

INFLUENCIA DE LA PLATAFORMA PHET COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN BACHILLERATO

INFLUENCE OF THE PHET PLATFORM AS A DIDACTIC TOOL FOR CHEMISTRY TEACHING IN HIGH SCHOOL

Jefferson Vera Orozco^{1*}

¹ Programa de Maestría en Educación en Entornos Digitales, Departamento de Posgrado, Facultad de Ciencias de la Educación y Tecnología, Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0887-1855>. Correo: juverao@ube.edu.ec

Jaquelina Edith Noriega²

² Universidad Nacional de San Luis. Argentina. Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8629-6575>. Correo: jenoriegan@ube.edu.ec

Ennio Merida Cordova³

³ Departamento de Ingeniería y Educación, Facultad de Ciencias de la Educación y Tecnología, Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5091-5522>. Correo: ejmeridac@ube.edu.ec

* Autor para correspondencia: juverao@ube.edu.ec

Resumen

El estudio evaluó el impacto de la plataforma PhET Interactive Simulations en la enseñanza de los enlaces químicos en estudiantes de Segundo de Bachillerato. A través de un enfoque cuasi-experimental mixto, se aplicaron pruebas antes y después de la intervención, junto con actividades prácticas y encuestas de percepción. Participaron 58 estudiantes de la Unidad Educativa La Porciúncula. Los resultados revelaron un notable incremento en el aprendizaje y la comprensión conceptual, así como una mayor motivación e interés por la asignatura. Los estudiantes percibieron a PhET como una herramienta dinámica y útil para visualizar procesos abstractos. Se concluye que su uso fortalece el aprendizaje significativo, eleva el rendimiento académico y representa una estrategia innovadora y eficaz para la enseñanza de la Química.

Palabras clave: PhET; simuladores educativos; enlaces químicos; innovación educativa



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

Abstract

This study evaluated the impact of the PhET Interactive Simulations platform on teaching chemical bonding to second-year high school students. Using a mixed-method quasi-experimental approach, pre- and post-intervention tests were administered, along with hands-on activities and perception surveys. Fifty-eight students from La Porciúncula Educational Unit participated. The results revealed a notable increase in learning and conceptual understanding, as well as greater motivation and interest in the subject. Students perceived PhET as a dynamic and useful tool for visualizing abstract processes. It is concluded that its use strengthens meaningful learning, elevates academic performance, and represents an innovative and effective strategy for teaching chemistry

Keywords: *PhET; educational simulator; chemical bonds; educational innovation*

Fecha de recibido: 01/10/2025

Fecha de aceptado: 05/12/2025

Fecha de publicado: 15/01/2026

Introducción

La enseñanza de la Química en el nivel de Bachillerato se caracteriza por la complejidad de sus contenidos, lo que genera dificultades en la comprensión de conceptos abstractos como los enlaces químicos, las interacciones moleculares y la estructura de la materia. Estas limitaciones repercuten en el rendimiento académico y en la motivación estudiantil, evidenciando la necesidad de aplicar metodologías innovadoras que favorezcan el aprendizaje significativo (Arcanjo Filho, 2025).

En el ámbito normativo, el artículo 3 literal j) de la Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI) (Ministerio del Ecuador, 2011) establece como finalidad del sistema educativo el desarrollo integral de los estudiantes, promoviendo competencias científicas, tecnológicas y digitales acordes con las demandas de la sociedad contemporánea. En concordancia, el Diseño Curricular Nacional de Ciencias Naturales para el Bachillerato General Unificado enfatiza la importancia de la experimentación, la indagación y el uso de tecnologías educativas para lograr aprendizajes significativos.

El fundamento teórico de la presente investigación se sustenta en diversos enfoques del aprendizaje. La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (2002) resalta que los nuevos conocimientos se integran de manera más efectiva cuando se relacionan con ideas previas, lo que exige materiales didácticos que faciliten esta vinculación. Desde la perspectiva socio-constructivista de Vygotsky (1995), el aprendizaje se construye mediante la interacción social y la mediación cultural; en este sentido, los recursos digitales se convierten en herramientas poderosas para fomentar el trabajo colaborativo y la reflexión conjunta (Vargas, 2025).

