

Capítulo 8

Uso de la inteligencia artificial generativa como apoyo al aprendizaje en la enseñanza universitaria de la química

Jazmín del Rocío Soltero Sánchez

Esperanza González Quezada

Irma Alicia Huerta Chávez

jazmin.soltero@academicos.udg.mx

(Autor de correspondencia)

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE26002095>



Resumen

Este capítulo presenta una experiencia de investigación educativa centrada en el uso de herramientas de inteligencia artificial generativa por estudiantes universitarios del área de química. A partir de encuestas aplicadas al estudiantado, se analizan las herramientas utilizadas, la finalidad de su uso y la percepción de su utilidad académica. Los resultados muestran que la inteligencia artificial generativa es empleada principalmente como apoyo para la búsqueda, organización y comprensión de información científica, lo que evidencia su potencial como recurso didáctico complementario en la enseñanza de la Química Inorgánica. Finalmente, se discuten implicaciones pedagógicas y se proponen recomendaciones para su integración responsable en el aula.

Palabras clave: *Inteligencia artificial generativa; educación superior; química inorgánica; innovación educativa; reacciones redox.*

1. Introducción

La enseñanza de la química en la educación superior enfrenta desafíos persistentes relacionados con la complejidad conceptual de los contenidos, la abstracción de los modelos teóricos y la necesidad de integrar información proveniente de diversas fuentes científicas. En particular, la Química Inorgánica exige del estudiantado habilidades de razonamiento lógico, visualización estructural y análisis crítico de información especializada (Araújo, L. R., et al., 2024).

Las reacciones de oxidación-reducción (redox) constituyen uno de los temas más complejos dentro de la educación química debido a las dificultades que presentan los estudiantes para comprender conceptos clave como transferencia de electrones, semirreacciones y su correspondiente balanceo (Talanquer, 2022).

El balanceo de reacciones redox representa una de las mayores dificultades conceptuales en la enseñanza de la química, ya que exige al estudiantado integrar simultáneamente la conservación de la masa, la conservación de la carga y la transferencia de electrones, lo cual frecuentemente se reduce a la aplicación mecánica sin comprensión química profunda (Morbidoni et al., 2026).

Castillo (2023) señala que el ajuste de reacciones redox se enseña comúnmente como un procedimiento rutinario, lo que limita el razonamiento químico del estudiante y genera errores persistentes.

En este contexto, la incorporación de tecnologías digitales ha sido históricamente una estrategia para fortalecer el aprendizaje. Sin embargo, la reciente aparición de la inteligencia artificial generativa (IAG) representa un cambio cualitativo en la forma en que los estudiantes acceden, procesan y utilizan la información académica. A diferencia de herramientas digitales tradicionales, la IAG no solo recupera información, sino que genera textos, explicaciones, resúmenes y apoyos cognitivos en tiempo real (Sousa, 2025).

Este capítulo se inscribe en una perspectiva socioconstructivista que entiende la inteligencia artificial generativa como una herramienta de mediación cognitiva y no como sustituto del pensamiento disciplinar. Su potencial formativo radica en su integración pedagógicamente orientada, donde actúa como apoyo para la construcción activa del conocimiento químico, siempre bajo la guía docente y el desarrollo de competencias digitales críticas. Así, se adopta una postura equilibrada y reflexiva, que reconoce sus oportunidades sin perder de vista que su valor educativo depende del diseño didáctico y del uso consciente que se haga de ella.

Por lo que en este proyecto se adopta una postura teórica que concibe la inteligencia artificial generativa como una herramienta de mediación cognitiva. Desde esta perspectiva, la IAG no sustituye el pensamiento disciplinar, funciona como andamiaje cognitivo temporal y puede contribuir al desarrollo de habilidades metacognitivas cuando se utiliza de manera reflexiva.

Al mismo tiempo, se reconoce el riesgo de externalización del pensamiento, especialmente cuando estas herramientas se utilizan de forma

acrítica o como fuente única de información. Por ello, el valor educativo de la IAG depende fundamentalmente del diseño didáctico, la mediación docente y la promoción del pensamiento crítico.

