

RECURSOS DIGITALES INTERACTIVOS PARA EL APRENDIZAJE DE REACCIONES ÓXIDO-REDUCCIÓN, EN ESTUDIANTES DE BACHILLERATO^a

INTERACTIVE DIGITAL RESOURCES FOR LEARNING OXIDATION-REDUCTION REACTIONS IN HIGH SCHOOL STUDENTS

JOSUE LUIS MARIN PROCEL^{b*}, WILMER ORLANDO LÓPEZ GONZÁLEZ^c

Recibido 28-07-2025, aceptado 07-11-2025, versión final 01-12-2025.

Artículo Investigación

RESUMEN: El presente estudio analiza el efecto del uso de recursos digitales interactivos en el aprendizaje de las reacciones óxido-reducción (redox) en estudiantes de segundo de Bachillerato General Unificado de una institución pública en Cuenca, Ecuador. Para alcanzar este objetivo, se implementó una intervención didáctica basada en el uso de recursos digitales interactivos como: simulaciones interactivas, videos explicativos y actividades prácticas en línea. Se empleó un enfoque cuantitativo y un diseño cuasiexperimental con pretest y posttest en 36 estudiantes donde se evaluó dimensiones como definición conceptual, identificación de agentes oxidantes y reductores, y balanceo de ecuaciones. Los resultados mostraron mejoras en todas las dimensiones analizadas, confirmadas mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon ($p < 0,05$). Se resalta un incremento en la comprensión funcional de los agentes redox y en el dominio conceptual básico, mientras que el balanceo de ecuaciones presentó mayor variabilidad, lo que sugiere la necesidad de estrategias didácticas complementarias. En conclusión, el uso de recursos digitales interactivos favorece un aprendizaje más profundo y significativo de contenidos abstractos, constituyéndose en una alternativa pedagógica eficaz frente a métodos tradicionales, especialmente en contextos con limitaciones de infraestructura.

PALABRAS CLAVES:: Recursos digitales; reacciones redox; aprendizaje de Química.

ABSTRACT: This study analyzes the effect of using interactive digital resources on learning oxidation-reduction (redox) reactions in second-year General Unified Baccalaureate students at a public institution in Cuenca, Ecuador. To achieve this objective, a teaching intervention was implemented based on the use of interactive digital resources such as interactive simulations, explanatory videos, and practical online activities. A quantitative approach and a quasi-experimental design with pre- and post-tests were used on 36 students, evaluating dimensions such as conceptual definition, identification of oxidizing and reducing agents, and balancing equations. The results showed improvements in all dimensions analyzed, confirmed by the nonparametric Wilcoxon test ($p < 0.05$). An increase in the functional understanding of redox agents and in basic conceptual mastery was highlighted, while equation balancing showed greater variability, suggesting the need for complementary teaching strategies. In conclusion, the use of interactive

^aMarin Procel, J. L. & López-González, W. O. (2026). Recursos digitales interactivos para el aprendizaje de reacciones óxido-reducción, en estudiantes de bachillerato. *Rev. Fac. Cienc.*, 15 (1), 79–93. DOI: <https://10.15446/rev.fac.cienc.v15n1.121870>

^bMaestría en Tecnología e Innovación Educativa. Universidad Nacional de Educación (UNAE). Azogues, Ecuador

* Autor de correspondencia: jlmarin2@unae.edu.ec

^cMaestría en Tecnología e Innovación Educativa. Universidad Nacional de Educación (UNAE). Azogues, Ecuador

digital resources promotes deeper and more meaningful learning of abstract content, constituting an effective pedagogical alternative to traditional methods, especially in contexts with infrastructure limitations.

KEYWORDS: Digital resources; redox reactions; learning chemistry.

1. INTRODUCCIÓN

La educación actual plantea el desafío de educar ciudadanos capaces de desenvolverse en un mundo tecnificado y cambiante, donde el pensamiento crítico y la capacidad para solucionar problemas complejos son competencias esenciales. No obstante, la persistencia de metodologías pedagógicas de carácter unidireccional del conocimiento sigue restringiendo la capacidad de los sistemas educativos para responder adecuadamente las demandas cognitivas y formativas del estudiantado (García-Zabaleta *et al.*, 2021). En función a lo antes mencionado y bajo las exigencias pedagógicas de la educación del siglo XXI, hay que priorizar la necesidad de actualizar las metodologías didácticas en función al avance tecnológico y la globalización (Velasco-Sánchez, 2024).

