

Vol. 5, No. 2 | 2025

ARJEAD

ARTÍCULO

Implementación del Simulador Phet como Herramienta Tic
para Fortalecer las Competencias en Química

*Phet Simulator as an ICT Resource for Enhancing Skills in
Chemistry*

Paula Andrea Zuluaga Gallego

Recepción: 12-01-2025 | Aceptación: 05-03-2025

Recepción: 12-01-2025 | Aceptación: 05-03-2025

Implementación del Simulador Phet como Herramienta Tic para Fortalecer las Competencias en Química

Phet Simulator as an ICT Resource for Enhancing Skills in Chemistry

Paula Andrea Zuluaga Gallego ¹¹ Doctorado en Ciencias de la Educación, Universidad Cuauhtémoc, Educación a Distancia, Plantel Aguascalientes, E-mail: pazgallego45@gmail.com

Resumen

La enseñanza de la Química ha representado un reto en los escenarios educativos, ya que, comprenden tres competencias que son necesarias para su total comprensión, indagación, uso comprensivo del conocimiento y explicación de fenómenos, por lo tanto, la adquisición de estas, supone aplicar estrategias experimentales que permitan la visualización de fenómenos naturales, su posterior relación con la teoría y aplicación en el entorno facilitando así, su comprensión de manera profunda, en consecuencia, la presente investigación se enfocó en evaluar el impacto del simulador PhET como herramienta TIC en el fortalecimiento de las competencias.

La metodología fue cuantitativa, se aplicó un cuestionario de medición de competencias científicas (CMCC), diseñado con preguntas tomadas de las pruebas saber en Colombia, fue validado por tres expertos y se realizó la prueba de confiabilidad Alpha de Cronbach, con resultado de

0.800, indicando que los datos son consistentes, la muestra fueron 76 estudiantes, distribuidos en grupo experimental y control, el diseño fue cuasi-experimental con momento transeccional y alcance explicativo, se buscó la relación causal entre las variables independiente (simulador PhET) y la variable dependiente (Competencias científicas), encontrándose en los resultados que, el simulador PhET tuvo un impacto positivo, porque amplió la capacidad de los estudiantes para comprender, interpretar y explicar fenómenos científicos es decir, el aplicativo PhET como herramienta TIC, logró fortalecer las competencias científicas propias de la química, por lo que se concluye que, el simulador es un recurso que facilita el conocimiento y sirve como estrategia de mejora dentro de los procesos de enseñanza en esta área.

Palabras clave: Simuladores, PhET, Química, competencias científicas, TIC.

Abstract

The teaching of Chemistry has posed a persistent challenge in educational contexts, as it encompasses three core competencies essential for its comprehensive understanding: scientific inquiry, the meaningful use of scientific knowledge, and the explanation of phenomena. Consequently, the development of these competencies requires the implementation of experimental strategies that allow students to visualize natural phenomena, relate them to theoretical frameworks, and apply them within real-world contexts, thereby fostering a deeper and more meaningful learning experience.

This doctoral research aimed to evaluate the impact of the PhET interactive simulator as an ICT tool in strengthening scientific competencies. A quantitative methodology was employed, using the Scientific Competency Measurement Questionnaire (CMCC), which was constructed with items adapted from Colombia's *Saber* standardized assessments. The instrument was validated by three subject-matter experts and subjected to a Cronbach's Alpha reliability analysis, yielding a coefficient of 0.800, indicating high internal consistency. The sample consisted of 76 students, divided into an experimental group and a control group. A quasi-experimental design with a cross-sectional approach and explanatory scope was adopted, seeking to establish a causal relationship between the independent variable (PhET simulator) and the dependent variable (scientific competencies).

The findings revealed that the PhET simulator had a positive impact, as it enhanced students' ability to comprehend, interpret, and explain scientific phenomena. Thus, the PhET application, as an ICT-mediated educational tool, effectively con-

tributed to the strengthening of scientific competencies in Chemistry. It is concluded that this simulator represents a valuable pedagogical resource that facilitates knowledge construction and serves as an effective strategy for improving teaching and learning processes in this discipline.

Keywords: Simulators, PhET, Chemistry, scientific competencies, ICT.

Introducción

La presente investigación, surge desde la necesidad de implementar nuevas estrategias que permitan mejorar aprendizajes y fortalecer las competencias en el área de ciencias naturales, específicamente en química, teniendo en cuenta que, esta área, suele presentar más bajos resultados tanto en las pruebas PISA como en las pruebas Saber. Colombia, es uno de los países Latinoamericanos con más bajos desempeños en todas áreas las en las pruebas internacionales PISA según la OCDE, y, las ciencias naturales donde se incluye la química muestran un bajo promedio con respecto a las demás áreas (OCDE, 2022). Asimismo, las pruebas Saber, ratifican el bajo nivel en que se encuentra Colombia con respecto a esta área, siendo esta, la que presenta menor promedio a nivel nacional. En este sentido, se analizaron los resultados de las pruebas Saber de la institución educativa donde se desarrolló la investigación, encontrándose que, los resultados están por debajo de la media nacional en cuanto al área de química. (ICFES, 2022).