Desde una perspectiva de investigación educativa, resulta fundamental analizar cómo, para qué y con qué frecuencia los estudiantes utilizan estas herramientas, así como las implicaciones pedagógicas de dichos usos. Este capítulo se centra en el análisis educativo de encuestas aplicadas a estudiantes universitarios del área de química, con el objetivo de comprender el papel actual de la inteligencia artificial generativa como apoyo al aprendizaje del balanceo de reacciones redox.

2. Desarrollo de la práctica docente

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, con alcance exploratorio.

2.1 Sujetos involucrados

La práctica se desarrolló con 95 estudiantes universitarios inscritos en la asignatura de Química General, de la licenciatura en Química y Químico Farmacéutico Biólogo del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) del calendario 2025 A y B, quienes trabajaron en equipos y respondieron encuestas relacionadas con el uso de inteligencia artificial generativa durante el desarrollo de actividades académicas.

2.2 Instrumentos utilizados

Los instrumentos empleados fueron plataformas digitales de búsqueda de información como de inteligencia artificial generativa a elección libre del estudiantado, así como una encuesta generada en Google para identificar las herramientas de IAG utilizadas y su finalidad.

3. Procedimiento aplicado

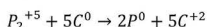
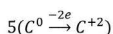
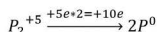
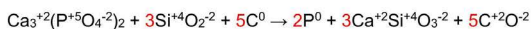
Una de las unidades temáticas de la asignatura de Química General es referente a las reacciones de oxidación-reducción (redox), en la cual comprende la determinación de los estados de oxidación, el balanceo de las reacciones y la determinación de productos oxidados y reducidos, así como del agente oxidante y reductor. Para este fin se les solicitó a los alumnos, como producto terminal de dicha unidad de aprendizaje, un proyecto de investigación bibliográfico que consistió en la búsqueda de 10 reacciones redox que sucedan en la naturaleza, en las industrias o en sistemas vivos, que incluyeran los conceptos anteriormente descritos y la utilidad de dichas reacciones químicas. También se solicitó que incluyeran conclusiones de lo que aprendieron en cuanto al tema.

Para la realización de este proyecto se formaron equipos de trabajo de máximo 5 integrantes. También se establecieron los lineamientos de contenido y, para la forma, se recomendó el uso libre de plataformas digitales de búsqueda de información y de herramientas de inteligencia artificial generativa de su elección.

Al finalizar su proyecto, se llevó a cabo la aplicación de una encuesta de 25 ítems que contenían 10 preguntas cerradas y 15 preguntas abiertas para determinar qué plataformas emplearon y con qué finalidad, así como las ventajas y desventajas que encontraron al emplear dichas plataformas.

4. Resultados

De los proyectos de investigación presentados, el 70% fueron entregados en formato Word y el restante como una presentación con diapositivas. A continuación, se muestra un ejemplo de una reacción en Word en la figura 1.

Figura 1**Reacciones redox con sus aplicaciones****12. Reducción de la fosforita en horno eléctrico**

Tipo de reacción: reducción carbotérmica en horno eléctrico

Producto oxidado: CO

Producto reducido: 2P^0

Agente reductor: C^0

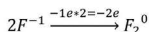
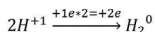
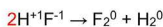
Agente oxidante: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

Es empleado un horno eléctrico con el fin de aumentar la temperatura lo suficiente para que la reacción permita la reducción del fósforo.

Riesgos:

- Liberación de **P elemental** → muy inflamable y tóxico (especialmente P blanco).
- Formación de **CO** tóxico.
- Riesgo de explosiones en hornos eléctricos.

	R	P
Ca	3	3
Si	3	3
P	2	2
C	5	5
O	14	14

13. Electrólisis del HF anhidro (40%) y KHF2 (60%) fundidos a 72 °C

Tipo de reacción: Electrólisis

Producto oxidado: F_2^0

Producto reducido: H_2^0

Agente reductor: HF

Agente oxidante: HF

El flúor es tan reactivo que no puede obtenerse por métodos químicos convencionales; solo puede aislarse mediante electrólisis.

	R	P
H	2	2
F	2	2

Nota. En esta figura se presentan algunas reacciones redox que realizaron en formato Word.