Asimismo, la teoría del aprendizaje experiencial de Kolb (1984) destaca que la experiencia concreta, la reflexión y la experimentación activa son esenciales en la formación científica. Este enfoque se complementa



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

con el aprendizaje por descubrimiento de Brunes (2013), que promueve la exploración autónoma y la motivación intrínseca. Las simulaciones digitales, como las de la plataforma PhET, permiten precisamente este tipo de aprendizaje, pues el estudiante descubre relaciones químicas manipulando variables de forma virtual (Roe, 2024).

Por otro lado, la cognición multimedia de Mayer (2012) y la teoría de la carga cognitiva de Sweller (2011) explican cómo los recursos visuales bien diseñados favorecen la comprensión al integrar información verbal y gráfica, reduciendo la sobrecarga mental. Estas perspectivas justifican la importancia de emplear entornos visuales interactivos que optimicen los procesos de comprensión científica.

En el campo de la didáctica de la Química, Johnstone (2000) planteó que el pensamiento químico se desarrolla en tres niveles de representación: macroscópico (fenómenos observables), microscópico (modelos atómicos y moleculares) y simbólico (fórmulas y ecuaciones). La dificultad de articular estos niveles constituye un obstáculo frecuente en el aprendizaje (Gilbert & Treagust, 2009). Las simulaciones digitales contribuyen a superar esta brecha al permitir visualizar fenómenos químicos y asociarlos con sus representaciones simbólicas.

Según Pozo y Gómez (2006), la enseñanza de la Química debe centrarse en la construcción de modelos explicativos más que en la simple memorización. En esta línea, los recursos digitales se convierten en mediadores cognitivos que permiten a los estudiantes representar dinámicamente procesos complejos, fortaleciendo su comprensión conceptual (Cungachi & Ochoa, 2022).

Diversas investigaciones respaldan el impacto positivo de los simuladores PhET Interactive Simulations, desarrollados por la Universidad de Colorado. Wieman et al. (2008, 2010) demostraron que su uso incrementa la motivación y el rendimiento académico en ciencias. En América Latina, Pacheco et al. (2021) comprobaron que los estudiantes mejoran su comprensión de las soluciones químicas al integrar estas herramientas en el aula. De igual manera, Tuárez y Wilhelm (2021) observaron que la aplicación de PhET fomenta la autonomía y el aprendizaje dinámico, mientras que Carrera et al. (2024) destacaron que la formación docente es un factor decisivo para el éxito de estas metodologías.

Estudios recientes, como los de Sailema et al. (2025) y González (2025), han confirmado que el uso de simuladores PhET favorece la comprensión de conceptos abstractos, promueve la participación activa y mejora el rendimiento académico. En conjunto, estos resultados demuestran que la mediación digital constituye una alternativa eficaz para el fortalecimiento de las competencias científicas y el aprendizaje significativo en Química.

En este contexto, la presente investigación se orientó a implementar una propuesta pedagógica basada en la plataforma PhET Interactive Simulations para facilitar la comprensión de los enlaces químicos en estudiantes de Bachillerato. Los objetivos planteados fueron: promover la visualización de los tipos de enlace químico mediante representaciones dinámicas; incentivar la exploración autónoma y el trabajo colaborativo; y evaluar la influencia de las simulaciones en el aprendizaje y la motivación estudiantil.

La propuesta se desarrolló en cuatro sesiones consecutivas, combinando la exploración guiada de simulaciones, el trabajo en equipo, la resolución de ejercicios aplicados y la reflexión grupal. La evaluación se efectuó mediante un pre test y un post test de conocimientos, complementados con una encuesta de



percepción estudiantil. Los resultados evidenciaron un incremento significativo en el rendimiento académico y una actitud más positiva hacia el aprendizaje de la Química, confirmando la efectividad del enfoque propuesto.

En definitiva, la incorporación de herramientas digitales interactivas como PhET, sustentada en teorías contemporáneas del aprendizaje y en la evidencia empírica, constituye una estrategia pedagógica pertinente para enfrentar los desafíos actuales de la enseñanza de la Química, potenciando tanto la comprensión conceptual como la motivación de los estudiantes hacia el conocimiento científico.

Materiales y métodos

Se empleó un diseño cuasi-experimental con enfoque mixto. La población estuvo conformada por 58 estudiantes de Segundo de Bachillerato de la Unidad Educativa Particular 'La Porciúncula'. La muestra fue exhaustiva (se trabajó con la totalidad de la población disponible).

