de aprendizaje (UNESCO, 2019).

En el contexto local, los estudios sobre el uso de simuladores PhET en la enseñanza de química inorgánica aún son limitados, aunque los trabajos existentes reportan resultados alentadores en cuanto a la mejora de la comprensión conceptual y el desempeño académico. Sin embargo, se identifica una brecha investigativa en relación con su aplicación específica en la enseñanza de química inorgánica en los primeros semestres universitarios, particularmente en instituciones de educación superior como la Universidad Central (Agualsaca Guallán, 2025; Mera Menéndez & López González, 2023).

Es así que, la presente investigación tiene por objetivo analizar el efecto del uso de las simulaciones PhET en el aprendizaje de química inorgánica en estudiantes de segundo semestre de la Universidad Central. En coherencia con este objetivo, se plantea la siguiente pregunta problemática: ¿Qué efecto tiene el uso de las simulaciones PhET en el aprendizaje de química inorgánica en estudiantes de segundo semestre de la Universidad Central?

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto (cuantitativo–cualitativo) mediante un diseño cuasi experimental con pretest–postest y grupo control no equivalente, con el propósito de analizar el efecto del uso de simuladores PhET en el aprendizaje de la química inorgánica y en la percepción del proceso de enseñanza–aprendizaje.

La muestra se conformó por 70 estudiantes universitarios matriculados en segundo semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Química y Biología de la Universidad Central, que cursan la asignatura de Química Inorgánica. Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que los participantes pertenecían a grupos académicos previamente establecidos. Los estudiantes fueron distribuidos en un grupo experimental (n=35), que trabajó con simuladores PhET, y un grupo control (n=35), que recibió enseñanza mediante metodología tradicional.

Para la recolección de datos se emplearon dos instrumentos. El primero fue una encuesta tipo Likert de 13 ítems, diseñada para evaluar: percepción de aprendizaje, comprensión

conceptual, motivación y utilidad de la metodología aplicada. El cuestionario utilizó una escala de cinco niveles (1 = totalmente en desacuerdo a 5 = totalmente de acuerdo). De igual forma se diseñó versiones equivalentes para ambos grupos, diferenciándose únicamente en la referencia a la estrategia didáctica utilizada, con el fin de garantizar la semejanza conceptual de las variables. La confiabilidad del instrumento fue evaluada mediante el coeficiente alfa de Cronbach.

El instrumento fue diseñado siguiendo los lineamientos metodológicos propuestos por Perkins et al. (2019), priorizando la evaluación tanto del aprendizaje conceptual como de la experiencia estudiantil durante la interacción con simulaciones PhET. Asimismo, se incorporaron preguntas abiertas con el propósito de recoger información cualitativa sobre las percepciones, beneficios y dificultades asociadas al uso de estas herramientas digitales en el aprendizaje de la química inorgánica. Previo a su aplicación, el cuestionario fue sometido a un proceso de validación de contenido mediante el juicio de cuatro expertos en educación superior y didáctica de las ciencias, quienes evaluaron los ítems considerando criterios de claridad, pertinencia académica, coherencia metodológica y correspondencia con las variables del estudio.

Los resultados de este proceso evidenciaron una valoración favorable del instrumento en términos de claridad conceptual, alineación con los objetivos de la investigación y consistencia interna. Las observaciones realizadas fueron de carácter menor y estuvieron orientadas principalmente a ajustes de redacción y precisión terminológica, las cuales fueron incorporadas en la versión final del cuestionario. En consecuencia, se determinó que el instrumento cumple con los criterios de validez de contenido necesarios para su aplicación en el contexto de educación superior.

El segundo instrumento consistió en una prueba de conocimientos de 8 preguntas de selección múltiple con única respuesta correcta, diseñada para evaluar la comprensión de conceptos relacionados a enlaces químicos y propiedades moleculares. Este mismo instrumento fue aplicado como pretest y postest en ambos grupos con el fin de medir la ganancia de aprendizaje. La consistencia interna de la prueba fue determinada mediante el coeficiente Kuder–Richardson KR-20.