En este trabajo se describe el tipo de reacción, los productos oxidados y reducidos, el agente oxidante y reductor, así como la utilidad de la reacción. Cabe destacar que para su balanceo se realizó manualmente, ya que los alumnos señalan que la finalidad fue la de evitar errores.

Según los resultados de la encuesta, el 95 % reportó que utilizaron una plataforma de IAG y el resto solo empleó Google para la búsqueda de artículos científicos y para la realización del reporte final de manera colaborativa.

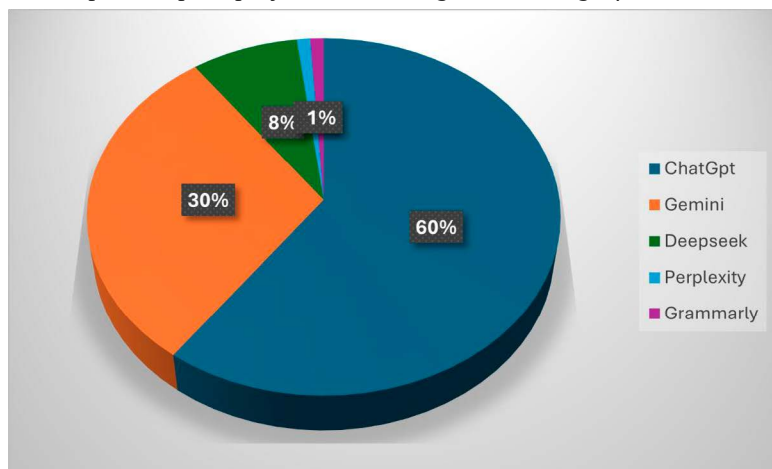
El hallazgo de que 95 % del estudiantado usó alguna plataforma de IAG sugiere que la IAG dejó de ser un “recurso opcional” y se volvió un componente habitual del entorno de aprendizaje universitario. En clave socioconstructivista, esto puede considerarse como la incorporación de una herramienta cultural de mediación que altera la forma en que el alumnado accede, organiza y negocia significados.

Diversos estudios muestran que la inteligencia artificial generativa se ha incorporado rápidamente en las prácticas académicas del estudiantado universitario. Investigaciones realizadas en distintos contextos educativos indican que herramientas como ChatGPT son utilizadas principalmente para explicar conceptos, resumir información y apoyar la organización de tareas académicas, lo que evidencia su creciente integración en los procesos de aprendizaje (Kasneci et al., 2023; Klimova y De Campos, 2024; Sousa y Cardoso, 2025).

En la Figura 2 se muestran las IAG que emplearon para la realización de su proyecto de investigación redox.

Figura 2

IAG empleadas para proyecto de investigación bibliográfico



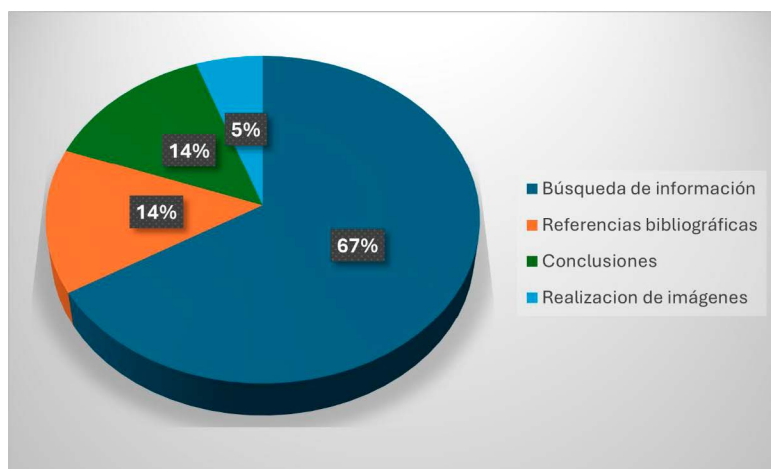
Nota. En esta figura se describen las IAG empleadas siendo la principal, ChatGPT

Los resultados evidencian que la herramienta más utilizada fue con el 60 % ChatGPT, seguida de Gemini con el 30 %; el 8 % fue para Deepseek y lo restante (1 % para cada uno) fueron Perplexity y Grammarly.

En la figura 3 se muestran los principales usos que le dieron a la IAG que emplearon.