A lo largo del estudio se aplicó un proceso integral de análisis estadístico que combinó procedimientos descriptivos e inferenciales para evaluar el impacto de una secuencia didáctica basada en simuladores PhET. En una primera etapa, la estadística descriptiva permitió caracterizar el desempeño estudiantil en cuatro fases: evaluación diagnóstica, intervención pedagógica, evaluación final y análisis de percepción, utilizando medidas como medias, frecuencias y porcentajes para identificar el nivel inicial de logro, los cambios observados durante la implementación y la valoración subjetiva de los estudiantes.

Posteriormente, en la etapa inferencial, se aplicó la prueba t para muestras relacionadas con el propósito de determinar si existían diferencias significativas entre el desempeño antes y después de la intervención, complementándose este procedimiento con el cálculo del tamaño del efecto para estimar la magnitud real del cambio producido. En conjunto, ambos enfoques estadísticos permitieron describir, comparar y validar de manera integral los resultados obtenidos, ofreciendo una comprensión completa del impacto pedagógico de las simulaciones digitales.

Resultados y discusión

La presente sección reporta los resultados obtenidos de la intervención con la plataforma PhET.

Estadística Descriptiva

El proceso de la estadística descriptiva se desarrolló en cuatro fases: evaluación de contenidos, capacitación a los estudiantes en base a la plataforma PhET, evaluación de la utilización de la plataforma PhET y el análisis de percepción de la utilización de la plataforma PhET; lo cual permitió obtener información cuantitativa y cualitativa que evidencia los progresos alcanzados por los estudiantes en la comprensión de los enlaces químicos.

Fase 1: Evaluación de Conocimientos



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

En la presente fase se pretende realizar una evaluación diagnóstica en base al tema enlaces químicos, en este contexto, la evaluación tiene como propósito medir el nivel de conocimientos adquiridos por los estudiantes de segundo de bachillerato general unificado de la Unidad Educativa Particular “La Porciúncula” en relación a la temática. Esta evaluación también busca identificar posibles dificultades conceptuales que permitan orientar futuras estrategias de enseñanza y fortalecer el aprendizaje significativo de este eje temático esencial en la formación científica. El cuestionario aborda 10 preguntas de base estructurada en la herramienta digital Google forms, se aplicó a una muestra de 58 estudiantes pertenecientes a los cursos mencionados, después de ello se obtuvo los siguientes resultados mostrados en los siguientes gráficos estadísticos (ver tabla 1, figura 1).

Tabla 1. Datos de calificaciones de los estudiantes del Pre-Test. Fuente: Elaboración propia (2025)

Rango	Frecuencia	Porcentaje	Descripción
9 - 10	2	3,45%	Domina los aprendizajes
7 - 8,99	0	0%	Alcanza los aprendizajes
4,01 – 6,99	5	8,62%	Está próximo a alcanzar los aprendizajes
0 - 4	51	87,93%	No alcanza los aprendizajes

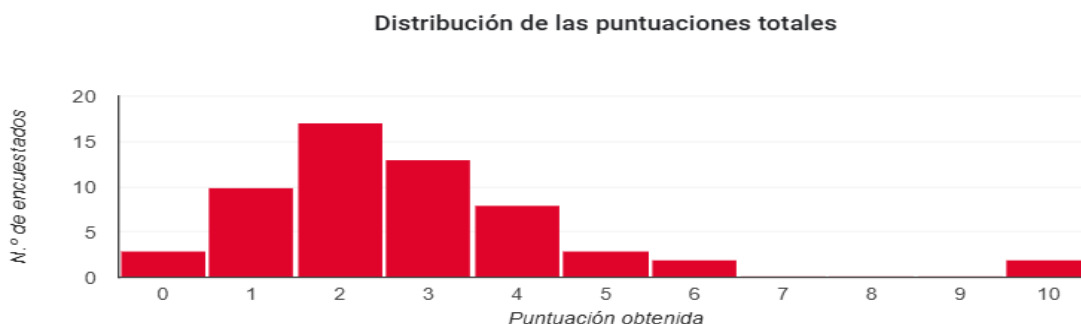


Figura 1. Distribución de las Puntuaciones totales del Pre-Test.