El procedimiento se desarrolló en tres fases. En la primera fase se aplicaron los instrumentos diagnósticos (encuesta y prueba de conocimientos) a ambos grupos con el propósito de establecer el nivel inicial de conocimientos y percepciones. Posterior, en la segunda fase se implementó la intervención didáctica. El grupo experimental trabajó con simuladores interactivos PhET mediante actividades guiadas orientadas a la visualización de estructuras moleculares, comprensión de enlaces químicos y análisis conceptual, por otro lado, el grupo control recibió instrucción mediante clases expositivas, resolución de ejercicios y explicación teórica de los mismos contenidos. Ambos grupos trabajaron los mismos temas y durante el mismo tiempo de instrucción para controlar variables externas. En la tercera fase se aplicaron nuevamente los instrumentos como postest. Adicionalmente, el grupo experimental respondió una pregunta

abierta orientada a explorar su experiencia de aprendizaje con el uso de simuladores, fortaleciendo el componente cualitativo del estudio.

El análisis cuantitativo incluyó estadística descriptiva mediante el cálculo de medias y desviación estándar. Para el análisis inferencial se utilizó la prueba t de Student para muestras relacionadas con el fin de comparar los resultados pretest y posttest dentro de cada grupo, así como la prueba t para muestras independientes para comparar el rendimiento entre el grupo experimental y el grupo control. Asimismo, se calculó el tamaño del efecto mediante el estadístico Cohen's d con el propósito de determinar la magnitud del impacto de la intervención. La ganancia de aprendizaje fue determinada mediante la diferencia entre los resultados del posttest y el pretest.

El procesamiento estadístico de los datos se realizó utilizando el software R versión 4.3.2, mediante el entorno de desarrollo RStudio versión 2023.12.1.

El análisis cualitativo se realizó mediante la categorización temática de las respuestas abiertas, identificando patrones relacionados con la comprensión conceptual, la motivación y la utilidad percibida de la herramienta tecnológica. Este proceso permitió la triangulación de los resultados cuantitativos y cualitativos.

La investigación respetó los principios éticos de la investigación educativa. La participación fue voluntaria y se garantizó el anonimato de los estudiantes, cuyos datos fueron utilizados exclusivamente con fines académicos y científicos.

Finalmente, se reconoce como limitaciones del estudio el uso de muestreo por conveniencia y la ausencia de asignación aleatoria, lo que puede limitar la generalización de los resultados. No obstante, el uso de un diseño cuasi experimental y el análisis mixto de datos contribuyen a fortalecer la validez interna del estudio.

RESULTADOS

Rendimiento Académico

Con el fin de evaluar el impacto de la intervención didáctica, se analizaron los resultados de las pruebas aplicadas a ambos grupos de estudio (véase **Tabla 1**).

Tabla 1

Estadísticos descriptivos de la prueba de conocimientos

Grupo	n	Pretest (media)	Posttest (Media)	Ganancia
Experimental	35	5.03	5.77	0.74
Control	35	4.60	4.77	0.17

Fuente: Elaboración propia (2026)

Los resultados descriptivos muestran que el grupo experimental presentó una mejora en cuanto al promedio de calificaciones entre el pretest (M=5.03) y el posttest (M=5.77), resultando en una ganancia media de 0.74 puntos. Por otro lado, el grupo control presentó un incremento menor en relación al promedio de calificaciones entre el pretest (M=4.6) y el posttest (M=4.77),

con una ganancia media de 0.17 puntos. Lo que sugiere una mejora en cuanto a rendimiento en el grupo experimental.

Análisis inferencial del aprendizaje

Se aplicó la prueba t Student para muestras relacionadas para determinar diferencias entre el pretest y posttest.