En consecuencia, al realizar un análisis de la situación, se logró determinar que, uno de los principales motivos del bajo rendimiento en esta área,

es la alta complejidad que posee, ya que sus conceptos son muy abstractos y difícilmente se logran visualizar o comprobar, en este sentido, la enseñanza enfocada en solo papel y lápiz no logra llegar a la comprensión profundidad y significativa de los contenidos. Además, uno de los factores que agravan esta situación, es la poca experimentación en el aula, principalmente debido a la falta de espacios físicos como laboratorios, que estén en condiciones óptimas y seguras para desarrollar actividades prácticas con miras a fortalecer las competencias científicas a través de la aplicación del método científico.

En este sentido, Paladines, (2021), afirma que, la experimentación juega un papel fundamental en el aprendizaje, ya que, promueve el aprendizaje activo, el pensamiento crítico y, por lo tanto, la resolución de problemas, lo cual está relacionado directamente con las competencias científicas, siendo estas, pilares para comprender las ciencias naturales y, por lo tanto, la Química, según el Ministerio de educación Nacional (MEN), al fomentar el desarrollo de éstas desde los inicios escolares, se fortalece la comprensión de conceptos a profundidad sobre los fenómenos naturales, teniendo en cuenta además que, la formación de la ciencia como un proceso humano permite formar seres integrales, con sentido de exploración, pensamiento autónomo y crítico y con la plena capacidad de vivir en sociedad jugando un papel activo en ella, (MEN, 2006).

Por lo tanto, las competencias científicas como actividad en la escuela deben no solo fomentar y propiciar espacios para que los estudiantes identifiquen problemas en diversos contextos, sino también deben generar situaciones de interacción entre pares, en este sentido, construyen conceptos y la relación entre estos a partir de sus propias ex-

plicaciones, es decir, al fortalecer las competencias de indagación, explicación de fenómenos y el uso comprensivo del conocimiento, se conlleva a una relación entre la teoría y la práctica, lo que hace el conocimiento sea vuelva significativo para el estudiante, es decir, el aprendizaje por competencias, requiere que es el estudiante sea un agente activo, sea el actor en la construcción de propio conocimiento, y para ello, las actividades enfocadas la práctica experiencial son fundamentales, ya que permiten a partir de un sin fin de situaciones, verificar los fenómenos naturales. (MEN, 2006).

Lo anterior, guarda una estrecha relación con la teoría constructivista, teoría en la cual se basa el presente estudio, ya que, la experimentación y como es en este caso, a través de simuladores virtuales como PhET, invita a que los estudiantes sean agentes activos en la construcción de su propio conocimiento de una manera más dinámica, autónoma, activa y colaborativa, por lo que se planteó la pregunta de investigación: ¿Cuál es el impacto que tiene el aplicativo PhET como herramienta TIC en el fortalecimiento de las competencias científicas en Química?

Por otro lado, es importante mencionar que, a pesar de las ventajas de la experimentación para el aprendizaje, cada vez son menos las instituciones educativas que cuentan con espacios físicos para dichas actividades, debido a los altos costos y la poca seguridad que se puede brindar para quienes lo realizan, por lo tanto, esto conlleva a que cada día disminuya más la inclusión de estas actividades enfocadas en realizar prácticas, las cuales son fundamentales para lograr aprendizajes significativos, y en consecuencia, conlleva a que los estudiantes tengan poca motivación hacia el

aprendizaje de ésta área básica que es considerada de alta complejidad para ellos, cabe aclarar que, si bien el aspecto motivacional no hace parte la investigación, si es un factor inherente a cualquier proceso de enseñanza.

Teniendo en cuenta lo anterior, Cabero y Costas, (2017), afirman que, una manera en la cual se puede minimizar la problemática mencionada, es hacer uso de recursos tecnológicos diseñados para la experimentación virtual, estos recursos están estructurados como simuladores, que permiten hacer prácticas experimentales a partir de la manipulación de variables de manera segura, con retroalimentación inmediata, lo cual permite que los estudiantes naveguen y aprendan de manera segura, y relacionando conceptos con la práctica casi que de inmediato, lo que permite una mayor dinamización en los procesos de enseñanza generando a su vez, un mayor interés por el aprendizaje, es por lo anterior, que en el presente estudio, se hará uso del simulador PhET como recurso TIC de experimentación, dicho recurso, fue diseñado por la Universidad de Colorado de Boulder en Estados Unidos, creado con el fin de mejorar el aprendizaje de las ciencias experimentales y fomentar investigación científica, desde la interactividad, creatividad, análisis y control de variables, reflexión y replicabilidad de fenómenos naturales. (PhET Interactive Simulations, s.f.)