En los últimos años, los medios digitales han modificado la manera en que las audiencias acceden a la información, repercutiendo de forma directa los procesos de construcción de la opinión pública (Rodríguez-Polo & Santillán-Buelna, 2024). Esto se refleja en el ámbito escolar. A su vez, esta situación ha propiciado la inclusión de recursos digitales interactivos en distintos campos del conocimiento, especialmente en los de alto contenido conceptual como la Química, que facilitan las representaciones visuales de procesos que tradicionalmente se abordan en forma abstracta.

La relevancia de este estudio se justifica por su potencial para transformar la enseñanza tradicional de la Química, al facilitar el acceso a entornos de aprendizaje visuales, manipulativos y dinámicos que estimulan la participación activa y el pensamiento crítico. Además, permite enfrentar las limitaciones logísticas de las instituciones educativas, democratizando el acceso a experiencias prácticas de laboratorio mediante el uso de tecnologías accesibles y de bajo costo. No obstante, la integración de recursos digitales no busca reemplazar las experiencias prácticas, sino complementarlas, lo cual permite observar, simular y analizar procesos químicos. Se espera que este estudio aporte al campo de la didáctica de la Química, y oriente a los docentes de bachillerato, a mediar el aprendizaje del tema de óxido-reducción con mayor efectividad con respecto a estrategias tradicionales.

Diversos estudios a nivel internacional, nacional y local avalan resultados positivos en el uso de recursos digitales que se aplican en el aprendizaje de la Química. Estos recursos, tales como simuladores interactivos, laboratorios virtuales, plataformas educativas, videos didácticos y software especializado, promueven el aprendizaje autónomo y contribuyen al fortalecimiento del rendimiento académico.

En esta línea, Miranda-Monar & Cajamarca-Alvarado (2022) examinan el uso de recursos educativos digitales a partir de una serie de estudios llevados a cabo en Ecuador y América Latina. Las autoras afirman que los simuladores, laboratorios virtuales, videos explicativos y plataformas asincrónicas favorecen la comprensión conceptual, simultáneamente, permiten superar las limitaciones derivadas de la falta de laboratorios físicos. Este estudio aporta un sustento teórico-contextual, al ofrecer un panorama latinoamericano sobre la pertinencia del uso de recursos digitales en escenarios educativos con carencias notables.

Por su parte, Pava-Buelvas & Gil-Acosta (2021) realizan una estrategia en estudiantes de Colombia, utilizando simuladores digitales como recurso digital central. Su artículo, de carácter cualitativo con enfoque de investigación-acción, expone que el uso de dichos recursos no solo promueve la motivación y la participación activa de los estudiantes. Los resultados reflejan una disminución de la tasa de reprobación en la asignatura, lo cual fortalece el aprendizaje y promueve estrategias pedagógicas centradas en el aprender haciendo. El aporte es metodológico, puesto que respalda el diseño de intervenciones pedagógicas.

Por otra parte, Ocampo-Jaramillo (2024), investiga el uso de herramientas tecnológicas en instituciones fiscales de la región Costa del Ecuador, a través de un análisis documental y encuestas a docentes y estudiantes de seis unidades educativas. Concluye que a pesar que el acceso a recursos tecnológicos era limitado, las simulaciones interactivas demostraron mejorar la comprensión conceptual, así como el interés por la Química. La investigación ofrece un aporte teórico al analizar de qué manera la tecnología puede enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje.

A diferencia de los antecedentes, el estudio se centra en las reacciones óxido-reducción y analiza el efecto de los recursos digitales en un entorno educativo público, ubicado en la ciudad de Cuenca, Ecuador, con estudiantes de segundo de Bachillerato General Unificado. Este contexto se caracteriza por la escasa disponibilidad de laboratorios y la necesidad de modernizar las estrategias de enseñanza de la Química. Estas condiciones restringen la posibilidad de representar visualmente procesos abstractos, lo que afecta negativamente la comprensión conceptual y el rendimiento académico de los estudiantes.

A partir, de lo anteriormente descrito, se plantea la siguiente interrogante de investigación: ¿Cómo contribuir al aprendizaje de reacciones óxido-reducción en estudiantes de segundo de Bachillerato General Unificado? En función de darle respuesta a la interrogante de investigación se plantea el siguiente objetivo general: Analizar el efecto del uso de recursos digitales interactivos en el aprendizaje de reacciones óxido-reducción, en estudiantes de segundo de bachillerato en una institución pública del sistema educativo ecuatoriano.

