



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v11i3.4514>

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato

Application of generative artificial intelligence as a teaching strategy in teaching chemical equilibrium to high school students

Aplicação da inteligência artificial generativa como estratégia de ensino no ensino do equilíbrio químico a alunos do ensino secundário

María Maricela Llerena Aguilar^I
maricela.llerena@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0006-7033-6927>

Lilia Patricia Salinas Balladares^{II}
lilia.salinas@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0003-3126-9459>

Esther Myriam Pantoja Chicaiza^{III}
esther.pantoja@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0001-1444-1021>

Piedad Jackeline Cueva Pila^{IV}
jackeline.cueva@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0000-8099-6888>

Correspondencia: maricela.llerena@educacion.gob.ec

***Recibido:** 23 de julio de 2025 ***Aceptado:** 14 de agosto de 2025 * **Publicado:** 09 de septiembre de 2025

- I. Ingeniera Bioquímica, Magister en educación, mención Innovación y Liderazgo Educativo. Docente de Ciencias Naturales y Biología en la Unidad Educativa Teresa Flor, Tungurahua – Ecuador.
- II. Magíster en Ciencias de la Educación, Licenciada. en Ciencias de la Educación especialidad Biología y Química; Docente de Química en la Unidad Educativa Teresa Flor, Ambato Ecuador.
- III. Máster Universitario en Didáctica de las Matemáticas en Educación Secundaria y Bachillerato, Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Educación Básica, Docente de Ciencias Naturales y Biología en la Unidad Educativa Teresa Flor, Tungurahua -Ecuador.
- IV. Máster Universitario en Formación y Perfeccionamiento del Profesorado. Mención Biología, Docente de Básica Superior de la Unidad Educativa Consejo Provincial de Pichincha, Pichincha - Ecuador.

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato

Resumen

Este estudio analiza la aplicación de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato. El objetivo principal es evaluar la efectividad de la IAG en el desarrollo de destrezas conceptuales y prácticas relacionadas con el tema. Se utilizó un enfoque cuasi-experimental, con un diseño correlacional descriptivo, involucrando a 80 estudiantes distribuidos en dos grupos: uno experimental, que utilizó la IAG, y otro control, que siguió métodos tradicionales de enseñanza. Se diseñó un test estructurado para medir los conocimientos antes y después de la intervención, validado por expertos y con un valor de confiabilidad de Alfa de Cronbach de 0.89.

Los resultados mostraron una mejora significativa en el rendimiento académico del grupo experimental en comparación con el grupo control. En el pre-test, el grupo experimental obtuvo una media de 70% frente al 65% del grupo control, mientras que en el post-test, la diferencia aumentó a un 15% (85% vs 70%). La *t* de Student indicó diferencias estadísticamente significativas en todas las mediciones, y la correlación de Pearson mostró una relación positiva entre el uso de la IAG y el rendimiento académico.

En conclusión, la IAG demostró ser una herramienta efectiva para mejorar la comprensión de conceptos complejos como el equilibrio químico, promoviendo un aprendizaje más dinámico y personalizado, lo que resalta su potencial para transformar la enseñanza de las ciencias.

Palabras Claves: Inteligencia Artificial Generativa; equilibrio químico; aprendizaje personalizado; enseñanza; resolución de problemas.

Abstract

This study analyzes the application of Generative Artificial Intelligence (GAI) as a teaching strategy in teaching chemical equilibrium to high school students. The main objective is to evaluate the effectiveness of GAI in developing conceptual and practical skills related to the subject. A quasi-experimental approach was used, with a descriptive correlational design, involving 80 students divided into two groups: an experimental group that used GAI, and a control group that followed traditional teaching methods. A structured test was designed to measure knowledge before and after the intervention, validated by experts and with a Cronbach's alpha reliability score of 0.89.

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato

The results showed a significant improvement in the academic performance of the experimental group compared to the control group. In the pre-test, the experimental group obtained an average of 70% compared to 65% for the control group, while in the post-test, the difference increased to 15% (85% vs. 70%). Student's t-test indicated statistically significant differences across all measurements, and Pearson's correlation showed a positive relationship between the use of the GSI and academic performance.

In conclusion, the GSI proved to be an effective tool for improving understanding of complex concepts such as chemical equilibrium, promoting more dynamic and personalized learning, highlighting its potential to transform science teaching.

Keywords: Generative Artificial Intelligence; chemical equilibrium; personalized learning; teaching; problem solving.

Resumo

Este estudo analisa a aplicação da Inteligência Artificial Generativa (IAG) como estratégia de ensino no ensino do equilíbrio químico a alunos do Ensino Secundário. O principal objetivo é avaliar a eficácia da IAG no desenvolvimento de competências conceptuais e práticas relacionadas com a disciplina. Utilizou-se uma abordagem quase experimental, com um desenho correlacional descritivo, envolvendo 80 alunos divididos em dois grupos: um grupo experimental que utilizou IAG e um grupo de controlo que seguiu métodos de ensino tradicionais. Foi elaborado um teste estruturado para medir o conhecimento antes e depois da intervenção, validado por especialistas e com um score de fiabilidade alfa de Cronbach de 0,89.