En el grupo experimental no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($t(34)=1.24$, $p > 0.05$), esto pese a que se observó una mejora en los resultados académicos. El tamaño del efecto calculado mediante Cohen's fue de 0.21, indicando un efecto pequeño.

Por otro lado, en el grupo control la diferencia observada entre evaluaciones pretest y posttest fue mínima, lo que denota un cambio reducido en el rendimiento tras la intervención tradicional.

Tabla 2

Resultados del análisis inferencial

Grupo	t	gl	p	Cohens d	Interpretación
Experimental	35	34	>0.05	0.21	Efecto pequeño
Control	35	-	-	-	Cambio mínimo

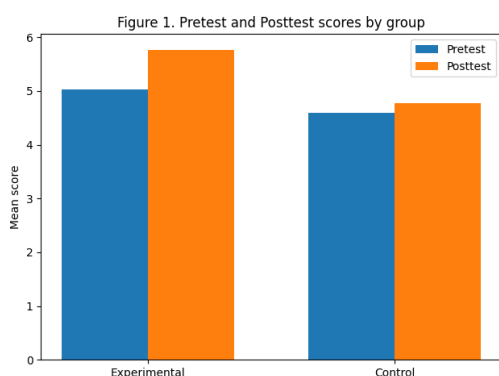
Fuente: Elaboración propia (2026)

Ganancia de aprendizaje

La comparativa de ganancia de aprendizaje entre ambos grupos revela que el grupo experimental obtuvo una mejora aproximadamente cuatro veces mayor que el grupo de control. Lo que sugiere que el uso de los simuladores PhET podría contribuir positivamente al aprendizaje conceptual (véase **Figura 1-2**).

Figura 1

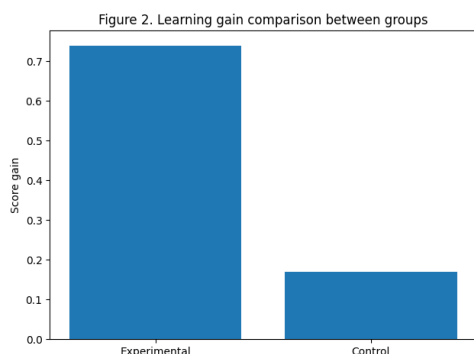
Puntuaciones pretest y posttest por grupo



Fuente: Elaboración propia (2026)

Figura 2

Comparación de la ganancia de aprendizaje entre grupos



Fuente: Elaboración propia (2026)

Fiabilidad del instrumento

Para evaluar la consistencia interna del cuestionario tipo Likert aplicado, se calculó el coeficiente alfa de Cronbach.

Los resultados muestran valores de:

- Pretest $\alpha = 0.895$
- Postest $\alpha = 0.966$

Valores que indican una alta fiabilidad del instrumento, respaldando así la consistencia de la medición de la percepción estudiantil.

Resultados de percepción del aprendizaje del instrumento

El análisis descriptivo de los ítems del postest muestra que los estudiantes del grupo experimental, presentaron percepciones favorables respecto al uso de simuladores PhET, con medias superiores a 4 en todos los ítems evaluados.

Tabla 3

Resultados de percepción del grupo experimental (postest)

Ítem	Media	Interpretación
Comprensión conceptual	4.29	Alta
Motivación	4.34	Alta
Facilitación del aprendizaje	4.37	Alta
Relación teoría práctica	4.37	Alta
Dinamismo de clase	4.26	Alta
Seguridad conceptual	4.26	Alta
Apoyo tecnológico	4.43	Muy alta
Visualización molecular	4.34	Alta
Comprensión enlaces	4.31	Alta
Conceptos abstractos	4.34	Alta
Mejora enseñanza	4.46	Muy alta
Recomendación	4.40	Muy alta
Satisfacción	4.49	Muy alta

Fuente: Elaboración propia (2026)

Comparación de percepción pretest y postest

Los resultados del pretest y postest muestran un incremento general en la percepción positiva del aprendizaje en el grupo experimental, evidenciando que, además del posible impacto cognitivo, el uso de simuladores también genera mejoras en variables actitudinales como motivación y satisfacción.