Finalmente, teniendo en cuenta que, estos recursos brindan de adquirir y fortalecer conocimientos, el presente estudio, tiene como objetivo, evaluar el impacto del aplicativo PhET como herramienta TIC para el fortalecimiento de las competencias en Química en los estudiantes de grado noveno, dicho objetivo será discutido a par-

tir del contraste de los resultados, con diferentes autores, que realizaron investigaciones incluyendo PhET como herramienta metodológica de aprendizaje en el área de química, lo que permitirá concluir la efectividad del recurso.

Método

Enfoque

El enfoque es de tipo cuantitativo, el cual fue escogido con el fin de recolectar datos para probar la hipótesis de la investigación a través de mediciones numéricas, por medio de análisis estadístico, tal y como lo plantea (Hernández et al., 2018). Este enfoque se escogió, ya se considera como el más adecuado para lograr el objetivo, el cual está dirigido a evaluar el impacto del aplicativo PhET como herramienta TIC en el área de Química.

Diseño

El diseño de la investigación es cuasiexperimental, dado que, este tipo diseños son una alternativa a los experimentos puros cuando no es posible asignar aleatoriamente a los participantes a los grupos de estudio, además, este tipo de diseños permite la comparación entre grupos (experimental y control) tal y como es el caso, los grupos ya estaban establecidos antes de la investigación. (Hernández et al., 2018).

Momento

Se escogió el momento transeccional o transversal, este tipo de estudios, son aquellos en los que se recolectan datos en un solo momento, describir variables y analizar su incidencia en un determinado contexto por lo que también son muy útiles en investigaciones correlacionales, sin embargo, como lo menciona el autor, cuando el pretest y post-test se aplican en un periodo de tiempo tan corto, se sigue

considerando un estudio de tipo transversal.

Alcance

El alcance es explicativo, ya que se busca determinar la relación causal entre dos variables, y, explicar, cómo la variable independiente influye o provoca cambios en la variable dependiente.

Instrumento de Recolección de Datos

Se diseño un instrumento tipo cuestionario, con opción de respuesta única. El cuestionario consta de 20 preguntas, las cuales fueron seleccionadas desde el banco de preguntas de las pruebas Saber, las cuales miden específicamente las competencias en Química, cada competencia tiene entre 6 y 7 pregunta para totalizar la 20. El cuestionario de medición de competencias científicas (CMCC), fue validado por tres expertos en el tema, además, se midió la confiabilidad con Alpha de Cronbach, la cual arrojó un valor de 0.800, esto indica que los datos del cuestionario tienen alta consistencia.

Muestra

Las Muestra seleccionada fue de 76 estudiantes, 38 en cada uno de los grupos experimental y control, como único criterio de inclusión, estar matriculados en la institución educativa en el grado noveno, los estudiantes oscilan entre las edades 14 y 16 años.

Procedimiento

Inicialmente se aplicó el pretest, para medir el nivel de competencias en química que tiene los estudiantes, posteriormente se realizó el análisis de resultados por medio del Software SPSS, el cual muestra la estadística descriptiva por cada competencia, posteriormente, se diseñaron las actividades basadas en el aplicativo PhET, la intervención de tuvo una duración de 6 semanas; cada semana tuvo dos sesiones de una hora cada una, en estas sesiones, los estudiantes siguieron una guía para

desarrollar actividades en línea en la plataforma PhET, algunas actividades se plantearon desde el trabajo colaborativo y otras de manera individual, haciendo uso de diferentes programas para diseño de gráficos y el análisis e interpretación de los mismos, además, realizaron exposiciones de los experimentos diseñados, resultados e interpretación. Todas las actividades estuvieron dirigidas al fortalecimiento de cada una de las competencias propias de la química. Es importante aclarar, que el grupo control, tuvo clases con los mismos contenidos evaluados en el cuestionario, pero bajo clases tradicionales sin experimentación.

Al finalizar la intervención, se aplicó el post-test, este fue analizado por medio del programa SPSS, el cual tiene un manejo sencillo y eficaz para analizar datos, lo anterior permitió realizar la comparación entre el pretest y post-test, con la prueba t-student para muestras independientes y pareadas para lo cual, se aplicó con anterioridad la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para analizar la tendencia a la normalidad de los datos, dado que en algunos casos los datos no siguieron esta tendencia, se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon, además, se implementó la prueba de Levene para homogeneidad de varianzas, con el fin de analizar la dispersión de los datos en ambos grupos.

Resultados

A continuación, se muestran los resultados del pre-test y post-test en ambos grupos, así como la comparación para muestras pareadas e independientes.