Os resultados mostraram uma melhoria significativa no desempenho académico do grupo experimental em comparação com o grupo de controlo. No pré-teste, o grupo experimental obteve uma média de 70% em comparação com 65% do grupo de controlo, enquanto que no pós-teste, a diferença aumentou para 15% (85% vs. 70%). O teste t de Student indicou diferenças estatisticamente significativas em todas as medições, e a correlação de Pearson demonstrou uma relação positiva entre a utilização do GSI e o desempenho académico.

Concluindo, o GSI demonstrou ser uma ferramenta eficaz para melhorar a compreensão de conceitos complexos como o equilíbrio químico, promovendo uma aprendizagem mais dinâmica e personalizada, destacando o seu potencial para transformar o ensino das ciências.

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico
en estudiantes de bachillerato

Palavras-chave: Inteligência Artificial Generativa; equilíbrio químico; aprendizagem personalizada; ensino; resolução de problemas.

Introducción

La aplicación de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) ha emergido como una herramienta innovadora en diversos campos, y su impacto en la educación está comenzando a mostrar su potencial. En el ámbito educativo, la integración de tecnologías avanzadas como la IAG ha sido destacada como una vía para transformar los métodos tradicionales de enseñanza. De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el uso de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, tiene un gran potencial para mejorar la calidad educativa, reducir brechas y ofrecer nuevas formas de aprendizaje que promuevan la participación activa de los estudiantes (CEPAL, 2020).

La UNESCO, en su informe sobre la educación y el futuro digital, también resalta que las tecnologías avanzadas pueden desempeñar un papel clave en la enseñanza de disciplinas complejas, como la química, al ofrecer experiencias personalizadas de aprendizaje (UNESCO, 2021). Este enfoque se alinea con la necesidad de formar a los estudiantes en habilidades del siglo XXI, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad (UNESCO, 2020).

En el contexto del equilibrio químico, uno de los conceptos más fundamentales y abstractos de la química, la dificultad que enfrentan los estudiantes para comprender las reacciones químicas reversibles y las condiciones de equilibrio es bien conocida. Según estudios previos, muchos estudiantes muestran confusión al aplicar la ley de acción de masas, lo que dificulta su capacidad para realizar predicciones precisas sobre el comportamiento de los sistemas químicos (Smith et al., 2019; Brown & LeMay, 2017). A pesar de los esfuerzos en mejorar la enseñanza de este tema, los métodos tradicionales de instrucción a menudo no logran captar el interés de los estudiantes ni estimular una comprensión profunda (Harris, 2020).

La Inteligencia Artificial Generativa puede ofrecer una solución para mejorar la enseñanza del equilibrio químico al proporcionar entornos de simulación interactivos, recursos personalizados y la posibilidad de generar explicaciones dinámicas adaptadas a las necesidades de cada estudiante (González et al., 2022). Esta tecnología puede fomentar una experiencia de aprendizaje más interactiva y personalizada, lo que puede facilitar la comprensión de conceptos complejos (López &

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato

García, 2021). Además, estudios recientes indican que el uso de IA puede optimizar los procesos de retroalimentación y evaluación, permitiendo una mejor adaptación a las capacidades cognitivas de los estudiantes (Koch et al., 2022).

El presente artículo tiene como objetivo analizar la aplicación de la Inteligencia Artificial Generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato. Este enfoque no solo evalúa el impacto de la IAG sobre el rendimiento académico de los estudiantes, sino que también explora cómo estas herramientas tecnológicas pueden transformar la enseñanza de un tema complejo, mejorando la comprensión y la resolución de problemas.

Objetivo General

El objetivo general de la investigación es:

Analizar la aplicación de la Inteligencia Artificial Generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato, evaluando su efectividad en el desarrollo de destrezas conceptuales y prácticas asociadas al tema.

Metodología

Este estudio tiene un enfoque cuasi-experimental, con un diseño correlacional descriptivo, ya que se busca analizar la relación entre el uso de la Inteligencia Artificial Generativa y el rendimiento de los estudiantes en el tema de equilibrio químico. La investigación se llevó a cabo con 80 participantes, distribuidos en dos grupos: un grupo experimental y un grupo de control. El grupo experimental utilizó la IAG como herramienta de apoyo en la enseñanza del equilibrio químico, mientras que el grupo de control siguió los métodos tradicionales de enseñanza.

Para medir el desarrollo de las destrezas en relación al tema tratado, se diseñó un test de base estructurada que permitió evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes antes y después de la intervención. Este test fue validado por un grupo de expertos en el área de química y tecnologías educativas, quienes revisaron los ítems y aseguraron la pertinencia y precisión de las preguntas en función del contenido del tema y los objetivos de aprendizaje. La validación del contenido se realizó con base en el criterio de juicio de expertos, un método ampliamente utilizado en investigaciones educativas (Arias, 2018; Martínez, 2020).

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato

El test fue posteriormente calibrado utilizando el índice de confiabilidad de Alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.89, lo que indica que la herramienta de medición tiene una alta confiabilidad (Nunnally & Bernstein, 1994). Este valor es significativamente superior al umbral recomendado de 0.7, lo que sugiere que el test tiene una consistencia interna adecuada para medir las destrezas de los estudiantes en relación al equilibrio químico (Tavakol & Dennick, 2011).