Tabla 3

Comparación percepción pretest vs postest

Dimensión	Pretest	Postest	Diferencia
Comprensión	3.95	4.29	+0.34
Motivación	4.02	4.34	+0.32
Aprendizaje	4.05	4.37	+0.32
Visualización	3.98	4.34	+0.36
Satisfacción	4.01	4.49	+0.48

Fuente: Elaboración propia (2026)

Resultados cualitativos

El análisis cualitativo de la pregunta abierta permitió identificar tres categorías emergentes:

- **Comprensión conceptual.-** Los encuestados indicaron que las simulaciones permitieron entender conceptos complejos mediante las representaciones visuales interactivas.
- **Visualización de procesos químicos.-** Los participantes destacaron que las simulaciones facilitaron la comprensión de procesos microscópicos no observables en laboratorios tradicionales.
- **Motivación hacia el aprendizaje.-** Los participantes indicaron que el uso del simulador permitió comprender de mejor manera los conceptos abstractos, de la misma manera se incrementó el interés, permitió la participación activa y la curiosidad de los estudiantes por aprender.

DISCUSIÓN

Tabla 1 muestra los resultados de la prueba pretest y postest para los grupos control y experimental. La puntuación media del grupo experimental en el pretest es de ($M=5.03$) y en el postest de ($M=5.77$), con una ganancia de 0.74. Por otro lado el grupo experimental obtuvo una media en el pretest de ($M=4.6$) y en el postest de ($M=5.77$), resultando una ganancia de 0.17, siendo un valor muy bajo. Los resultados muestran que la intervención aplicada tuvo un efecto positivo sobre el aprendizaje de los estudiantes, se evidencia una mejora en el nivel de conocimientos de los dos grupos; sin embargo, el grupo experimental presentó una ganancia significativamente mayor en comparación con el grupo control.

De igual manera, investigaciones experimentales han evidenciado mejoras cuantificables en contextos específicos. Dantic M. y Fluraon A. (2022) en su artículo reportan incrementos en

el rendimiento académico de aproximadamente 18% a 25% en estudiantes que utilizaron simuladores PhET en temas de electricidad y magnetismo.

De manera similar, los resultados de la investigación, Carrión-Paredes et al. (2020), menciona que los simuladores PhET, contribuyen y fortalecen aquellos conceptos que resultan interesantes si son analizados a través de nuevas estrategias. Al igual que (Mera y López, 2023), reporta que los simuladores PhET es un recurso que fortalece el rendimiento académico de forma dinámica e interactiva, desarrollando destrezas y habilidades, alineadas con los objetivos curriculares.

Tabla 2 muestra el análisis de los resultados del estudio pretest-postest al grupo de análisis, muestra una mejora mínima en el aprendizaje tras la intervención con simulaciones PhET, en el rendimiento académico del grupo experimental, aunque con un efecto pequeño. El grupo experimental, compuesto por 35 estudiantes, mostró un valor $t = 34$, con $p > 0.05$, y un Cohens $d = 0.21$, lo que indica que el cambio observado tras la intervención no fue revelador, sin embargo, se muestra una tendencia positiva. Por el contrario, el grupo control muestra mínimos cambios sin análisis inferencial aplicable, manifestando que la metodología tradicional no generó mejoras sustanciales en el mismo período.

Varios estudios han demostrado que el uso a largo plazo de simuladores como PhET muestra importantes efectos positivos en el aprendizaje de las ciencias. En este sentido, en los estudios en los que se han desarrollado intervenciones didácticas durante un largo período de tiempo, muestran mejoras sostenidas en la comprensión conceptual, la resolución de problemas y la motivación de los estudiantes.