Figura 3

Usabilidad de la IAG



Nota. Señala los principales usos de la IAG empleadas

Como se observa, la principal finalidad del uso de la inteligencia artificial generativa fue, con el 67 %, la búsqueda de información académica; el 14 %, para la realización de conclusiones; el 14 %, para referencias bibliográficas; y solo el 5 %, para generar una imagen.

Esto perfila a la IAG como un andamiaje cognitivo de primer orden (resumir, explicar, ordenar) más que como herramienta creativa o de producción multimodal. Desde la teoría cognitiva, este patrón es compatible con una estrategia estudiantil para reducir carga extrínseca (es decir, tiempo de búsqueda, organización, redacción preliminar), liberando recursos y tiempo para comprender o estructurar el trabajo.

De los equipos que decidieron presentar sus proyectos de investigación con formato de diapositivas, el 97 % emplearon Canva IA y el resto Gemini. A continuación, se muestra un ejemplo de los trabajos realizados en la figura 4.

Figura 4

Reacción redox con sus aplicaciones realizada en Canva IA

REACCIÓN BALANCEADA

$$\begin{array}{l} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \\ 6\text{H}_2\text{O} + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 24\text{H}^+ + 24\text{e}^- \\ 6(4\text{e}^- + 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}) \\ \hline \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \\ \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \end{array}$$

Producto oxidado
CO₂ (proviene de la glucosa, que pierde electrones).

Producto reducido
H₂O (proviene de la reducción del oxígeno).

Agente reductor
Glucosa C₆H₁₂O₆ → dona electrones.

Agente oxidante
Oxígeno molecular O₂ → acepta electrones.

¿DÓNDE OCURRE?

Células eucariotas
Glucólisis
Citoplasma.
Ciclo de Krebs
Matriz mitocondrial.
Cadena de transporte de electrones y fosforilación oxidativa
Membrana interna de la mitocondria.

Células procariotas
Glucólisis
Citoplasma.
Cadena de transporte de electrones y fosforilación oxidativa
Membrana plasmática.

PARA HACER LA INVESTIGACIÓN UTILIZAMOS CHATGPT

- Oxidación de glucosa (ejemplo, respiración celular):
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
• O en O₂: 0 → -2 en H₂O (oxidación).
• Órgano: todos los células, desde en músculo y corazón.
- Oxidación del NADH (sistema de transporte de electrones):
 $\text{NADH} + \text{H}^+ + [\text{O}] \rightarrow \text{NAD}^+ + \text{H}_2\text{O}$
• O en O₂: 0 → -2 (reducción).
• Órgano: mitocondrias.
- Reducción de FAD a FADH₂:
 $\text{FAD} + \text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{FADH}_2$
• Órgano: tejido muscular.
- Oxidación del piruvato a acetil-CoA (fermentación láctica):
 $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + \text{CoA} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2 + \text{CoA-SH} + \text{H}^+$
• H de NADH: 0 → +1 (oxidación).
• Órgano: músculo cuando no hay oxígeno suficiente.
- Oxidación del succinato (cadena de Krebs):
 $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_2\text{O}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
• Órgano: mitocondrias.
- Reducción de oxígeno a agua (cadena respiratoria):
 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
• Órgano: mitocondrias.
- Fosforilación de supeóxido (ROS):
 $\text{O}_2 + \text{e}^- \rightarrow \text{O}_2^-$
• Órgano: mitocondrias.
- Oxidación del metano a acetil-CoA:
 $\text{C}_2\text{H}_6 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
• Órgano: hígado.
- Oxidación de ácidos grasos (ejemplo, palmitato):
 $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2 + 23\text{O}_2 \rightarrow 16\text{CO}_2 + 16\text{H}_2\text{O}$
• O en O₂: 0 → -2 (reducción).
• Órgano: hígado, músculo.
- Oxidación del etanol (en el hígado):
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{NAD}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} + \text{NADH} + \text{H}^+$
• NAD⁺ reducido a NADH.
• Órgano: hígado.

PARA PRESENTAR ESTE TRABAJO UTILIZAMOS CANVA

Nota. Reacción redox realizada con Canva IA y la búsqueda de información realizada en ChatGPT.