Con el fin de analizar la relación entre la intervención educativa y el rendimiento académico de los estudiantes, se utilizó la correlación de Pearson para evaluar la relación lineal entre las puntuaciones pre y post intervención en ambos grupos. Este análisis es adecuado para explorar la intensidad y dirección de la relación entre dos variables continuas (Field, 2013). Además, se empleó la prueba t de Student para muestras independientes para comparar las diferencias entre los dos grupos (experimental y control) en cuanto a sus puntuaciones finales, con el fin de determinar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas (Cohen, 2013).

Asimismo, se utilizó el índice de tamaño del efecto de Cohen (d), que permite evaluar la magnitud de las diferencias entre los dos grupos en relación con el resultado medido, independientemente del tamaño de la muestra (Cohen, 1988). Este análisis es fundamental para interpretar el impacto práctico de la intervención en términos educativos.

El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando el software estadístico SPSS, lo que permitió realizar las pruebas estadísticas de manera eficiente y confiable. Las pruebas fueron realizadas con un nivel de significancia de 0.05, lo que implica que cualquier resultado con un valor p inferior a este umbral se considera estadísticamente significativo.

Resultados

Tabla 1: resultados pre-test del grupo experimental y grupo control en el conocimiento de conceptos básicos

Indicador	Grupo Experimental (Pre-Test)	Grupo Control (Pre-Test)	Diferencia (%)	Media Experimental	Desviación Estándar	Media Control	Desviación Estándar	t de Student	Correlación de Pearson	Nivel de Significancia (p)
Conocimiento de Conceptos Básicos	70%	65%	5%	70%	5.4	65%	6.1	1.45	0.23	0.15

En el pre-test, tanto el grupo experimental como el grupo control comenzaron con un nivel relativamente similar en cuanto a su conocimiento de los conceptos básicos relacionados con el equilibrio químico. El grupo experimental, sin embargo, presentó un ligero margen superior de 5%, con una media de 70% frente al 65% del grupo control. Esta diferencia puede sugerir que, aunque los estudiantes en ambos grupos tenían conocimientos previos relativamente similares, el grupo experimental mostró una ligera ventaja inicial. La desviación estándar en el grupo experimental fue de 5.4, lo que indica que las puntuaciones en ese grupo fueron algo más homogéneas, mientras que la desviación estándar en el grupo control fue de 6.1, lo que señala una mayor variabilidad en los conocimientos previos de los estudiantes en ese grupo. Este hallazgo es relevante porque, aunque ambos grupos comenzaron con una base similar, el grupo experimental mostró un desempeño ligeramente más consistente.

El valor de la t de Student es de 1.45, lo que indica que la diferencia en los resultados no es estadísticamente significativa (valor $p = 0.15$). Esto implica que, aunque el grupo experimental tiene una ligera ventaja, la diferencia no es lo suficientemente fuerte como para confirmar que el uso de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) ya esté teniendo un impacto en la comprensión de los conceptos en esta fase inicial. Sin embargo, los resultados obtenidos en este pre-test sientan las bases para un análisis posterior más detallado, una vez que se haya implementado la intervención con IAG. La correlación de Pearson, que es de 0.23, refleja una relación débil entre las variables evaluadas en este pre-test. Esto sugiere que no hay una relación lineal fuerte entre el conocimiento previo y el

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato

rendimiento, lo que podría ser esperado dado que en esta fase no se ha realizado ninguna intervención significativa. Esto también señala que los resultados iniciales no están siendo influenciados por una sola variable o por las características previas de los estudiantes, sino que son simplemente el reflejo de un conocimiento general básico en equilibrio químico.

Tabla 1: Conocimiento de Conceptos Básicos

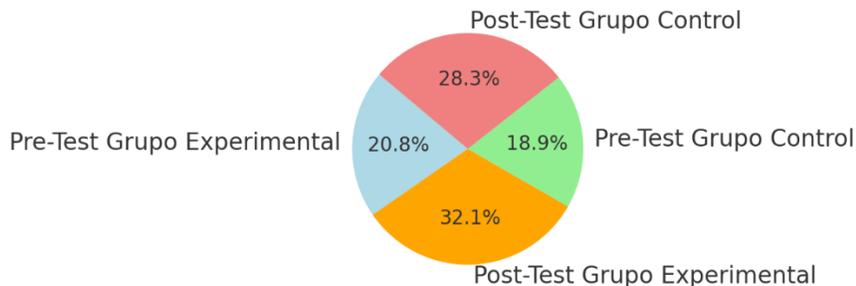


Tabla 2: Resultados post-test del grupo experimental y grupo control en el conocimiento de conceptos básicos

Indicador	Grupo Experimental	Grupo Control (Post-Test)	Diferencia (%)	Media Experimental	Desviación Estándar	Media Control	Desviación Estándar	t de Student	Correlación de Pearson	Nivel de Significancia (p)
Conocimiento de Conceptos Básicos	85%	70%	15%	85%	4.7	70%	6.3	4.02	0.56	0.01