En la Tabla 1, se muestran los resultados de la prueba de confiabilidad de Alpha de Cronbach, realizado al cuestionario (CMCC).

Tabla 1

Resultados prueba de confiabilidad Alpha de Cronbach

| | | N | % |
|----------------|-----------|-----|-------|
| Casos | Validez | 152 | 100.0 |
| | Excluidos | 0 | 0.0 |
| | Total | 152 | 100.0 |
| Alpha Cronbach | Ítems | | |
| .800 | 20 | | |

Los anteriores resultados muestran que Alpha de Cronbach= 0.8, este valor indica que está cercano a 1, lo cual sugiere que la escala es bastante fiable y posee buena consistencia para los 20 ítems. La consistencia de los datos obtenidos se atribuye a las mejoras que se observaron en el

grupo experimental con respecto al grupo control, las cuales fueron estadísticamente significativos en todas las competencias evaluadas, tal y como se verá más adelante. A continuación, se muestra en las Tablas 2 y 3, los datos sociodemográficos del grupo experimental y control, respectivamente.

Tabla 2

Datos sociodemográficos grupo experimental

| Medida | Sexo | N | Edad |
|--------|--------|----|------|
| Mínimo | Mujer | 19 | |
| | Hombre | 19 | |
| | Mujer | | 14 |
| | Hombre | | 14 |
| Máximo | Mujer | | 15 |
| | Hombre | | 16 |

Nota: N= cantidad de estudiantes

Tabla 3

Datos sociodemográficos grupo control

| Medida | Sexo | N | Edad |
|--------|--------|----|------|
| Mínimo | Mujer | 18 | |
| | Hombre | 20 | |
| | Mujer | | 14 |
| | Hombre | | 14 |
| Máximo | Mujer | | 16 |
| | Hombre | | 16 |

Nota: N= cantidad de estudiantes

Se infiere de las anteriores tablas, que tanto el grupo experimental como el control, tienen casi la misma cantidad de hombres y mujeres, en el grupo experimental hay 19 mujeres y 19 hombres y en el grupo control, hay 18 mujeres y 20 hom-

Tabla 4
Resultados Pre-test en ambos grupos

| Pre-test | Grupo experimental | Grupo control |
|---------------------|--------------------|---------------|
| N | 38 | 38 |
| Media | 5.24 | 5.05 |
| Mediana | 5 | 5 |
| Desviación estándar | 1.6 | 1.43 |

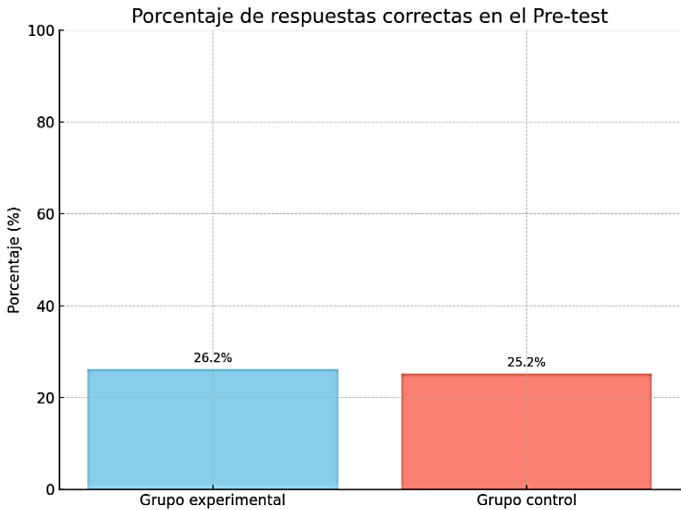
Nota. N=cantidad de estudiantes.

De la anterior tabla se infiere que, las medias en ambos grupos son muy similares, esto sugiere que, ambos grupos estaban en condiciones similares en cuanto a las competencias científicas antes de la intervención, esto es importante, ya que cualquier cambio que se de en el post-test, podría atribuirse con más confianza a la intervención aplicada. Además, los valores de la mediana, refuerzan lo anterior, dado que la mayoría de los estudiantes se concentraron alrededor del

bres, cabe aclarar que, no se realizó ningún tipo de análisis de resultados según género o edad. Posteriormente, en la Tabla 4, se muestran los resultados del pre-test y post-test en ambos grupos.

mismo valor central. Con respecto a la desviación estándar, se observa que en el grupo experimental hay ligeramente una mayor variabilidad, sin embargo, la diferencia no es significativa, por lo que sigue siendo comparable. En la Figura 1, se puede observar en términos de porcentajes de respuesta correctas en ambos grupos, ratificando lo anterior mencionado, mostrando, además, que el grupo experimental obtuvo 1% más de respuestas acertadas que el grupo control

Figura 1
Porcentaje de respuestas correctas en el pre-test en ambos grupos



Ahora, en la Tabla 5, se muestran los resultados del post-test en ambos grupos.