En este trabajo realizado por un equipo de estudiantes, se empleó para la búsqueda de la información ChatGPT, pero para la presentación se realizó en Canva IA. Puede apreciarse que la presentación del trabajo fue más llamativa, creativa; aunque para el balanceo de la reacción se efectuó de manera manual, la cual fue agregada como imagen, ya que señalan los alumnos que en esta IAG no es tan fácil realizar reacciones.

Ya que la mayoría de los equipos emplearon primordialmente ChatGPT para la búsqueda de información, se les solicitó que describieran las ventajas y desventajas de emplear esta IAG. Según las respuestas emitidas por los alumnos, se establecieron 9 criterios de evaluación. Dichos resultados se muestran a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1*Ventajas y desventajas de utilizar ChatGPT*

Categoría	Ventajas de ChatGPT	Desventajas de ChatGPT
Rapidez y eficiencia	Respuestas inmediatas en segundos, agiliza el proceso de investigación y ahorra tiempo considerable en la búsqueda de información.	En algunos casos tarda en generar respuestas o se “queda pensando”, especialmente con preguntas complejas.
Acceso a información	Proporciona gran cantidad de información, ejemplos, definiciones y explicaciones claras; permite resolver dudas de forma inmediata.	Puede ofrecer información incompleta, desactualizada o incorrecta si no se verifica en fuentes oficiales.
Organización y síntesis	Organiza ideas, resume textos extensos, facilita estructurar trabajos, informes y exposiciones.	A veces presenta información redundante, innecesaria o poco específica, requiriendo reorganización manual.
Apoyo académico	Facilita la comprensión de temas complejos, genera ejemplos, parafrasea textos y apoya la redacción académica.	No siempre es confiable para cálculos, reacciones químicas o balanceos, donde se detectaron errores frecuentes.
Búsqueda de fuentes	Puede sugerir bibliografía y referencias en formato APA cuando se solicita explícitamente.	En ocasiones, las fuentes son incorrectas, inexistentes o no coinciden con la información presentada.
Usabilidad	Fácil de usar, accesible, intuitivo y permite hacer preguntas de seguimiento sin dificultad.	Si no se formulan bien las instrucciones, puede interpretar mal la solicitud y generar respuestas poco útiles.
Cobertura temática	Permite profundizar en temas, ofrecer distintas perspectivas y generar ideas nuevas para el desarrollo de trabajos.	Puede inventar datos, confundir conceptos o mezclar información si se le satura con muchas preguntas.
Costo y acceso	Cuenta con una versión gratuita suficiente para tareas básicas de investigación y organización.	Varias funciones avanzadas (mejor razonamiento, uso extendido) requieren suscripción de pago.
Confiabilidad	Es una herramienta útil como apoyo y punto de partida para la investigación.	No siempre es información verídica u oficial; requiere validación constante con fuentes confiables.

Nota. En esta tabla se establecen las ventajas y desventajas de emplear ChatGPT para este trabajo de investigación.

ChatGPT es percibido principalmente como una herramienta de apoyo eficiente y rápida, ideal para organizar, resumir y orientar la investigación, pero no debe usarse como fuente única, especialmente en temas técnicos como química, donde la verificación es indispensable.

Klimova y De Campos (2024) mencionan que se presentaron los mismos patrones de uso similares en otros contextos universitarios, pero que estas IAG funcionan como apoyo cognitivo, no solo como buscadores de información. De la misma forma, Kasneci y colaboradores (2023) coinciden con los hallazgos donde ChatGPT se usa para organizar, resumir y comprender información académica, lo que justifica la necesidad de verificación, pensamiento crítico y uso responsable.

Todos los equipos señalaron que las reacciones encontradas en ChatGPT eran muy sencillas y lo que cabe destacar es que las reacciones que presentaban esta IAG estaban mal balanceadas, razón por la cual el 98 % de los equipos prefirieron realizar el balanceo manualmente.

Esta problemática coincide con lo reportado por Hamerská et al. (2024), quienes documentan que los estudiantes presentan serias dificultades para comprender el balanceo de ecuaciones químicas complejas, incluso cuando utilizan herramientas digitales, debido a la falta de retroalimentación conceptual inmediata y a la desconexión entre los niveles simbólico y submicroscópico.