2. METODOLOGÍA

2.1. Paradigma

El presente estudio se orienta en el paradigma positivista, al establecer una relación medible entre el uso de recursos digitales interactivos y el aprendizaje de reacciones óxido-reducción. Según Pinell-Tórrez (2024), este paradigma se caracteriza por su orientación empírica y objetiva, puesto que busca comprender los fenómenos a través de procedimientos sistemáticos, medibles y comparables.

2.2. Enfoque de la investigación

En concordancia con el paradigma adoptado, se empleó un enfoque cuantitativo, debido a que permite medir, con base en datos numéricos, el efecto del uso de recursos digitales interactivos sobre el aprendizaje de reacciones redox. Hernández & Mendoza (2018) manifiestan que, este enfoque se basa en la recolección y análisis de datos cuantificables para probar hipótesis específicas y establecer patrones o relaciones entre variables.

2.3. Tipo de investigación

El estudio se fundamenta en un tipo de investigación cuasiexperimental, dado que busca intervenir en un contexto educativo específico para analizar el efecto del uso de recursos digitales interactivos en el aprendizaje. Hernández-Sampieri *et al.* (2014) señalan que los diseños cuasiexperimentales se utilizan cuando no es posible asignar aleatoriamente a los participantes, pero se desea evaluar el efecto de una intervención manipulando una variable independiente y observando los cambios que esta genera en una variable dependiente.

2.4. Población y muestra

La población del presente estudio se encuentra conformado por 105 estudiantes de segundo de bachillerato. Se considera como muestra a 36 estudiantes de segundo de Bachillerato General Unificado, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, al ser un grupo accesible y representativo del contexto educativo donde se lleva a cabo la intervención. Como señalan (Otzen & Manterola, 2017), esta técnica es válida cuando se requiere trabajar con sujetos disponibles que representan adecuadamente el contexto de intervención.

2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

En cuanto a la técnica de recolección de datos, se empleó un cuestionario escrito estructurado, aplicado antes y después de la intervención. El instrumento consistió en un cuestionario de opción múltiple, que incluye ítems sobre conceptos clave de las reacciones redox: definición, identificación de agentes oxidantes y reductores, y balanceo de ecuaciones químicas. Su finalidad es medir el nivel de comprensión conceptual

de los estudiantes respecto a los contenidos abordados, así como detectar posibles avances tras la aplicación de la intervención. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Jamovi, la versión descargable Desktop.

La intervención didáctica se desarrolló mediante el uso de recursos digitales interactivos, como presentaciones guiadas, videos explicativos, recursos realizados en Websim ai y actividades prácticas en línea orientadas a promover el aprendizaje activo. Estas herramientas buscan facilitar la apropiación de contenidos abstractos como las reacciones óxido-reducción, prevaleciendo las limitaciones del modelo expositivo tradicional y fomentar la participación del estudiante como protagonista de su aprendizaje.

La intervención pedagógica se llevó a cabo durante un período de cuatro semanas, con sesiones semanales de 90 minutos cada una. La estructura metodológica incluye una primera fase introductoria, donde se presentan conceptos teóricos clave mediante presentaciones guiadas elaboradas en Genially y Canva, complementadas con videos explicativos, entre ellos; "¿QUÉ ES UNA OXIDACIÓN? | Procesos Redox" de Breaking Vlad (20175), "REDOX. Sulfato de cobre + zinc. experimento. reacción Oxidación-Reducción. $\text{Zn} + \text{CuSO}_4$ " de Cienciabit: Ciencia y Tecnología (2016) y "Reacciones REDOX ¿Quién se Oxida y quién se Reduce? - EJERCICIOS [Fácil y Rápido] | QUÍMICA" de (A Cierta Ciencia, 2021). Además, se emplea Mentimeter para realizar una lluvia de ideas inicial sobre el comportamiento de los electrones, lo cual permite identificar las concepciones previas o alternativas; una segunda fase práctica en la que los estudiantes interactúan con simulaciones digitales y videos de experimentos de reacción óxido-reducción para visualizar procesos de transferencia de electrones y balanceo de ecuaciones redox lo cuales se alojaron en Spatial; y una tercera fase de aplicación, en la que realizaron ejercicios prácticos en línea y resolvieron casos contextualizados utilizando plataformas como Kahoot! y Websim ai, donde arrastraron, ajustaron y siguieron los pasos del balanceo método ion-electrón hasta lograr el equilibrio correcto de la ecuación. Este diseño se orienta a conseguir que la comprensión sea progresiva de los contenidos, se fomenta la participación activa y desarrolla habilidades procedimentales, combinando recursos visuales, manipulativos y actividades que favorecen diferentes estilos y ritmos de aprendizaje.