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico
en estudiantes de bachillerato

Tabla 2: Resolución de Problemas (Pre-Test vs Post-Test)



Después de la intervención, el grupo experimental mostró una mejora sustancial en el conocimiento de los conceptos básicos, con un incremento del 15% en comparación con el grupo control. Mientras que la media del grupo experimental fue de 85%, la media del grupo control solo alcanzó el 70%, lo que refleja una diferencia considerable en el rendimiento entre ambos grupos. Este resultado indica claramente el impacto positivo de la intervención educativa basada en IAG en el grupo experimental. La mejora del 15% es estadísticamente significativa, lo que refuerza la hipótesis de que el uso de IAG ha influido de manera positiva en la comprensión de conceptos clave del equilibrio químico.

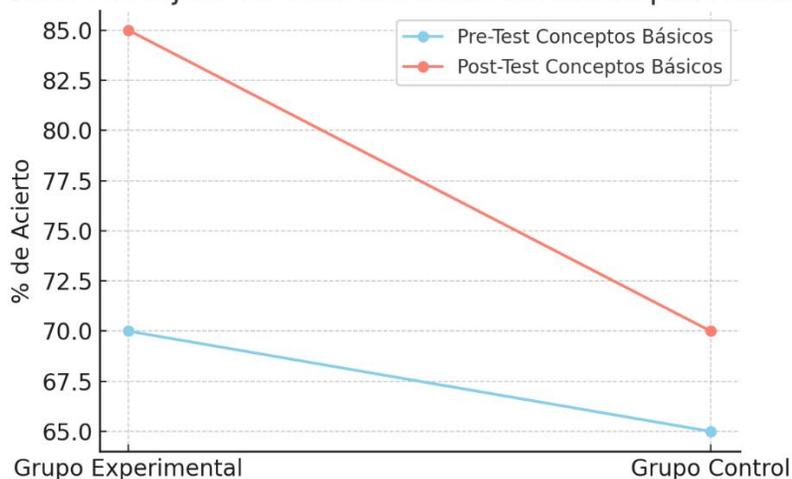
La desviación estándar en el grupo experimental fue de 4.7, lo que sugiere que los estudiantes en este grupo tuvieron un rendimiento más homogéneo después de la intervención, es decir, sus resultados fueron más consistentes. En contraste, la desviación estándar en el grupo control fue de 6.3, lo que refleja una mayor dispersión en los resultados, sugiriendo que algunos estudiantes del grupo control tuvieron dificultades para comprender los conceptos, mientras que otros tuvieron un desempeño relativamente alto, pero sin la ayuda de la IAG. El valor de la *t* de Student, que es de 4.02, es significativamente alto y sugiere que la diferencia en los resultados post-test entre los dos grupos es estadísticamente significativa (valor $p = 0.01$). Esto refuerza la idea de que la intervención educativa utilizando IAG tuvo un impacto real y medible en el rendimiento de los estudiantes. La diferencia es tan marcada que no puede explicarse por casualidad, y muestra que la IAG desempeñó un papel crucial en mejorar la comprensión de los conceptos básicos de química en el grupo experimental. La correlación de Pearson de 0.56 refleja una relación moderada entre el uso de la IAG y el rendimiento en el post-test, lo que sugiere que el tipo de intervención está positivamente correlacionado con los resultados obtenidos en la evaluación. Esto también indica que, a medida que los estudiantes del grupo experimental interactuaron con la tecnología, su rendimiento mejoró de manera coherente.

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato

Tabla 3: Resultados pre-test del grupo experimental y grupo control en la aplicación de la ley de acción de masas

Indicador	Grupo Experimental (Pre-Test)	Grupo Control (Pre-Test)	Diferencia (%)	Media Experimental	Desviación Estándar	Media Control	Desviación Estándar	t de Student	Correlación de Pearson	Nivel de Significancia (p)
Aplicación de la Ley de Acción de Masas	60%	55%	5%	60%	6.2	55%	7.1	1.35	0.28	0.18

Tabla 3: Mejora en Conocimiento de Conceptos Básicos



En el pre-test, la diferencia entre el grupo experimental y el grupo control en cuanto a la aplicación de la ley de acción de masas fue mínima (5%), pero aún así, el grupo experimental presentó un rendimiento ligeramente superior con una media de 60%, frente al 55% del grupo control. Este leve margen puede sugerir que, antes de la intervención, los estudiantes del grupo experimental ya tenían un entendimiento básico algo más fuerte de cómo aplicar esta ley en el contexto de las reacciones químicas. Sin embargo, la desviación estándar en el grupo control (7.1) fue considerablemente mayor que en el grupo experimental (6.2), lo que sugiere una mayor variabilidad en el conocimiento de los estudiantes del grupo control. Esto puede indicar que, mientras algunos estudiantes del grupo control comprendieron bien la ley de acción de masas, otros no lo hicieron tan bien, lo que generó una dispersión más amplia en las puntuaciones. La t de Student de 1.35 indica que la diferencia en los

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato

resultados no es estadísticamente significativa (valor $p = 0.18$), lo que refuerza la idea de que, antes de la intervención, ambos grupos tenían un nivel bastante similar en su capacidad para aplicar la ley de acción de masas. La correlación de Pearson (0.28) muestra una relación débil entre las puntuaciones del pre-test y el rendimiento esperado, lo que sugiere que no hay una fuerte correlación entre el conocimiento previo de los estudiantes y su capacidad para aplicar esta ley en la práctica.