Tabla 5
Resultados del post-test en ambos grupos

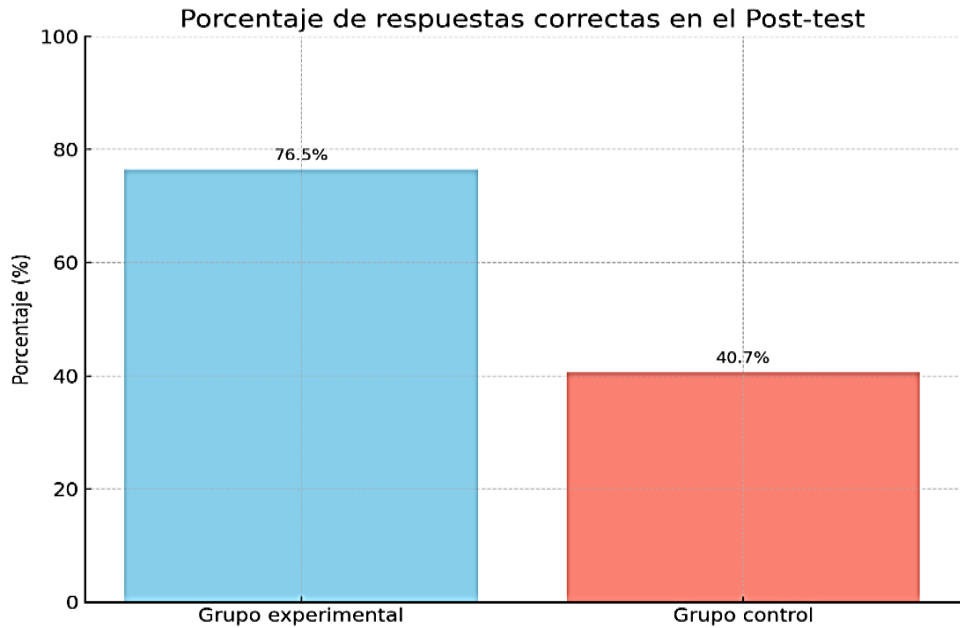
| Post-test | Grupo experimental | Grupo control |
|---------------------|--------------------|---------------|
| N | 38 | 38 |
| Media | 15.3 | 8.13 |
| Mediana | 15.5 | 8 |
| Desviación estándar | 1.69 | 1.98 |

Nota. N=cantidad de estudiantes.

Se muestra que, hubo una diferencia significativa entre las medias, esta diferencia sugiere que la intervención tuvo un efecto positivo e importante en el grupo experimental, además, las medianas son coherentes con las medias, ya que refuerzan la diferencia observada en estas, indicando que la tendencia central en el grupo experimental es

mucho mayor que en el grupo control, finalmente, la desviación estándar en ambos grupos es similar, indicando que la variabilidad de las respuestas es comparable en ambos grupos. En la Figura 2, se muestran los resultados en términos de porcentaje de respuestas correctas en ambos grupos.

Figura 2
Porcentaje de respuestas correctas en el post-test en ambos grupos



En la figura se observa que, los estudiantes del grupo experimental obtuvieron un mayor porcentaje de respuestas correctas con respecto al grupo control y aumentando en un 50,3 % con respecto al pre-test, lo que refuerza lo anterior mencionado.

Tabla 6
Prueba de normalidad grupo experimental

| Medidas | Pre-test | Post-test |
|-------------------------|----------|-----------|
| N | 38 | 38 |
| W de Shapiro-Wilk | 0.912 | 0.957 |
| Valor p de Shapiro-Wilk | 0.006 | 0.156 |

Tabla 7
Prueba de normalidad grupo control

| Medidas | Pre-test | Post-test |
|-------------------------|----------|-----------|
| N | 38 | 38 |
| W de Shapiro -Wilk | 0.948 | 0.963 |
| Valor p de Shapiro-Wilk | 0.076 | 0.233 |

En la Tabla 6, se observa que la prueba de Shapiro Wilk obtuvo en pre-test $p < 0.05$ lo cual indica que los datos no siguen una distribución normal, por lo tanto, no se aplica la prueba T-student, sino, prueba de Wilcoxon para muestra pareadas,

Tabla 8
Prueba Wilcoxon para muestras pareadas, grupo experimental

| Prueba T | | Estadístico | p |
|-----------------------------|------------------------------|---------------|-------|
| Grupo Experimental pre-test | Grupo Experimental post-test | W de Wilcoxon | 0 |
| | | | <.001 |

De los resultados anteriores, se puede inferir que, el estadístico de prueba ($W=0$) sugiere que las diferencias entre pares de datos van en la misma dirección, lo que indica un cambio consis-

A continuación, en las Tablas 6 y 7 se muestran los resultados de la prueba normalidad de Shapiro Wilk en ambos grupos, con el fin de verificar la distribución de los datos.

y en la Tabla 7, la prueba de Shapiro Wilk obtuvo un $p > 0.05$ pues el valor de rechazo de la H_a es ese, esto indica que los datos siguen una distribución normal, por lo tanto, se aplica la prueba t-student para muestras pareadas.

tente entre el pre-test y el pos-test, indicando que todos los estudiantes mejoraron, confirmándolo el valor de $p < 0,05$, que sugiere que la diferencia entre ambos momentos fue altamente significativo.