Los instrumentos de pretest y postest fueron sometidos a validez de contenido, para determinar el coeficiente de validez de contenido (CVC). Hernández-Nieto (2002), considera que 0.8 de validez de contenido se considera buena para aplicar, sin embargo, Balbinotti (2004) y Pedrosa *et al.* (2013) aseguran que 0.70 es buena validez. En el caso del pretest su CVC fue de 0,88 y el CVC del postest fue de 0,90, lo que demuestra que dichos instrumentos tienen una buena validez para poder aplicarlos en la población participante de esta investigación. Para el análisis de resultados, se compara las puntuaciones del pretest y postest mediante pruebas estadísticas, con un nivel de significancia del 5 %.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para analizar el efecto del uso de recursos digitales interactivos en el aprendizaje de las reacciones óxido-reducción, se aplica un pretest y un postest. A continuación, se presentan los resultados obtenidos, clasificados por niveles de desempeño.

La Figura 1, muestra la distribución de los puntajes obtenidos en el pretest. Se observa una mayor concentración de estudiantes en no alcanza los aprendizajes requeridos (21 estudiantes) y próximo a alcanzar los aprendizajes requeridos (15 estudiantes), lo cual evidencia dificultades en la comprensión conceptual del tema antes de implementar los recursos digitales.

En contraste, la Figura 2 refleja una mejora significativa en el rendimiento tras la intervención. El número de estudiantes con desempeño alto aumenta notablemente: dominan los aprendizajes requeridos (2 estudiantes) y alcanzan los aprendizajes requeridos (28 estudiantes). En cambio, los niveles de no alcanzar o estar próximo a alcanzar los aprendizajes requeridos (6 estudiantes) disminuyen. Este cambio indica un impacto positivo del uso de recursos digitales interactivos en el aprendizaje de reacciones óxido-reducción.

3.1. Estudios de normalidad de las calificaciones obtenidas en el pretest y en el postest

A continuación, las pruebas de distribución de normalidad de la calificación para antes de la implementación educativa y después de la implementación. Se plantean las siguientes hipótesis:

H_0 : Los datos muestran una distribución normal si el $p(\text{Sig.}) \geq 0,05$ para el pretest y postest

H_1 : Los datos muestran una distribución no normal si el $p(\text{Sig.})$ es menor a $0,05$ para el pretest y postest.

Se puede observar en la Tabla 1 que para ambos tests (postest y pretest) arrojan valores $p(\text{Sig.})$ menores que 0.05, lo que indica que se rechaza la hipótesis nula de normalidad.

En consecuencia, para las comparaciones entre las calificaciones del pretest y del postest, se aplica la prueba