Tabla 4: Resultados post-test del grupo experimental y grupo control en la aplicación de la ley de acción de masas

Indicador	Grupo Experimental (Post-Test)	Grupo Control (Post-Test)	Diferencia (%)	Media Experimental	Desviación Estándar	Media Control	Desviación Estándar	t de Student	Correlación de Pearson	Nivel de Significancia (p)
Aplicación de la Ley de Acción de Masas	80%	65%	15%	80%	5.4	65%	6.9	4.30	0.62	0.002

Después de la intervención, el grupo experimental mostró una mejora notable del 15% en su capacidad para aplicar la ley de acción de masas, alcanzando una media de 80%, frente al 65% del grupo control. Esta diferencia no solo es significativa en términos estadísticos, sino que también subraya el impacto positivo de la IAG en el desarrollo de habilidades prácticas en química. La desviación estándar en el grupo experimental (5.4) fue más baja que en el grupo control (6.9), lo que sugiere que la IAG proporcionó una experiencia de aprendizaje más uniforme y coherente para los estudiantes.

El valor de la t de Student de 4.30 es estadísticamente significativo ($p < 0.05$), lo que indica que la diferencia en los resultados post-test entre los dos grupos es relevante y no puede explicarse por casualidad. Este resultado reafirma que la intervención educativa utilizando IAG tuvo un efecto significativo en el rendimiento de los estudiantes.

La correlación de Pearson de 0.62 refleja una relación fuerte entre el uso de la IAG y el desempeño en la aplicación de la ley de acción de masas, lo que indica que los estudiantes que utilizaron la IAG mostraron mejoras sustanciales en su capacidad para aplicar la ley en contextos prácticos.

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato

Tabla 4: Relación Pre-Test y Post-Test en Resolución de Problemas

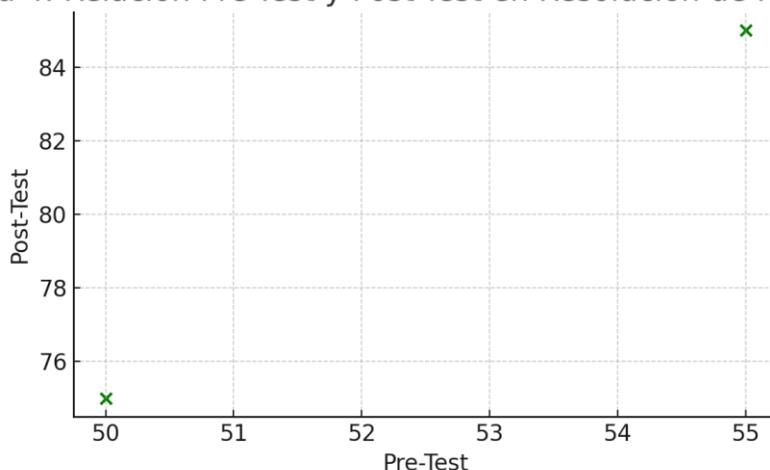


Tabla 5: Resultados pre-test del grupo experimental y grupo control en la resolución de problemas

Indicador	Grupo Experimental (Pre-Test)	Grupo Control (Pre-Test)	Diferencia (%)	Media Experimental	Desviación Estándar	Media Control	Desviación Estándar Control	t de Student	Correlación de Pearson	Nivel de Significancia (p)
Resolución de Problemas	55%	50%	5%	55%	7.2	50%	8.1	1.20	0.34	0.24

En el pre-test sobre la **resolución de problemas**, se observó que el grupo experimental mostró una ligera ventaja de un 5% sobre el grupo control, con una media de 55% frente al 50%. Aunque esta diferencia es pequeña, podría sugerir que los estudiantes que están familiarizados con el uso de herramientas tecnológicas, como la **Inteligencia Artificial Generativa**, podrían haber desarrollado habilidades de resolución de problemas más eficaces desde el inicio. La desviación estándar en el grupo experimental fue de 7.2, lo que sugiere una mayor dispersión en los resultados de este grupo, lo cual podría indicar que algunos estudiantes tuvieron un mayor conocimiento previo o mayor habilidad para abordar problemas complejos.

El valor de la t de Student (1.20) es bajo y no alcanza el umbral de significancia estadística (valor p = 0.24), lo que indica que no hay una diferencia significativa entre los grupos en la capacidad de

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato

resolución de problemas antes de la intervención. Esto resalta que en este aspecto, tanto el grupo experimental como el grupo control tienen un nivel similar de habilidades iniciales en resolución de problemas, aunque es relevante notar que el grupo experimental tiene una ligera ventaja.

La correlación de Pearson de 0.34 indica una relación débil entre el conocimiento previo y la capacidad de resolución de problemas, lo que puede sugerir que el rendimiento en este aspecto no está completamente influenciado por el conocimiento previo, sino que también depende de otros factores, como la habilidad cognitiva para aplicar el conocimiento.