En la investigación de Carrión-Paredes et al. (2020) se muestra que la implementación del simulador PhET como estrategia metodológica en el aprendizaje de la química, utilizando varias lecciones, contribuyó al desarrollo de habilidades cognitivas y una mejor asimilación de contenidos abstractos. De manera similar, Dantic M. y Fluraon A. (2022), demostró que el uso continuo de simulaciones PhET en la enseñanza de la electricidad y el magnetismo permitió que los estudiantes fortalezcan la comprensión conceptual y les permitió mejorar el rendimiento académico.

La investigación realizada por Díaz Pinzón. (2017), concluye que el aprendizaje de los estudiantes del Grupo 1 no mejoró significativamente al utilizar el simulador PHET. Y en relación al Grupo 2 el rendimiento académico de los estudiantes mejoró significativamente, al utilizar el simulador PHET

En este contexto, Martínez-Cárdenas et al. (2026) concuerda que se evidencia un impacto positivo del simulador sobre el aprendizaje. Los hallazgos de su estudio revelaron una relación significativa entre el uso de experimentos y simuladores para el logro de aprendizajes significativos.

Figura 1 muestra la comparativa de ganancia de aprendizaje entre ambos grupos, lo cual revela que el grupo experimental obtuvo una mejora de cuatro veces mayor que el grupo de control. Lo que sugiere que el uso de los simuladores PhET podría contribuir positivamente al aprendizaje conceptual. A pesar de que el efecto es pequeño, la tendencia positiva sugiere que la intervención con simuladores PhET ayuda a la comprensión conceptual y el aprendizaje activo.

En concordancia con la investigación de Herrera-Castrillo et al., (2026) concluye que los simuladores PhET se distinguen por su accesibilidad y la posibilidad de repetir prácticas sin limitaciones de tiempo o materiales propias de la experimentación.

Se comprueba que los simuladores son una herramienta complementaria que ayuda a reforzar los conceptos abordados en la práctica de aula (Gallego, 2022). De igual manera, se concluye que la combinación de texto, ilustraciones y manipulación directa de información incrementa la ganancia cognitiva al mejorar la retención y transferencia de conocimiento.

Tabla 3, muestra los resultados de percepción del aprendizaje del grupo experimental, los cuales, presentaron percepciones favorables respecto al uso de simuladores PhET, con medias superiores a 4 en todos los ítems evaluados, lo que indica una inclinación positiva con una interpretación de niveles alta y muy alta en cada una de las dimensiones aplicadas.

Estos resultados presentan coincidencias con estudios donde se aplicaron similares dimensiones, el estudio de Mera et al., (2023) asegura que el uso del simulador PhET presenta de manera significativamente un mejor rendimiento académico en los estudiantes, porque facilita enormemente la comprensión de cada uno de los conceptos abstractos que se consideran complejos en su representación visual e interactiva.

Por otro lado, Yanchapaxi et al., (2024), ha confirmado que la integración del simulador PhET y las técnicas de analítica del aprendizaje mejoran notablemente el rendimiento académico de los estudiantes a través del análisis de los datos que se han recopilados, además, se identificaron patrones y tendencias que indican una comprensión más profunda, con mayor motivación y participación de los estudiantes en el proceso educativo.

Tabla 4, muestra la comparación de la percepción de las encuestas pretest vs posttest, los resultados obtenidos presentan un incremento general en la percepción positiva del aprendizaje en el grupo experimental, evidenciando que, además del posible impacto cognitivo, el uso de simuladores también genera mejoras en el aprendizaje relacionado a la comprensión, motivación, aprendizaje, visualización, satisfacción, las mismas que reflejan un nivel alto de valoración y aceptación del uso del simulador PhET dentro del proceso de aprendizaje

En este sentido, García et al., (2023), concluyen que el uso de simuladores PhET mejora de manera significativa la comprensión de contenidos, fomentando una actitud favorable hacia el aprendizaje. Datos que coinciden con los resultados obtenidos, dentro del presente estudio

De la misma manera, Muñoz et al., (2025) concluye que la implementación del simulador PhET, permite generar mejoras sustanciales en el aprendizaje y en el rendimiento académico,

datos que se relacionan directamente con los resultados obtenidos en las dimensiones aprendizaje y satisfacción del presente estudio, reflejando una valoración positiva alta en comparación entre el pretest y el postest.