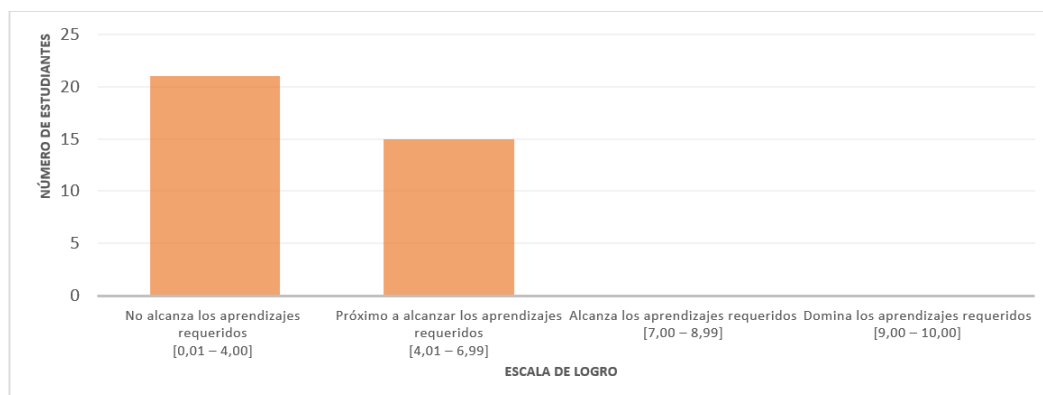


Figura 1: Resultados del pretest. Fuente: Elaboración propia

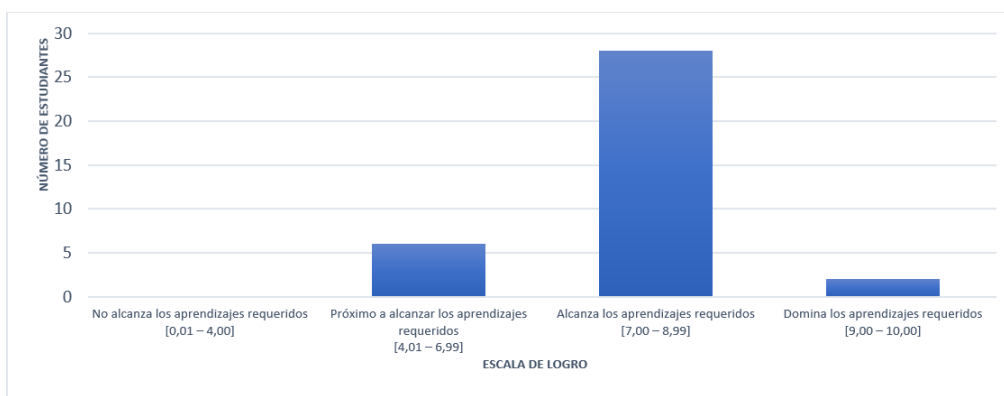


Figura 2: Resultados del postest, Fuente: Elaboración propia

no paramétrica de Wilcoxon.

3.2. Análisis comparativo del pretest y postest por la prueba de Wilcoxon

En función de hacer comparaciones entre el pretest y el postest, a partir de los resultados de la normalidad, se plantean las siguientes hipótesis:

H_0 : El uso de recursos digitales interactivos no produce un efecto significativo en el aprendizaje de reacciones óxido-reducción en estudiantes de segundo de Bachillerato.

H_1 : El uso de recursos digitales interactivos mejora significativamente el aprendizaje de reacciones óxido-reducción en estudiantes de segundo de Bachillerato.

A partir de los valores mostrados en la Tabla 2, tomado en cuenta el valor de $p(\text{Sig}) = 0,000$ (menor que 0,05), indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados del pretest y el postest.

El signo negativo del estadístico Z, significa que los puntajes del postest fueron significativamente mayores que los de pretest, por lo tanto, se puede afirmar desde el punto de vista estadístico, que el uso de recursos digitales interactivos, mejora significativamente el aprendizaje de las reacciones óxido-reducción en estudiantes del segundo de bachillerato. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la

Tabla 1: Resultados de la prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Postest	0.863	36	0.000
Pretest	0.879	36	0.001

Tabla 2: Estadísticos de prueba de Wilcoxon. (*)La prueba de rangos con signo de Wilcoxon, se basa en rangos positivos

	Pretest - Posttest
Z	-5.85 (*)
Sig. asintótica(bilateral)	0.000

hipótesis alternativa ($H1$).

3.3. Análisis estadístico por dimensiones

A partir de las variables consideradas se deduce que, la dimensión $D1$ corresponde a: Definición de los conceptos de reacciones óxido-reducción, la dimensión $D2$ es: Comprensión de agente reductor y agente oxidante, y la dimensión $D3$ es: Balanceo de ecuaciones redox. En la Tabla 3 se presentan las estadísticas descriptivas de los puntajes obtenidos por los estudiantes en las tres dimensiones evaluadas, tanto para el pretest como para el posttest.

Los resultados permiten vislumbrar una tendencia general hacia un progreso en el aprendizaje, evidenciado en el incremento de las medias y las medianas, así como en ciertos cambios en la dispersión de los datos. En la dimensión 1, la media del puntaje muestra un incremento del 1,94 conseguido en el pretest a 2.72 en el posttest, mientras que la mediana pasó de 2 en el pretest a 3 en el posttest.

De igual manera, muestra una reducción de la desviación estándar de 0.674 a 0.454, indicando así una mejora de la homogeneidad del grupo. Por lo cual, podemos afirmar que el progreso se confirma y que la homogeneidad del rendimiento también mejora debido a la intervención programada para esta dimensión.

Este avance también se observa en el contenido de los ítems. Por ejemplo, se constata un salto desde nociones más básicas que son evaluadas en el pretest, como “el elemento químico pierde electrones”, a formulaciones más precisas que aparecen en el posttest como “el número de oxidación de un elemento disminuye” y se circunscriben a conceptos más estructurados como “variación del número de oxidación” y “pérdida de electrones”, lo que acarrea un nivel más profundo de comprensión conceptual. Se observa como los estudiantes se desplazan desde opciones que tienen una lógica más empírica a interpretaciones más abstractas, relacionadas con la teoría redox moderna, lo que denota una mayor apropiación conceptual.