Tabla 9
Prueba t-student para muestras pareadas, grupo control

| Grupo | | Estadístico | p |
|------------------------|------------------------|--------------|-------|
| Grupo control pre-test | Grupo control pos-test | T de Student | -7.63 |
| | | | <.001 |

De la anterior tabla, se puede concluir que, el estadístico $t = -7,63$, esto sugiere que los valores fueron significativamente menores de los del pre-test, lo que se puede interpretar como un descenso en el rendimiento o la variable evaluada. Además, el valor de $p < 0,001$, esto indica que la diferencia

es significativa desde el punto de vista estadístico, por lo tanto, se concluye que el grupo control no mejoró tanto como el experimental dada la ausencia de la intervención. Ahora, se realizará la Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas, la cual se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10
Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

| Instrumento | Estadístico | p |
|-------------|--------------|-------|
| Pre-test | T de Student | 0.529 |
| Post-test | T de Student | 16.97 |
| | | <.001 |

Tabla 11
Prueba t-student para muestras independientes

| Instrumento | F | gl | gl2 | p |
|-------------|-------|----|-----|-------|
| Pre-test | 1.34 | 1 | 74 | 0.251 |
| Post-test | 0.858 | 1 | 74 | 0.357 |

Tabla 12
T para muestras independientes, Pre-test

| Competencia | Prueba | Estadístico | p |
|----------------------------------|--------------|-------------|-------|
| Explicación de fenómenos | T de Student | 0.157 | 0.878 |
| Uso comprensivo del conocimiento | T de Student | -0.731 | 0.482 |
| Indagación | T de Student | 0.185 | 0.857 |

En la Tabla 10, el valor de p tanto en el pre-test como en el post-test es mayor al valor de significancia, 0.05, se asume que hay homogeneidad en las varianzas y se puede continuar con el análisis con la prueba T-student, por lo tanto, en la Tabla 11, se evidencia que, en el pre- test. $p > 0.05$, es decir que no existe una diferencia significativa

entre los grupos y en el post-test, $p < 0.05$, es decir, si hubo una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo experimental y el grupo control. Ahora se analizarán los resultados de la prueba t-student por competencia en el pre-test y post-test, como se muestran en las Tablas 12 y 13, así como resultados en términos de porcentaje en la figura 3.

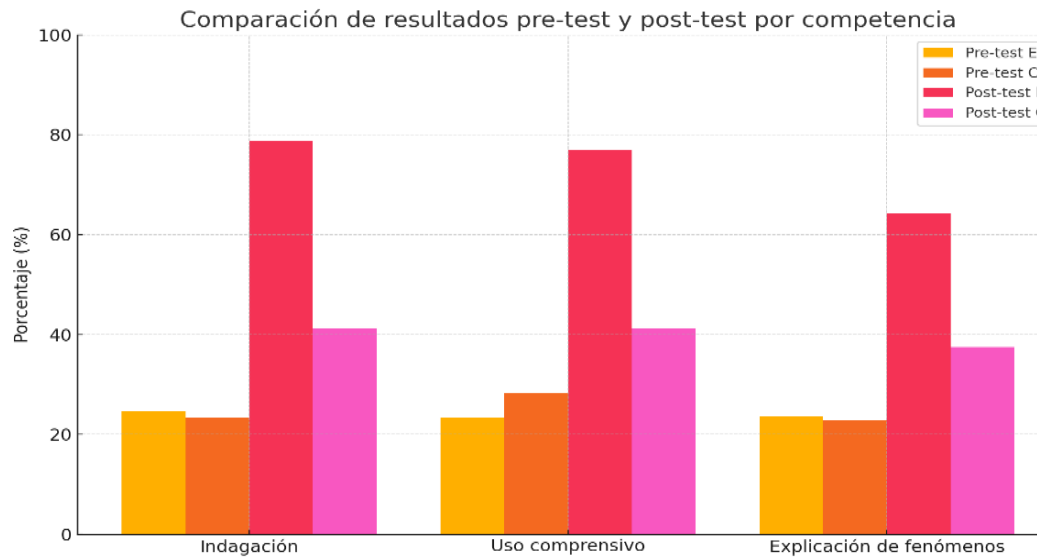
Tabla 13

T para muestras independientes, Post-test

| Competencia | Prueba | Estadístico | p |
|----------------------------------|--------------|-------------|-------|
| Explicación de fenómenos | T de Student | -4.294 | <.001 |
| Uso comprensivo del conocimiento | T de Student | -5.388 | <.001 |
| Indagación | T de Student | 8.709 | <.001 |