Estas observaciones apoyan la idea de que, si bien la inteligencia artificial generativa ofrece soporte en la generación de explicaciones y resúmenes conceptuales, su uso en ejercicios de evaluación o solución de problemas avanzados debe acompañarse de supervisión experta y verificación, especialmente en disciplinas como química (Morbidoni et al., 2026).

Aunque la gran mayoría prefirió realizar su reporte en formato Word, los que utilizaron Canva IA también establecieron las ventajas y desventajas de emplear esta IAG, lo que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2*Ventajas y desventajas de utilizar Canva IA*

Categoría	Ventajas de Canva IA	Desventajas de Canva IA
Diseño y presentación visual	Amplia variedad de plantillas, diseños atractivos, recursos visuales llamativos y resultados estéticos profesionales.	Muchas plantillas, imágenes y elementos avanzados son de pago.
Facilidad de uso	Plataforma intuitiva, fácil de usar incluso para principiantes y accesible desde dispositivos móviles.	La gran cantidad de herramientas puede resultar confusa o abrumadora para usuarios nuevos.
Rapidez	Permite crear presentaciones, videos y materiales visuales en poco tiempo, agilizando el trabajo académico.	En ocasiones tarda en generar respuestas, ilustraciones o propuestas automáticas.
Creatividad	Favorece la creatividad, permite combinar texto, imágenes, gráficos, audio y video en un solo entorno.	El diseño es subjetivo y en ocasiones la IA no genera exactamente lo que se solicita.
Organización de la información	Ayuda a ordenar la información para presentaciones y facilita el trabajo colaborativo en tiempo real.	La organización automática no siempre es adecuada y requiere correcciones manuales.
Trabajo colaborativo	Permite edición simultánea entre varios integrantes del equipo y fácil compartición de archivos.	Dependencia total de conexión a internet para trabajar.
Funciones de IA	Puede sintetizar información, sugerir diseños, generar estructura visual y apoyar la creación de videos.	Las herramientas de redacción, traducción y funciones avanzadas de IA suelen ser de pago.
Accesibilidad	Cuenta con versión gratuita funcional para tareas básicas y educativas.	Para obtener mejores resultados visuales o funciones premium, es necesario pagar suscripción.
Integración multimedia	Ofrece imágenes, grabaciones de voz, animaciones y recursos multimedia en un solo lugar.	Algunas imágenes o elementos recomendados por la IA no se ajustan a lo solicitado.
Confiabilidad del contenido	Útil para presentar información de forma clara, visual y atractiva.	La información generada debe verificarse, ya que puede contener errores o estar desactualizada.

Canva IA es valorada principalmente como una herramienta visual potente y creativa, ideal para presentaciones, videos y trabajos colaborativos, pero requiere revisión manual del contenido y presenta limitaciones en su versión gratuita.

4.1 Discusión de resultados

Según los resultados obtenidos, el alumnado separa dos funciones para la IAG. La primera función es IAG conversacional, ya que es considerada como un apoyo para construir significado (explicar, sintetizar, orientar). La segunda función como IAG de diseño, ya que es un apoyo para presentar/representar (visual, plantilla, estructura comunicativa). Por lo que la IAG aparece como mediador cognitivo (comprender) y mediador semiótico (comunicar), pero no necesariamente como sustituto del razonamiento químico.

5. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados de este estudio evidencian que la inteligencia artificial generativa forma parte activa de las prácticas académicas del estudiantado universitario en el área de química, siendo utilizada principalmente como apoyo para la búsqueda, organización y comprensión de información científica.

No obstante, en el caso específico del balanceo de reacciones redox, se identificaron limitaciones importantes en la confiabilidad de las respuestas generadas por la IAG, lo que condujo a que la mayoría del estudiantado optara por realizar el balanceo de manera manual para evitar errores conceptuales.

Desde una postura metacognitiva, cuando el 98% de los alumnos prefirió balancear manualmente las reacciones redox con la justificación de que en ChatGPT aparecían “mal balanceadas”, esto puede interpretarse como un indicio de monitoreo y control, ya que el estudiante detecta riesgo de error, ajusta la estrategia y conserva el control del procedimiento central deseado (balanceo). En otras palabras, la IAG funciona como andamiaje para comprender/organizar, pero el “núcleo epistémico” del desempeño

(balancear reacciones) se mantiene internalizado y verificado por el estudiante. Esto es deseable porque reduce el riesgo de externalización del pensamiento (delegar el razonamiento disciplinar).