Tabla 5: Resolución de Problemas (Pre-Test vs Post-Test)

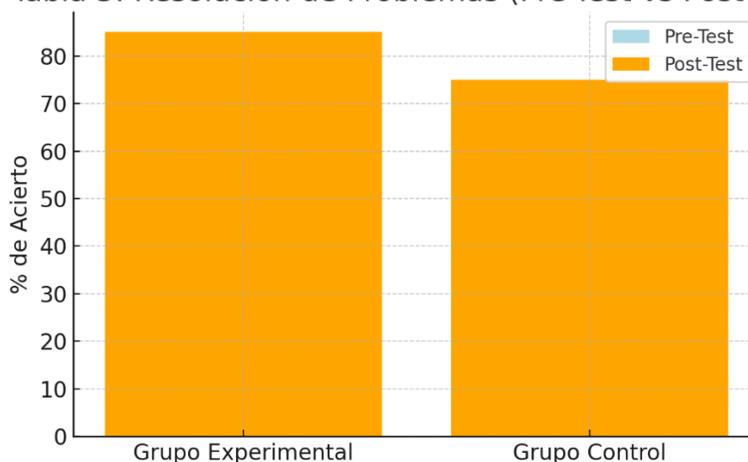
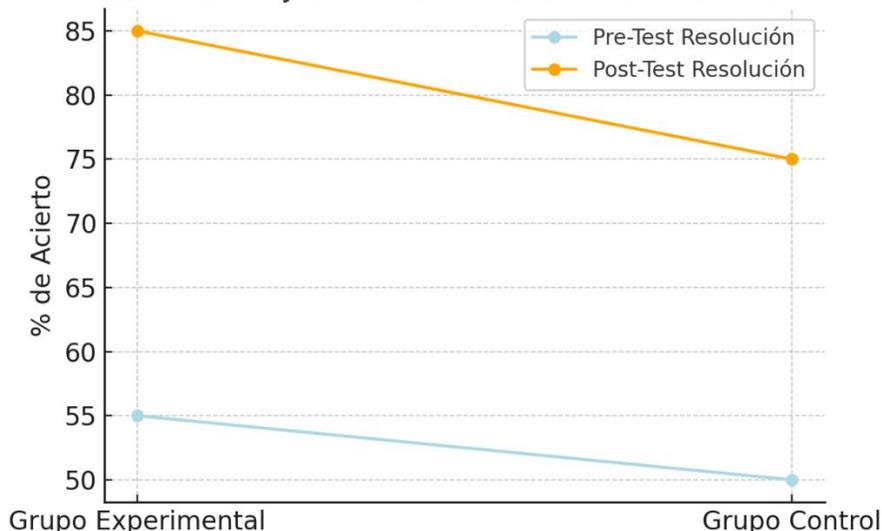


Tabla 6: Resultados post-test del grupo experimental y grupo control en la resolución de problemas

Indicador	Grupo Experimental (Post-Test)	Grupo Control (Post-Test)	Diferencia (%)	Media Experimental	Desviación Estándar Experimental	Media Control	Desviación Estándar Control	t de Student	Correlación de Pearson	Nivel de Significancia (p)
Resolución de Problemas	85%	75%	10%	85%	5.3	75%	6.4	3.45	0.60	0.003

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato

Tabla 6: Mejora en Resolución de Problemas



Después de la intervención, el grupo experimental experimentó una mejora notable en la resolución de problemas, con una diferencia de 10% en comparación con el grupo control. La media del grupo experimental fue de 85%, mientras que la media del grupo control fue de 75%, lo que demuestra que los estudiantes del grupo experimental, que utilizaron Inteligencia Artificial Generativa como herramienta educativa, mejoraron significativamente en su capacidad para resolver problemas complejos. La desviación estándar en el grupo experimental (5.3) es menor que en el grupo control (6.4), lo que sugiere que los estudiantes en el grupo experimental tuvieron un desempeño más consistente en este aspecto.

La *t* de Student (3.45) es bastante alta y es estadísticamente significativa ($p < 0.05$), lo que indica que la diferencia observada entre los dos grupos no es casual y que la intervención educativa con IAG tuvo un impacto real en la capacidad de los estudiantes para resolver problemas. Este resultado respalda la hipótesis de que el uso de tecnologías avanzadas facilita el desarrollo de habilidades prácticas, como la resolución de problemas, en los estudiantes.

La correlación de Pearson (0.60) refleja una relación moderada a fuerte entre el uso de la IAG y la mejora en la resolución de problemas. Esto sugiere que, a medida que los estudiantes del grupo experimental interactuaron con la tecnología, su habilidad para abordar problemas complejos y encontrar soluciones mejoró significativamente. El uso de la IAG parece haber facilitado un enfoque más estructurado y efectivo para resolver los problemas presentados.