Figura 3

Comparación pre-test y post-test por competencia, en ambos grupos



Conclusión

Lo anterior muestra que, la intervención tuvo un efecto positivo en cada una de las competencias, el simulador PhET, resultó especialmente efectivo en fortalecer la competencia indagación con un valor de t particularmente alto. Estos hallazgos respaldan la utilidad pedagógica en el uso de simuladores como herramienta en el desarrollo de competencias científicas.

La presente investigación, exploró el impacto del aplicativo PhET como herramienta TIC en el fortalecimiento de las competencias en Química en estudiantes del grado noveno. Los resultados obtenidos, respaldan la hipótesis de investigación, demostrando que, el simulador virtual como medio de experimentación y como estrategia de aula, permitió fortalecer ampliamente

las competencias en química, además, los resultados evidencian diferencias significativas entre el grupo control y el experimental, ya que, se observó un mayor incremento en las medias en cada una de las competencias en este último, si bien es cierto que, el grupo control también tuvo una leve mejoría en los resultados, lo anterior se atribuye a las clases impartidas bajo el modelo tradicional, por lo que se confirma, que metodologías mediadas por las TIC, y como es el caso, recursos dirigidos a la experimentación como PhET, permiten mejorar aspectos inherentes a las competencias, tales como: observación, indagación, formulación de hipótesis y la comprobación de las mismas, refuerza pensamiento crítico y reflexivo, permite una mayor relación entre la práctica y la teoría, mejora la interpretación de modelos científicos facilitando la comprensión de conceptos abstractos, además, fomenta la capacidad de tomar decisiones fundadas en la evidencia. (Cabero & Costas, 2017).

Por lo tanto, el análisis estadístico descriptivo de cada una de las competencias tanto en el pretest como el post-test, reveló que, hubo un aumento significativo en el grupo experimental, lo anterior se infiere por las diferencias observadas en el desempeño de los estudiantes en ambos grupos, lo que sugiere además, que los resultados no son un producto del azar, sino, que puede ser atribuido a la incorporación del aplicativo como estrategia de aula, resaltando además la importancia de integrar metodologías innovadoras en la enseñanza de la química, que permitan la experimentación a través de simulaciones interactivas que favorecen la comprensión conceptual y la resolución de problemas. Lo anterior es respaldado por Castillo (2008), ya que afirma que, las TIC son herramientas que

facilitan la adquisición de nuevos conocimientos y permiten alcanzar aprendizajes abstractos mediante el sinfin de opciones que estas brindan, tales como: aprendizaje autónomo, interacción directa, aprendizajes basados exploración, trabajo en equipo, ritmos propios de trabajo, retroalimentación inmediata, indagación, etc. Dichos aspectos, son fundamentales en la adquisición de competencias científicas.

Asimismo, Sáez (2019) enfatiza que las TIC en la actualidad, son una herramienta fundamental en la educación al brindar recursos que permiten profundizar en diferentes campos, siendo los simuladores virtuales uno de ellos, lo cual confiere la oportunidad de realizar prácticas experimentales de manera segura y en cualquier momento, ya que son recursos disponibles en la web de manera gratuita. Además, las TIC permiten una interacción constante entre pares generando espacios de aprendizaje, discusión y reflexión, aspectos importantes y necesarios en el aula de clase para fortalecer conceptos y lograr encontrar la relación de estos con el medio natural. (Hernández, 2017). Lo mencionado anteriormente, se logró evidenciar durante el desarrollo de la investigación, ya que los estudiantes se mostraron más activos y receptivos frente a diversos procesos realizados y tuvieron una mayor comunicación con sus compañeros de clase generando aprendizaje a partir de la interacción y discusión desde la reflexión de los procesos, lo que les permitió enriquecer sus conocimientos.