Como se muestra en la tabla 1, de los 58 estudiantes, 51 de ellos siendo el 87,93% obtiene puntuaciones en el rango de 0 – 4 “No alcanza los aprendizajes”; así mismo 5 estudiantes siendo el 8,62% obtienen una puntuación en el rango de 4,01 – 6,99 “Está próximo a alcanzar los aprendizajes” y 2 de ellos siendo el 3,45% obtienen puntuaciones en el rango de 9 – 10 “Domina los aprendizajes”.

Fase 2: Capacitación a los estudiantes en base a la plataforma PhET

En base a los resultados obtenidos durante la Fase 1 del proceso de diagnóstico, se evidenció una notable carencia de conocimientos en los estudiantes de segundo año de Bachillerato General Unificado paralelo “A y B” de la Unidad Educativa Particular “La Porciúncula” sobre la temática enlaces químicos. Esta situación



evidenció la necesidad de implementar estrategias didácticas innovadoras con utilización de las TIC, que favorezcan una mejor comprensión de los contenidos abordados.

Con este propósito, se llevó a cabo una capacitación dirigida a los estudiantes, enfocada en el uso de la plataforma interactiva PhET, para ello se utilizó recursos digitales como diapositivas de la temática realizadas en la herramienta digital Canva.

Mediante la explicación de la plataforma PhET se demostró a los estudiantes de manera didáctica e interactiva, la simulación de los enlaces químicos de forma visual e intuitiva, lo cual facilitó la comprensión y el aprendizaje significativo a través de la participación activa de los estudiantes.

Durante la capacitación, se explicó el funcionamiento general de la plataforma, se realizaron demostraciones guiadas y se promovió el uso autónomo de los simuladores. Mediante la actividad práctica exploratoria se permitió no solo reforzar conceptos básicos, sino también fomentar el pensamiento crítico y la experimentación, inculcando en los estudiantes u interés significativo por la materia y el contenido desarrollado. (Ver tabla 2).

Tabla 2. Secuencia de actividades implementadas con la plataforma PhET. Fuente: Elaboración propia (2025)

Clase	Actividad Principal	Descripción	Producto esperado
1	Diagnóstico Inicial	Aplicación de pre test y exploración preliminar de PhET	Resultados iniciales de comprensión
2	Simulación de Enlaces Iónicos	Construcción virtual de modelos iónicos con PhET	Registro en guías de trabajo
3	Simulación de Enlaces Covalentes	Representación de moléculas y análisis de propiedades	Resolución de ejercicios aplicados
4	Evaluación y Reflexión	Post test, encuesta de percepción y plenaria final	Resultados comparativos e interpretación colectiva

Fase 3: Evaluación de la utilización de la plataforma PhET

Se observó en la Fase 1 que el rendimiento académico de los estudiantes es ineficiente, con la mayoría de resultados con notas inferiores a los 4/10 puntos, es decir “no alcanzan los aprendizajes”, es por ello que con el fin de fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje, se realizó una explicación detallada sobre el correcto funcionamiento de la plataforma interactiva PhET (Fase 2) a los estudiantes de Segundo curso de Bachillerato General Unificado, paralelos “A” y “B”. Esta herramienta digital de simulación interactiva permitió a los estudiantes afianzar los conocimientos en la materia de química, que, en primera instancia con la explicación básica del docente, se les dificultó la comprensión del tema enlaces químicos, se evidencia en las notas obtenidas por los estudiantes, como se detalla en los gráficos estadísticos. (Ver tabla 3, figura 2)



En base al conocimiento de esta herramienta de interacción visual y experimentación virtual, se aplicó una nueva encuesta mediante la herramienta digital Google forms para analizar el mejoramiento o no de las calificaciones de los estudiantes.