Tabla 3: Estadísticos descriptivos de pretest y posttest por dimensión

	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Desviación
PretestD1	36	1	3	1.94	2	0.674
PosttestD1	36	2	3	2.72	3	0.454
PretestD2	36	0	2	1.36	1	0.639
PosttestD2	36	2	3	2.72	3	0.454
PretestD3	36	0	1	0.81	1	0.401
PosttestD3	36	1	3	1.81	2	0.577
N válido (por lista)	36					

En la dimensión 2, se observa un incremento en la media de 1.36 a 2.72, acompañado también de una reducción en la dispersión de los datos (de 0.639 a 0.454). Esta mejora cuantitativa se traduce en una evolución cualitativa clara en la formulación y comprensión de los conceptos. En el pretest, las respuestas correctas se centraban en identificar que el agente reductor se oxida y cede electrones. Sin embargo, en el postest, las preguntas profundizan en el doble rol funcional del agente reductor con opciones como “cede electrones y se oxida” o “el agente reductor cede electrones y se oxida”, lo que exige al estudiante integrar procesos simultáneos en la reacción redox. Además, la mayor precisión de las respuestas correctas y el cambio en el lenguaje de los ítems demuestran un avance hacia un pensamiento más sistémico y funcional.

En la dimensión 3, se percibe una mejora notable de los estudiantes. La media pasa de 0.81 en el pretest a 1.81 en el postest, es decir, un incremento de 1 punto. No obstante, a diferencia de las dimensiones anteriores, la desviación estándar creció de 0.401 hasta 0.577, lo cual indica que si bien la mayoría de estudiantes mejoraban, las respuestas eran más dispares, sugiriendo que los estudiantes contaban con distintos niveles de comprensión respecto al método ion-electrón en medio ácido y en medio básico. Esta tendencia se constata al analizar cualitativamente los ítems que se utilizaron: en el pretest los ejercicios estaban centrados en ecuaciones relativamente simples como la del HNO_3 con el HI , donde el estudiante debía aplicar el método ion-electrón en medio ácido. Existían muy dispares, siendo la correcta ($2HNO_3 + 6HI \leftarrow 2NO + 3I_2 + 4H_2O$) la que implicaba una comprensión adecuada no sólo referente a la conservación de la masa, también a la de la carga eléctrica. En el postest, en cambio, se aplica ecuaciones más complejas como la del dicromato con el HCl , donde se requería un mayor número de pasos y además una visión más integrada del método de balanceo en condiciones ácidas.

En el caso del balanceo en medio básico (pretest y postest), se utilizan criterios específicos como el uso correcto de iones OH^- y la conversión entre ecuaciones balanceadas en medio ácido y medio básico, tanto en el pretest como en el postest, poniendo de manifiesto la regla de “añadir la misma cantidad de iones OH^- a ambos lados de la ecuación que iones H^+ depositados en la misma”. El reconocimiento de esta regla básica es clave en el balanceo redox en medios básicos y la presencia de estas reglas en los ítems de postest y pretest permitió llevar un seguimiento del progreso conceptual en esta dimensión. De hecho, en el postest se incorporan ecuaciones más desafiantes, como las reacciones que utilizan manganatos y arseniatos, que hay que resolver aplicando secuencias complejas de pasos en el método ion-electrón. La correcta identificación de ecuaciones balanceadas muestra que varios de los estudiantes fueron capaces de dominar y poner en práctica estos métodos, aunque la desviación típica en el postest es superior y eso pone de manifiesto que no todos los estudiantes alcanzaron los mismos estándares de precisión o de comprensión.

En concreto, los datos cuantitativos evidencian un avance significativo en el aprendizaje del balanceo redox, mientras que el análisis cualitativo pone de manifiesto una evolución de los conceptos básicos hacia la resolución de las ecuaciones más complejas. Sin embargo, la mayor dispersión en las respuestas sugiere que esta dimensión podría requerir de estrategias didácticas diferenciadas, como tutorías, simuladores u otras

Tabla 4: Valores de normalidad de Shapiro Wilk por dimensión

	Estadístico	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
PretestD1	0.799	36	0.000
PosttestD1	0.562	36	0.000
PretestD2	0.760	36	0.000
PosttestD2	0.562	36	0.000
PretestD3	0.485	36	0.000
PosttestD3	0.742	36	0.000

actividades guiadas, para consolidar los aprendizajes de todos los estudiantes por igual.