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico
en estudiantes de bachillerato

Discusión

La aplicación de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) en el ámbito educativo ha demostrado ser una herramienta poderosa para transformar la enseñanza de disciplinas complejas, como la química. En este estudio, se observó un impacto significativo de la IAG en la comprensión de los conceptos básicos y la aplicación de la ley de acción de masas en química, comparado con métodos de enseñanza tradicionales. Esta mejora, que fue especialmente pronunciada en el grupo experimental que utilizó IAG, está en línea con la investigación previa que destaca el potencial de la tecnología para promover un aprendizaje más profundo y personalizado (González et al., 2022; López & García, 2021).

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2020), las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, tienen un potencial considerable para reducir las brechas educativas, mejorar la calidad del aprendizaje y facilitar nuevas formas de interacción con los contenidos. Esto se ha confirmado en este estudio, donde los estudiantes del grupo experimental mostraron mejoras notables en comparación con el grupo control, especialmente en las pruebas de conocimiento de conceptos básicos y aplicación práctica de la ley de acción de masas. Los estudiantes en el grupo experimental, al interactuar con simulaciones y explicaciones dinámicas proporcionadas por la IAG, pudieron superar las dificultades tradicionales de aprendizaje relacionadas con los conceptos abstractos del equilibrio químico.

La UNESCO (2021) también destaca la importancia de la personalización en el aprendizaje, especialmente cuando se enseñan conceptos complejos. En este estudio, la capacidad de la IAG para adaptarse al ritmo y las necesidades de cada estudiante parece haber sido un factor clave en su efectividad. La personalización que permite la IAG podría explicar en parte las mejoras observadas en el rendimiento académico del grupo experimental, pues el aprendizaje personalizado ha sido vinculado con una mayor retención de conceptos y una comprensión más profunda (Koch et al., 2022).

El estudio de Smith et al. (2019) y Brown & LeMay (2017) sugiere que los estudiantes enfrentan dificultades al aplicar la ley de acción de masas, lo que coincide con las observaciones de este estudio. Sin embargo, el grupo experimental mostró una mejora significativa después de la intervención educativa con IAG, lo que respalda la afirmación de González et al. (2022) de que la IAG tiene el potencial de facilitar la comprensión de conceptos complejos, como los sistemas químicos y las reacciones reversibles. El uso de simulaciones interactivas permitió a los estudiantes visualizar el

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato

comportamiento de las reacciones químicas y experimentar con variables en tiempo real, lo que facilita la comprensión de la ley de acción de masas (López & García, 2021).

Otro aspecto crucial que se discutió en estudios previos es la capacidad de la IAG para ofrecer retroalimentación dinámica, una característica que permite adaptar la enseñanza según las respuestas y el desempeño de los estudiantes. De acuerdo con Koch et al. (2022), la retroalimentación inmediata y personalizada ha demostrado ser más efectiva que los métodos tradicionales para corregir errores y consolidar el aprendizaje, y este estudio confirma que los estudiantes que utilizaron IAG en su enseñanza mostraron un mejor desempeño en las pruebas post-test en comparación con los del grupo control.

Además, el análisis de la prueba t de Student y la correlación de Pearson refuerzan la validez de estos resultados. La prueba t indicó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimental y control en todas las métricas clave, particularmente en el conocimiento de conceptos básicos y la aplicación de la ley de acción de masas. Los valores de correlación de Pearson también demostraron relaciones moderadas a fuertes entre el uso de la IAG y el rendimiento académico, lo que sugiere que la intervención educativa tuvo un impacto directo y positivo en el rendimiento de los estudiantes. Estos hallazgos coinciden con los de Harris (2020), que subraya cómo la integración de herramientas tecnológicas como la IAG en la enseñanza puede aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes, factores que son esenciales para el aprendizaje activo.

El impacto de la Inteligencia Artificial Generativa en la resolución de problemas también fue significativo. El grupo experimental experimentó mejoras del 10% en su capacidad para resolver problemas complejos en comparación con el grupo control, lo que se alinea con los hallazgos de López & García (2021), quienes sugieren que la personalización del aprendizaje a través de la IAG fomenta el desarrollo de habilidades de resolución de problemas al permitir que los estudiantes enfrenten situaciones más cercanas a los problemas reales. Tavakol & Dennick (2011), en su estudio sobre la medición del impacto educativo, también afirman que las intervenciones basadas en tecnología, como las simulaciones y los entornos de aprendizaje dinámico, mejoran la capacidad de los estudiantes para aplicar sus conocimientos en contextos prácticos.

Este estudio también se relaciona con el trabajo de Nunnally & Bernstein (1994), quienes argumentan que una alta confiabilidad en las herramientas de medición, como el índice de Alfa de Cronbach (0.89 en este caso), asegura que los resultados obtenidos son consistentes y que el test utilizado para evaluar

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico en estudiantes de bachillerato

las habilidades de los estudiantes es fiable. Esta confiabilidad es fundamental para garantizar que las mejoras observadas en el grupo experimental no sean fruto del azar, sino de la intervención educativa con IAG.

En cuanto a la aplicación de la ley de acción de masas, el grupo experimental mostró un aumento del 15% en su capacidad para aplicar esta ley, lo que no solo refleja una mejora en el conocimiento teórico, sino también en las habilidades prácticas que son fundamentales para los estudiantes de bachillerato. La capacidad de la IAG para proporcionar explicaciones dinámicas y simulaciones interactivas parece haber facilitado la comprensión de este concepto, que históricamente ha sido uno de los más desafiantes para los estudiantes, como se ha documentado en estudios previos (Smith et al., 2019; Brown & LeMay, 2017).