Estos hallazgos confirman que el balanceo de reacciones redox continúa siendo una problemática didáctica compleja, frecuentemente abordada de forma mecánica y algorítmica, y que el uso no guiado de herramientas de IAG puede reforzar dicha mecanización en lugar de favorecer una comprensión química profunda.

Así mismo, desde la teoría cognitiva, el uso de herramientas de inteligencia artificial puede contribuir a reducir la carga cognitiva extrínseca asociada con tareas de búsqueda y organización de información académica, permitiendo que el estudiante concentre mayor esfuerzo mental en la comprensión conceptual del contenido disciplinar. En contextos educativos donde los estudiantes deben integrar múltiples representaciones químicas —macroscópica, submicroscópica y simbólica—, la reducción de carga cognitiva extrínseca puede favorecer procesos de aprendizaje más profundos (Talanquer, 2022).

A partir de ello, se concluye que la inteligencia artificial generativa no debe concebirse como un sustituto del razonamiento químico, sino como un recurso didáctico complementario, cuyo valor principal radica en su capacidad para apoyar el razonamiento, la explicación conceptual y la organización del conocimiento.

En este sentido, se recomienda integrar la IAG bajo un enfoque pedagógico guiado que delimite claramente su uso, priorizando el balanceo manual de reacciones redox como evidencia de aprendizaje, promoviendo el análisis crítico, la verificación de resultados y la articulación de múltiples niveles de representación química. Así mismo, resulta indispensable fortalecer la alfabetización en inteligencia artificial del estudiantado y el rol mediador del docente, a fin de garantizar un uso ético, reflexivo y formativo de estas herramientas.

En conjunto, una integración responsable y estructurada de la IAG representa una oportunidad para transformar la enseñanza del balanceo de reacciones redox, favoreciendo aprendizajes más significativos y evitando la mecanización del conocimiento químico.

6. Referencias bibliográficas

- Araújo, L. R., A., et al. (2024). *Digital Technologies in Chemistry Teaching in the Journal Chemistry Education Research and Practice: an analysis through a Systematic Literary Review* Lucas Rodrigues Araújo, José Euzébio Simões Neto, João R. R. Tenório da Silva, Bruno Silva Leite* Universidade Federal Rural de Pernambuco. ISSN 2007-9842. https://www.lajse.org/may24/2024_12001.pdf
- Castillo, O. V. (2023). Consideraciones didácticas sobre el ajuste de reacciones redox. Descripción de un método híbrido de ajuste. *Educación Química*, 34(3), 16-31. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.3.84161>
- Hamerská, L., Matěcha, T., Tóthová, M., & Rusek, M. (2024). Between Symbols and Particles: Investigating the Complexity of Learning Chemical Equations. *Education Sciences*, 14(6), 570. <https://doi.org/10.3390/educsci14060570>
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., Kasneci, G. (2023). *ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education*. Learning And Individual Differences, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Klimova, B., & De Campos, V. P. L. (2024). University undergraduates' perceptions on the use of ChatGPT for academic purposes: evidence from a university in Czech Republic. *Cogent Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/2331186x.2024.2373512>
- Morbidoni, C., Mascitti, A., Sarra, A., Tonucci, L., & Coccia, F. (2026). Exploring the Potential of Using ChatGPT in Chemistry Education. *Journal Of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00854>
- Sousa, A. E., & Cardoso, P. (2025). Use of Generative AI by Higher Education Students. *Electronics*, 14(7), 1258. <https://doi.org/10.3390/electronics14071258>

- Talanquer, V. (2022). The Complexity of Reasoning about and with Chemical Representations. *JACS Au*, 2(12), 2658-2669. <https://doi.org/10.1021/jacsau.2c0049>
- Yuriev, E., Wink, D. J., & Holme, T. A. (2024). The Dawn of Generative Artificial Intelligence in Chemistry Education. *Journal Of Chemical Education*, 101(8), 2957-2959. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00836>