3.4. Estudios de normalidad por dimensión

A partir del análisis de los estadísticos descriptivos donde se nota una mejoría en el aprendizaje en cada dimensión, se hace necesario verificar si esas mejoras son estadísticamente significativas por cada dimensión en la variable dependiente (Aprendizaje de reacciones óxido-reducción), por lo que, es importante estudiar la distribución normal de los datos para aplicar pruebas paramétricas o no paramétricas y conocer si las mejoras obtenidas, son estadísticamente significativas o no.

Entonces, en la Tabla 4, se observan los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk que se aplica para grupos o datos menores a 50.

Tomando en cuenta que los valores de significación (Sig.) son iguales a 0.000, (< 0.05), se rechaza la hipótesis nula de normalidad en todos los casos, y se aplica una prueba no paramétrica como Wilcoxon, para grupos relacionados con prueba antes y después de la intervención educativa en este caso.

3.5. Análisis de los resultados de la prueba de Wilcoxon en función de las dimensiones del proceso de aprendizaje de las reacciones óxido-reducción

La prueba de Wilcoxon de rangos con signo (Tabla 5), se aplica a los resultados obtenidos de dos grupos emparejados (pretest y posttest) para determinar si existen diferencias significativas entre las puntuaciones obtenidas del pretest y posttest en las tres dimensiones del proceso de aprendizaje de las reacciones óxido-reducción. Esta, al ser una prueba no paramétrica, es adecuada para muestras relacionadas que no cumplen el supuesto de normalidad estadística, como se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk.

Dimensión 1: Definición de conceptos de reacciones óxido-reducción.

La estadística Z fue de -4.365 con una significancia bilateral de 0.000, lo que significa que la intervención didáctica tuvo un efecto significativamente positivo. Esta dimensión trata de una serie de conceptos básicos, tales como oxidación, reducción o número de oxidación. La mejora observada sugiere que los alumnos han conseguido aclarar y afianzarse en estos conceptos básicos respecto a un conocimiento declarativo adquirido

de forma efectiva.

Los resultados empíricos demuestran una notable mejora en la comprensión de los conceptos básicos de la redox: oxidación, reducción y número de oxidación. Este resultado coincide con lo hallado en estudios como el de López-Guerrero *et al.* (2018) y Alharbi (2025), que manifiestan que la comprensión conceptual mejora notablemente al incorporar herramientas visuales, analogías y simulaciones que permiten representar la transferencia de electrones y el cambio de estados de oxidación.

Dimensión 2: La comprensión del agente reductor y del agente oxidante.

Con un valor Z de: -5.161 y $p = 0.000$, esta dimensión es donde se evidencia el mayor impacto de la intervención. De forma similar a la dimensión anterior, la comprensión del papel funcional de los agentes redox se encuentra presente al identificar procesos de transferencia de electrones desde un punto de vista relacional. La mejora positiva significa que los alumnos han logrado asimilar esta dinámica, comprendiendo incluso que los agentes oxidantes y reductores son agentes que se definen en la reacción por sus acciones.

La máxima mejora se produjo en esta dimensión, lo que demuestra que estos estudiantes en verdad han pasado de definir de forma aislada a hacer una definición relacional y funcional, resultado que tiene un fuerte apoyo en la bibliografía; por ejemplo, Rahmiati *et al.* (2023) y García-Arévalo *et al.* (2022) afirman que, los estudiantes confunden muchas veces el rol del agente oxidante y del reductor debido a la ejecución mecánica de las reglas sin razonamiento contextual. Los resultados obtenidos muestran que una intervención que potencie la comprensión del rol de cada sustancia según su comportamiento electrónico puede superar esta dificultad. En este sentido, coincide con el enfoque constructivismo activo, de un modo similar a como Hamid *et al.* (2024) han propuesto y demostrado el uso de las representaciones dinámicas, resolución de problemas contextualizados, refuerzan la mejora de la comprensión de los fenómenos redox.

Dimensión 3: Balance de Ecuaciones Redox.

El estadístico Z fue -4.976 con un p -valor de 0.000 , evidenciando también una mejora estadísticamente significativa. Esta dimensión consiste en la implementación de unas competencias procedimentales nada sencillas, poniendo en práctica, por ejemplo, el método ion-electrón para medios ácidos y básicos. Aunque se trata de una habilidad difícil, los estudiantes mostraron también unas mejoras potenciales en su aprovechamiento en este procedimiento, lo que podría conllevar una apropiación de instrumentos procedimentales para el balanceo efectivo de este tipo de ecuaciones redox. De todas formas, también observamos mayor

Tabla 5: Estadísticos de la prueba Wilcoxon por dimensión. (*) Prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Se basa en rangos positivos.