Tabla 3. Datos de calificaciones de los estudiantes del Post-Test. Fuente: Elaboración propia (2025)

Rango	Frecuencia	Porcentaje	Descripción
9 - 10	24	41,38%	Domina los aprendizajes
7 - 8,99	15	25,86%	Alcanza los aprendizajes
4,01 – 6,99	11	18,97%	Está próximo a alcanzar los aprendizajes
0 - 4	8	13,71%	No alcanza los aprendizajes

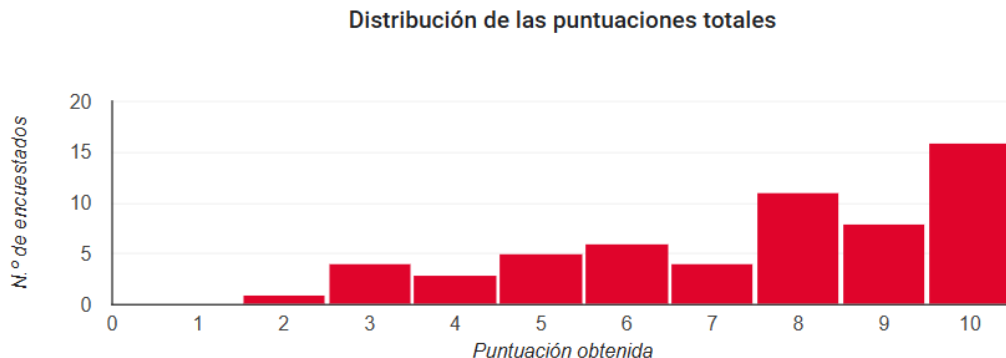


Figura 2. Distribución de puntuaciones totales de los estudiantes del Post-Test.

Como se muestra en los gráficos estadísticos de los 58 estudiantes, 24 de ellos siendo el 41,38% obtienen puntuaciones en el rango de 9 – 10 “Domina los aprendizajes”; 15 estudiantes siendo el 25,86% obtiene puntuaciones en el rango de 7 – 8,99 “Alcanza los aprendizajes”; 11 de ellos siendo el 18,97% obtienen puntuaciones en el rango de 4,01 – 6,99 “Está próximo a alcanzar los aprendizajes” y finalmente 8 estudiantes obtienen puntuaciones en el rango de 0 – 4 “No alcanza los aprendizajes”.

Fase 4: Análisis de percepción de la utilización de la plataforma PhET

A través de la experimentación con respecto al uso de la plataforma PhET, se aplicó una escala valorativa lineal, que permite verificar la comprensión del aprendizaje activo y experimental de la temática enlaces químicos a través de la plataforma, de este modo se mide el nivel de aceptación, utilidad percibida y efectividad pedagógica de esta plataforma en el proceso educativo en la materia de química. La escala valorativa se mide en un rango de puntuación de 1 a los 5 puntos; donde 1 = Totalmente en desacuerdo, 2 = En desacuerdo, 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 = De acuerdo y 5 = Totalmente de acuerdo. De este modo se obtiene los siguientes resultados, detallados en la tabla 4.



Tabla 4. Valoración de la percepción estudiantil sobre el uso de PhET. Fuente: Elaboración propia (2025)

Ítem de la encuesta	Totalmente de acuerdo (%)	De acuerdo (%)	Ni de acuerdo ni en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Totalmente en desacuerdo (%)
PhET facilitó la comprensión de los enlaces químicos	81,00	19,00	0,00	0,00	0,00
Las simulaciones fueron fáciles de comprender	76,60	24,40	0,00	0,00	0,00
PhET hizo más interesante la clase de Química	75,90	24,10	0,00	0,00	0,00
Siento seguridad al explicar cómo se forma un enlace químico	77,60	22,40	0,00	0,00	0,00
Utilizaría PhET en otras unidades de Química	72,40	27,60	0,00	0,00	0,00

Los resultados de la encuesta reflejaron una valoración altamente positiva hacia la utilización de PhET. Entre el 72% y el 81% de los estudiantes se mostró totalmente de acuerdo en que la plataforma fortaleció su aprendizaje, mientras que el resto expresó estar de acuerdo. No se registraron percepciones negativas, lo que confirma tanto la efectividad pedagógica como la aceptación de la herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los resultados del pre test reflejaron que la mayoría de los estudiantes se encontraban en un nivel bajo de comprensión de los contenidos. Tras la intervención, el post test evidenció mejoras notables en el rendimiento académico, resultados comparativos señalados en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados comparativos entre pre test y post test. Fuente: Elaboración propia (2025)

Categoría de aprendizaje	Pre test (%)	Post test (%)
Domina los aprendizajes (9–10)	3,45	41,38
Alcanza los aprendizajes (7 - 8,99)	0,00	25,86
Próximo a alcanzar (4,01–6,9)	8,62	18,97
No alcanza los aprendizajes (0–4)	87,93	13,79