Lo anterior, guarda relación con algunas teorías de Piaget y Vygotsky, ya que, desde el constructivismo, el conocimiento no es percibido de manera pasiva por el individuo, al contrario, es el un agente activo en la construcción del mismo, lo cual puede ser mediante, la exploración, exper-

imentación y reflexión sobre su proceso de aprendizaje. (Saldarriaga et al.,2016). En este sentido, la implementación del simulador PhET como herramienta metodológica, permitió que el aprendizaje fuese más dinámico para los estudiantes, ya que, no se impuso un solo camino o ruta de aprendizaje, cada estudiante puede tener un aprendizaje autodirigido, explorar a un ritmo propio e ir descubriendo conceptos y nuevos conocimientos, aumentando la capacidad de relación entre teoría y práctica fortaleciendo trabajo activo y autonomía. Adicionalmente, teniendo en cuenta que las competencias científicas son un componente fundamental para la adquisición de conocimientos en química, según el Ministerio de Educación Nacional (MEN), es importante fortalecer estas a partir de estrategias que incluyan la experimentación, ya que las prácticas permiten que, desde diferentes contextos se construyan diferentes conceptos relacionados con fenómenos naturales y con su medio inmediato, en esta medida, se logra dar mayor sentido a lo que se aprende. (Alegría et al., 2023).

Por lo tanto, los resultados confirman lo dicho por el autor, ya que, mediante la experimentación simulada en el aplicativo, se logró evidenciar los fenómenos naturales a través de la manipulación de variables, fortaleciendo las competencias propias de las ciencias naturales (indagación, explicación de fenómenos y uso comprensivo del conocimiento) a la vez que se fomentó la autonomía en el proceso de aprendizaje. Finalmente, los resultados mostraron que, esta metodología puede ser replicada en diferentes entornos educativos, no solo por eficacia sino, además, porque el aplicativo PhET es un simulador virtual que ofrece oportunidades de experimentación

segura y de bajo costo, para aquellas instituciones de recursos limitados, teniendo en cuenta que, los laboratorios físicos con todo lo que ello implica, requiere muchos recursos y altos costos. Adicionalmente, las simulaciones son herramientas tecnológicas que facilitan la investigación en los escenarios educativos, permitiendo entre otras cosas, que los estudiantes interactúen con conocimientos abstractos y complejos y, en esta medida, logren comprenderlos y así adquirir las competencias.

Asimismo, la evidencia sugiere que las prácticas experimentales en la enseñanza de química permite que los estudiantes interactúen activamente con los fenómenos estudiados en lugar de limitarlos a la memorización de conceptos teóricos, esto es fundamental para la formación de competencias científicas y tecnológicas en el siglo XXI, donde la educación debe responder a las demandas de un mundo en constante crecimiento y evolución. (Sáez, 2019).

Agradecimientos

Agradezco a la institución educativa Juan María Céspedes por brindar los espacios necesarios para el desarrollo de la investigación, a la Universidad Cuauhtémoc, plantel de Aguascalientes, Ags. (México), que acompañó y facilitó todo el proceso de la investigación.

Referencias

Alegría, R. V., Torres, L. M., Alvarado, L. P. L., Orbe, J. V., Vega, L. E. C., & Panduro, S. K. D. (2023). Impacto del Simulador PhET en la Capacidad de Indagación con Estudiantes Universitarios. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 3281-3295.

Cabero-almenara, J., & Costas, J. (2017b). *La utilización de simuladores para La formación de Los alumnos*.

Castillo, S. (2008). Propuesta pedagógica basada en el constructivismo para el uso óptimo de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 11(2), 171-194.

Hernandez, R. M. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. *Propósitos y representaciones*, 5(1), 325-347. <https://doi.org/10.20511/pyr2017.v5n1.149>

Ministerio de Educación Nacional. (2016). *Plan Nacional Decenal de Educación 2016-2026: El camino hacia la calidad y la equidad*.

Pacheco, A. R., Lorduy, D. J., Flórez, E. P., & Páez, J. C. (2021). Uso de simuladores phet para el aprendizaje del concepto de soluciones desde las representaciones en química. *Revista Boletín Redipe*, 10(7), Article 7. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i7.1358>

Paladines Sarria, L. Y. (2021). *La experimentación para promover competencias científicas actitudinales desde el concepto mezcla en la educación básica* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL.

PhET Interactive Simulations. (s.f.). *University of Colorado Boulder*. <https://phet.colorado.edu>

Rivera Toro, K. A., Guerrero Julio, M. L., & Rosero Mellizo, L. S. (2022). Simulaciones en phet como estrategia en tiempos de covid-19 para generar aprendizaje significativo al potenciar la competencia explicación de fenómenos. *Panorama*, 16(30), 13. <https://doi.org/10.15765/pnrm.v16i30.3135>.

Sáez, M. R. (2019a). La educación constructivista en la era digital. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 111-127. <https://doi.org/10.51302/tce.2019.244>

Saldarriaga-Zambrano, P. J., Bravo-Cedeño, G. del R., & Lóor-Rivadeneira, M. R. (2016). La teoría constructivista de Jean Piaget y su significación para la pedagogía contemporánea. *Dominio de las Ciencias*, 2(3 Especial), 127-137. <https://doi.org/10.23857/dc.v2i3%20Especial.298>.

Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill México.