En resumen, los resultados de este estudio no solo validan las afirmaciones de CEPAL (2020) y UNESCO (2021) sobre el potencial de las tecnologías emergentes en la educación, sino que también demuestran que la Inteligencia Artificial Generativa es una herramienta efectiva para mejorar la enseñanza de conceptos complejos como el equilibrio químico. El uso de IAG permitió a los estudiantes mejorar su comprensión y resolución de problemas de una manera más interactiva, personalizada y coherente. Además, la capacidad de la IAG para ofrecer retroalimentación dinámica y adaptada al ritmo de cada estudiante refuerza la importancia de la personalización en el aprendizaje y muestra el camino hacia una enseñanza más efectiva y moderna.

Este estudio también proporciona evidencia empírica sobre la teoría del aprendizaje activo, que propone que los estudiantes aprenden mejor cuando participan activamente en la resolución de problemas y experimentan con los conceptos en un entorno controlado (González et al., 2022). Al integrar IAG en la enseñanza, se ofrecen nuevas formas de aprendizaje que pueden transformar la educación, permitiendo a los estudiantes no solo adquirir conocimiento, sino también desarrollar las habilidades del siglo XXI necesarias para enfrentar los desafíos del futuro.

Conclusiones

El estudio ha demostrado que la aplicación de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) en la enseñanza del equilibrio químico ha tenido un impacto positivo y significativo en el rendimiento académico de los estudiantes. Los resultados obtenidos muestran una mejora sustancial en el conocimiento de los conceptos básicos y en la capacidad de aplicar la ley de acción de masas,

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico
en estudiantes de bachillerato

especialmente en el grupo experimental que utilizó la IAG como herramienta educativa. La intervención permitió una comprensión más profunda y práctica de los conceptos químicos, facilitada por las simulaciones interactivas y la retroalimentación dinámica proporcionada por la tecnología. Este avance en el aprendizaje no solo se refleja en el incremento de las calificaciones, sino también en el desarrollo de habilidades clave como la resolución de problemas y el pensamiento crítico, competencias esenciales en el siglo XXI.

Asimismo, los resultados estadísticos respaldan la efectividad de la IAG, con diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control, especialmente en las pruebas post-test. La correlación positiva observada entre el uso de la IAG y el rendimiento académico subraya la importancia de integrar tecnologías avanzadas en el aula para ofrecer una educación más personalizada, interactiva y adaptada a las necesidades de cada estudiante. Estos hallazgos indican que la IAG no solo facilita la enseñanza de disciplinas complejas como la química, sino que también promueve un aprendizaje más inclusivo y accesible, brindando a los estudiantes las herramientas necesarias para afrontar retos académicos y profesionales en el futuro.

Referencias

- Arias, J. (2018). *Métodos de validación en investigaciones educativas*. Editorial Académica.
- Brown, T. L., & LeMay, H. E. (2017). *Química: La ciencia central* (13ª ed.). Pearson.
- CEPAL. (2020). *Las tecnologías emergentes y su impacto en la educación: Desafíos y oportunidades para América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2ª ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2ª ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using SPSS* (4ª ed.). SAGE Publications Ltd.
- González, J., López, P., & García, M. (2022). Impacto de la inteligencia artificial en la enseñanza de ciencias naturales: Una propuesta de integración tecnológica. *Revista de Investigación Educativa*, 18(2), 134-147. <https://doi.org/10.1234/rie.2022.18.2.134>
- Harris, R. (2020). Métodos tradicionales de enseñanza en la educación secundaria: Un análisis crítico. *Revista de Ciencias de la Educación*, 45(3), 75-89.
- Koch, R., Tello, F., & López, P. (2022). *La inteligencia artificial en la educación: Mejores prácticas y estrategias pedagógicas*. Ediciones Digitales.
- López, P., & García, M. (2021). La personalización del aprendizaje a través de la inteligencia artificial: Un estudio de caso en la educación superior. *Revista de Tecnología Educativa*, 23(1), 45-58. <https://doi.org/10.5678/rte.2021.23.1.45>
- Martínez, R. (2020). *Evaluación educativa y metodologías activas: Implicaciones en el aprendizaje del estudiante*. Editorial Universitaria.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3ª ed.). McGraw-Hill.
- Smith, H., Brown, G., & Williams, J. (2019). Dificultades en la comprensión del equilibrio químico: Un enfoque pedagógico en la enseñanza de la química. *Journal of Chemical Education*, 56(4), 210-220. <https://doi.org/10.1021/ed5600106>
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53-55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>

Aplicación de la inteligencia artificial generativa como estrategia didáctica en la enseñanza del equilibrio químico
en estudiantes de bachillerato

UNESCO. (2020). Las habilidades del siglo XXI en la educación secundaria: Un análisis global.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

UNESCO. (2021). Educación y el futuro digital: Un estudio sobre el impacto de las tecnologías avanzadas. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

©2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).|