Seguidamente, se presenta la comparación de resultados del Pre test y Post test mediante el siguiente grafico estadístico (ver figura 3):

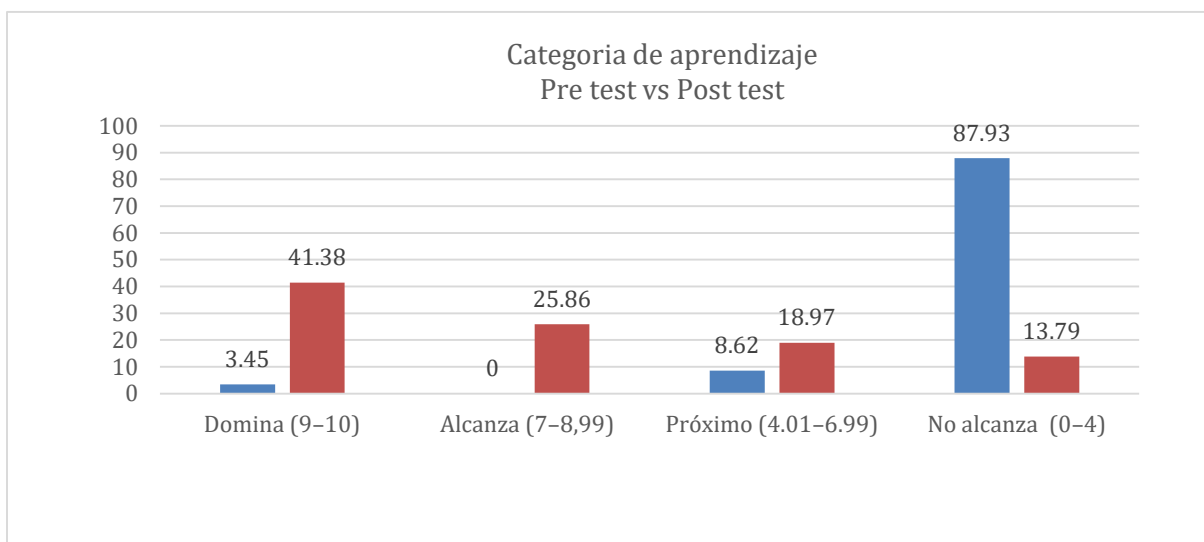


Figura 3. Comparación de Pre test y Post test en el aprendizaje

La percepción estudiantil sobre la propuesta fue ampliamente positiva, lo que se refleja en los resultados de la encuesta aplicada al finalizar la intervención.

Estadística Inferencial

Con el propósito de comprobar si la intervención pedagógica basada en el uso de la plataforma interactiva PhET generó un cambio significativo en el aprendizaje de los estudiantes, se procedió a realizar un análisis de estadística inferencial.

Al tratarse del mismo grupo evaluado antes y después de la capacitación, se empleó la prueba t para muestras relacionadas, tras verificar la normalidad de los datos. En caso contrario, se habría utilizado la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

Asimismo, se calculó el tamaño del efecto (Cohen's d) para medir la magnitud real de la mejora obtenida. Este análisis permitió confirmar, con base científica, que el uso de la plataforma PhET tuvo un impacto positivo y significativo en la comprensión de los enlaces químicos por parte de los estudiantes.

Fase 1: Prueba t

Para comprobar si existió una diferencia significativa entre las calificaciones del pre test y el post test, se aplicó la prueba t de Student para muestras relacionadas.

Esta prueba permite comparar las medias de un mismo grupo antes y después de una intervención, en este



caso, la aplicación de la plataforma interactiva PhET. La prueba se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$t = \frac{D}{S_D/\sqrt{n}}$$

Donde:

- D= media de las diferencias entre post test y pre test
- S_D = desviación estándar de las diferencias n= número de pares de datos (58 estudiantes)

En base a los siguientes datos detallados en la tabla 6 se aplica el proceso correspondiente de la prueba t.