Con respecto a los resultados cualitativos de la pregunta abierta, se pudo identificar tres categorías emergentes: comprensión conceptual, visualización de procesos químicos y motivación hacia el aprendizaje, donde los encuestados presentaron mayor interés.

Los resultados obtenidos concuerdan con la categoría de comprensión conceptual de Marcillo et al. (2025), en el cual, los participantes indicaron mayoritariamente que las simulaciones ayudan a entender cada uno de los conceptos abstractos y complejos mediante las representaciones visuales interactivas.

Así mismo, en la categoría visualización de procesos químicos, García et al., (2023), asegura que los simuladores virtuales permiten representar procesos químicos abstractos, facilitando su comprensión, estudio que se relaciona con la apreciación de los participantes los cuales destacaron que es de mucha ayuda comprender conceptos que resultan difíciles de aprender sin la ayuda de simulaciones.

Por último, Mera et al., (2023), señala que el uso de simuladores PhET genera una experiencia de aprendizaje más motivadora, promoviendo la participación activa y mejorando el rendimiento académico de los estudiantes. datos que se enlazan de forma similar y significativa con la categoría motivación hacia el aprendizaje del presente estudio.

CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación evidencian que la implementación de simuladores interactivos PhET en la enseñanza de la Química Inorgánica no produjo diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento académico de los estudiantes del grupo experimental en comparación con el grupo control ($p > 0.05$). No obstante, se identificó un tamaño del efecto pequeño ($d \approx 0.21$), lo que sugiere una tendencia positiva en la mejora del aprendizaje que podría consolidarse bajo condiciones pedagógicas más favorables.

Desde el enfoque cuantitativo, ambos grupos mostraron incrementos en sus puntuaciones postest, lo que indica que tanto la enseñanza tradicional como la mediada por simuladores contribuyen al aprendizaje. Sin embargo, el uso de PhET no generó una ventaja estadísticamente significativa en el corto plazo, lo cual podría estar relacionado con factores como la duración de la intervención, el tamaño de la muestra o el nivel de familiaridad de los estudiantes con este tipo de herramientas.

En contraste, los resultados cualitativos revelan una percepción altamente positiva por parte de los estudiantes hacia el uso de simuladores PhET. Destacando una mejora en la comprensión de conceptos abstractos, mayor claridad en la visualización de procesos químicos y un incremento en la motivación hacia el aprendizaje. Esta discrepancia entre la percepción y los resultados

cuantitativos sugiere que, si bien los estudiantes reconocen el valor pedagógico de la herramienta, su impacto en el rendimiento académico requiere un proceso de integración didáctica más prolongado y sistemático.

La triangulación de los datos permite concluir que el uso de simuladores PhET constituye una estrategia didáctica prometedora para la enseñanza de la química inorgánica, especialmente en términos de motivación y apoyo a la comprensión conceptual. No obstante, su efectividad en el rendimiento académico depende de variables contextuales y pedagógicas que deben ser consideradas en su implementación.

Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones amplíen el tiempo de intervención, incorporen muestras más grandes y profundicen en el diseño de actividades guiadas que potencien el uso de simulaciones, con el fin de maximizar su impacto en el aprendizaje significativo de la química.