Tabla 6. Datos base de los resultados obtenidos del Pre y Post test. Fuente: Elaboración propia (2025)

Variable	Media	Desviación estándar	N
Pre test	2.56	2.00	58
Post test	7.32	2.00	58

Proceso:

1. Diferencia promedio: $D = 7.32 - 2.56 = 4.76$
2. Desviación estándar de las diferencias (estimada): $S_D = 2$
3. Error estándar de la diferencia: $SE = \frac{S_D}{\sqrt{n}} = \frac{2.00}{\sqrt{58}} = 0.262$
4. Estadístico t: $t = \frac{D}{SE} = \frac{4.76}{0.262} = 18.16$
5. Grados de libertad: $gl = n - 1 = 58 - 1 = 57$
6. Valor p (según tabla t): $p < 0.001$

De tal manera se obtienen los siguientes datos mencionados en la tabla 7:

Tabla 7. Resultados obtenidos aplicando la prueba t. Fuente: Elaboración propia (2025)

Comparación	Media Pre	Media Post	Diferencia ($\bar{D}$)	DE	t	gl	p
Pretest – Posttest	2.56	7.32	4.76	2.00	18.16	57	< 0.001

La prueba t para muestras relacionadas mostró diferencias estadísticamente significativas entre las medias del pretest y el posttest ($t(57) = 18.16$, $p < 0.001$). Esto indica que el rendimiento académico de los estudiantes mejoró significativamente después de la aplicación de la herramienta PhET, con una diferencia promedio de 4.76 puntos. El tamaño del efecto calculado (Cohen's $d = 2.38$) se interpreta como muy alto, lo que confirma un impacto positivo considerable en el aprendizaje.



Fase 2: Tamaño del efecto (Cohen's d)

Con el propósito de complementar el análisis inferencial y determinar la magnitud real del cambio observado entre el pretest y el posttest, se procedió a calcular el tamaño del efecto mediante el índice de Cohen (d). Este indicador permite interpretar cuán grande o relevante es la diferencia encontrada, más allá de su significancia estadística. A continuación, se presenta el cálculo correspondiente y su interpretación de acuerdo con los criterios propuestos por Cohen (1988) donde:

0.2 = pequeño

0.5 = mediano

0.8 = grande

Aplicando la formula correspondiente: $d = \frac{D}{S_D} = \frac{4.76}{2.0} = 2.38$

d = 2.38 (tamaño del efecto muy grande)

El tamaño del efecto de Cohen (d = 2.38) se interpretó como muy alto, lo que confirma el impacto positivo de la intervención pedagógica basada en la plataforma PhET.

En términos descriptivos, el promedio general aumentó de 2.56 en el pre test a 7.32 en el post test, evidenciando una mejora sustancial en el rendimiento académico.

Finalmente, se puede evidenciar en os resultados obtenidos confirman la influencia positiva de la plataforma PhET en la enseñanza de los enlaces químicos. En el pre test, el 87,93% de los estudiantes no alcanzaba los aprendizajes, mientras que tras la intervención de la plataforma PhET, esta cifra disminuyó al 13,79%. Paralelamente, quienes alcanzaron o dominaron los aprendizajes pasaron de un 3,45% inicial a un 67,24% en el post test, lo que evidencia un cambio sustancial en el nivel de logro académico.

Estos hallazgos se corresponden con la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (2002), en la cual se sostiene que los nuevos contenidos se integran de manera efectiva cuando se relacionan con conocimientos previos a través de representaciones claras. Las simulaciones digitales de PhET funcionaron como organizadores previos que facilitaron esta asimilación.

Desde la perspectiva socio constructivista de Vygotski (2009), el aprendizaje se potencia en la interacción social y mediante herramientas culturales. Durante las sesiones, el trabajo colaborativo en grupos pequeños y la mediación docente generaron una zona de desarrollo próximo, en la que las simulaciones actuaron como instrumentos de mediación entre el estudiante y el conocimiento abstracto.

Asimismo, la teoría de la cognición multimedia de Mayer (2012) y el doble código de Paivio (2008), explican por qué la combinación de información visual y verbal mejora la retención y comprensión. Los estudiantes no solo escucharon explicaciones, sino que visualizaron modelos dinámicos de enlaces, reduciendo la carga cognitiva y fortaleciendo la construcción conceptual.



Los resultados también se alinean con la propuesta de Johnstone (2000), quien distingue los niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico en la enseñanza de la Química. Las simulaciones de PhET permitieron transitar entre estos tres niveles, facilitando el vínculo entre la teoría abstracta y los fenómenos observables.