REFERENCIAS

- Agualsaca Guallán, A. D. (2025). *Diseño de actividades utilizando las simulaciones PhET para el aprendizaje* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ciencias de la Educación, Humanas y Tecnologías, Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología].
- Carrión Paredes, F. A. (2020). Simulador virtual PhET como estrategia metodológica para el aprendizaje de química. *Cienciamatria*, 6(3). <https://doi.org/10.35381/cm.v6i3.396>
- Dantic, M. J. P. (2022). PhET interactive simulation approach in teaching electricity and magnetism among science teacher education students. *Journal of Science Education*, 2(2). <https://doi.org/10.56003/jse.v2i2.101>
- Díaz Pinzón, J. E. (2017). Importancia de la simulación PhET en la enseñanza y el aprendizaje de fracciones equivalentes. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 11(1), 48–63. <http://dx.doi.org/10.18359/reds.2011>
- El Tegani, M., & Wegner, C. (2025). Simulations in science education: A systematic literature review. *Journal of Innovation in Psychology, Education and Didactics*, 29(2), 203–222. <https://doi.org/10.29081/JIPED.2025.29.2.05>
- Gallego Joya, L. (2022). Evaluación del simulador PHET como estrategia para el aprendizaje de la gravitación en física en la educación media y universitaria. *MLS Inclusion and Society Journal*, 2(1), 107–120. [MLS Inclusion and Society Journal](https://doi.org/10.18359/mls.v2i1.107-120)
- García, L., Pérez, M., & Sánchez, R. (2023). Percepción de estudiantes de secundaria sobre la aplicación del simulador PhET en el aprendizaje de la química. *RCLimatol.* [RCLimatol article](https://doi.org/10.18359/rclimatol.v2i1.107-120)
- Herrera-Castrillo, C. J., & Martínez-Cárdenas, P. A. (2026). *Simuladores y experimentación para el análisis de la temática teoría cinética de los gases.* [Repositorio UA EH article](https://doi.org/10.18359/repuaeh.v2i1.107-120)
- Makransky, G., Petersen, G. B., & Klingenberg, S. (2020). Can an immersive virtual reality simulation increase students' interest and career aspirations in science? *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2079–2097. <https://doi.org/10.1111/BJET.12954>
- Marcillo-Cedeño, C. E., Moreira-Choez, J. S., & Delgado-Loor, R. M. (2025). Proceso de enseñanza-aprendizaje de la Ley de Ohm con la aplicación del simulador PhET como estrategia didáctica. *ResearchGate.* [ResearchGate publication](https://doi.org/10.18359/researchgate.v2i1.107-120)
- Mera Menéndez, J. R., & López González, W. O. (2023). Simuladores PHET: Una herramienta didáctica para el mejoramiento del rendimiento académico de estudiantes en energía mecánica. *MQR Investigar*, 7(4), 112–130. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.4.2023.112-130>
- Muñoz-Soto, L., Arancibia-Ávila, P., & Carrasco-Garrido, L. (2025). Eficacia de las simulaciones PhET en el aprendizaje del electromagnetismo. *Revista de Investigación Didáctica.* [SciELO](https://doi.org/10.18359/revista.v2i1.107-120)

[article](#)

- Perkins, K., Moore, E., Podolefsky, N., Lancaster, K., & Denison, C. (2019). *Towards research-based strategies for using PhET simulations in middle school physical science classes*.
- PhET Interactive Simulations. (2023). *PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations*. [PhET Interactive Simulations](#)
- Rahmawati, Y., Zulhipri, 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), 303–326. <https://doi.org/10.3926/JOTSE.1597>
- Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337–1370. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.605182>
- Taber, K. S. (2019). *The nature of the chemical concept: Re-constructing chemical knowledge in teaching and learning*. Royal Society of Chemistry. [RSC book page](#)
- UNESCO. (2019). *Building peace through education, science and culture, communication and information*. [UNESCO official website](#)
- Yanchapaxi-Molina, C. E., & Mérida-Córdova, E. J. (2024). Uso del PHET Simulations y analítica del aprendizaje en el mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura Física. *MQRInvestigar*, 8(4). <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.6913-6941>