Los datos empíricos coinciden con investigaciones recientes. Cungachi & Ochoa (2022), reportaron que la gamificación y el uso de entornos digitales incrementan la motivación estudiantil en Química. De manera similar, Pila-Taco & Bosquez-Barcenas (2024), resaltan que la capacitación docente en herramientas digitales es clave para maximizar el impacto de estas metodologías.

En conjunto, los resultados y la literatura revisada permiten concluir que la propuesta pedagógica basada en simulaciones digitales constituye una estrategia eficaz para superar las dificultades en la comprensión de conceptos abstractos en Química.

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos y su respectivo análisis, se establecen las siguientes conclusiones sobre la incorporación de la plataforma PhET en la enseñanza de la Química en Bachillerato:

El diagnóstico inicial permitió evidenciar que los estudiantes presentaban bajos niveles de comprensión de los enlaces químicos, lo que justificó la aplicación de estrategias innovadoras.

La implementación de actividades prácticas mediadas por PhET favoreció la exploración virtual y la representación de fenómenos abstractos, contribuyendo al aprendizaje activo.

La evaluación posterior reflejó progresos significativos en el nivel de logro de los estudiantes y una percepción positiva hacia la herramienta, destacando su carácter motivador.

Los hallazgos coinciden con la literatura reciente en cuanto al valor pedagógico de los simuladores digitales, lo que respalda su pertinencia como recurso didáctico en la enseñanza de las ciencias.

Referencias

- Arcanjo Filho, M. (2025). Evaluación de la influencia de metodologías alternativas para generar aprendizajes significativos en la enseñanza de las Ciencias Naturales basadas en los conceptos de Ausubel: una revisión. *Inclusiones*, 12(1), 45-62. doi:<https://doi.org/10.58210/fprc3586>
- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Paidós. Obtenido de https://www.google.com.ec/books/edition/Adquisici%C3%B3n_y_retenci%C3%B3n_del_conocimi%C3%A9n/VufcU8hc5sYC?hl=es&gbpv=1&printsec=frontcover
- Brunes, J. (2013). *La educación, puerta de la cultura*. Madrid: Machado.



- Cungachi, S., & Ochoa, S. (2022). Gamificación y enseñanza de la química orgánica en los estudiantes de tercero de bachillerato. *Religación*, 7(34), 112–125. doi:<https://doi.org/10.46652/rgn.v7i34.977>
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (2009). *Multiple representations in chemical education*. Springer. (Vol. 4). Australia: Springer Naturen Link. doi:DOI 10.1007/978-1-4020-8872-8 2
- Johnstone, A. H. (2000). Enseñanza de la química: ¿lógica o psicológica? *Educacion en quimica: Investigación y Práctica*, 1, 9 - 15. doi:<https://doi.org/10.39/A9RP90001B>
- Mayer, R. (2012). *Multimedia Learnig*. Cambridge University Press. doi:<https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Ministerio del Ecuador. (2011). *Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI)*. Obtenido de <https://educacion.gob.ec/>
- Paivio, A. (2008). *Mental Representaciones: Un enfoque de doble codificación*. Nueva York: Oxford Academic. doi:<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195066661.001.0001>
- Pila-Taco, Y., & Bosquez-Barcenas, V. (2024). Herramientas digitales como estrategia didáctica en la asignatura de Química en estudiantes de bachillerato. *MQRInvestigar*, 8(4), 7595–7618. doi:<https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.7595-7618>
- Roe, R. (13 de Diciembre de 2024). *Teorías clásicas del aprendizaje y sus aplicaciones en la simulación sanitaria – Parte 1*. Obtenido de <https://www.healthysimulation.com/learning-theories-application-healthcare-simulation/>
- Sweller, J. (2011). Teoría de la carga cognitiva. *Psicología del Aprendizaje y la Motivación*, 55, 37-76. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-88>
- Vargas, P. V. (2025). Integración de Teorías del Aprendizaje y Neurociencia en la Práctica Educativa: Aportes desde la Terapia Ocupacional. *Ibero Ciencias*, 15(1), 22-38. doi:<https://doi.org/10.63371/ic.v4.n3.a217>
- Vygotski, L. S. (2009). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores* (3ra ed.). Barcelona: Harvard University Press. Obtenido de <https://www.ie42003cgalbarracin.edu.pe/biblioteca/LIBR-NIV326122022175849.pdf>