	-PostestD1 PretestD1	-PostestD2 PretestD2	-PostestD3 PretestD3
Z	-4.365(*)	-5.161(*)	-4.976(*)
Sig. asintótica(bilateral)	0.000	0.000	0.000

variabilidad en los resultados, lo que podría significar diferencias individuales en la adquisición de esta habilidad.

A pesar de que se encontraron ciertas mejorías notables en esta dimensión, la mayor dispersión observada en los resultados puede suponer que no todos los estudiantes lograron el dominio de los pasos del método ion-electrón. El balanceo de ecuaciones redox es, de acuerdo con Nair *et al.* (2020) Pila-Taco & Bosquez-Barcenas (2024), una de las habilidades más difíciles de adquirir, por la complejidad que requieren combinar diversos aspectos; los algebraicos, los simbólicos y los teóricos. Estos mismos autores sugieren el uso de secuencias didácticas que se vayan graduando en el nivel de dificultad, así como ambientes digitales interactivos, que se usan como soporte práctico, con la intención de lograr mejorar dicha habilidad. Que nuestros hallazgos sean sólo parcialmente coincidentes con estas investigaciones deja entrever que, por un lado, de algún modo la intervención había funcionado, pero que, por otro lado, una instrucción diferente o el uso de simulaciones automáticas de balanceo (como las que, por ejemplo, ofrece ChemCollective) podría servir para reducir la variabilidad de resultados.

4. CONCLUSIONES

Los datos extraídos a partir del proceso de investigación mostraron una mejora considerable en la asimilación de las reacciones óxido-reducción después de la aplicación de la intervención didáctica. En términos generales, los resultados de las puntuaciones obtenidas del posttest resultaron superiores a las del pretest en todas las dimensiones analizadas y así se confirma mediante la ejecución de la prueba de Wilcoxon que muestra diferencias de cálculo serias y estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre ambas mediciones. En la Dimensión 1, que contempla la definición de los conceptos básicos de oxidación y reducción, se observó un fortalecimiento conceptual que permitió a los estudiantes, identificar con mayor claridad la tipología de procesos redox. La Dimensión 2, que evaluó el entendimiento del agente reductor y agente oxidante, presenta la mayor ganancia de aprendizaje, reflejo de una mejor interiorización funcional y contextualizada de los roles en la transferencia de electrones. Por último, en la Dimensión 3, que implica el balanceo de ecuaciones redox en medio ácido y básico, se notó que los estudiantes mejoraron, aunque esta presentación está caracterizada por una dispersión de las puntuaciones algo más amplia, lo que indicó que, si bien hubo progresos procedimentales, se mantienen diferencias individuales en el ritmo de adquisición de las competencias operativas.

De las conclusiones alcanzadas, se manifiesta el preservar y incentivar el uso de estrategias activas, como por ejemplo las simulaciones interactivas, las representaciones visuales, que, de acuerdo con la evidencia empírica, favorecieron a la adquisición tanto los conocimientos conceptuales como los procedimentales. Por consiguiente, resulta necesario añadir andamiajes diferenciados que permitieran dar cuenta de las dificultades que el balanceo redox presenta, como por ejemplo las secuencias didácticas graduales, las tutorías, etc. Finalmente, la evidencia empírica recogida puede dar fe de la eficacia de la propuesta

pedagógica aplicada y, con ello, abre a los docentes, nuevas líneas de intervención para optimizar la enseñanza de contenidos muy complejos como es el caso del área de la química.

Contribución de los autores

Josue Luis Marin Procel: Redacción del resumen, planteamiento del problema y de la metodología, contribución al análisis y discusión y redacción de los resultados, escritura de las conclusiones y referencias. Wilmer Orlando López González: Redacción y problematización de la situación educativa, planteamiento metodológico y métodos de análisis estadístico cuantitativo, análisis y reflexiones de los resultados, elaboración y redacción de las conclusiones y búsqueda y sistematización de los referentes teóricos.

Referencias

- A Cierta Ciencia (2021). Reacciones REDOX ¿Quién se Oxida y quién se Reduce? - EJERCICIOS [Fácil y Rápido] | QUÍMICA | [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=DbJJsf2qsFM>
- Alharbi, A. A. (2025). Cognitive learning approach to enhance university students' visualization of molecular geometry in chemical compounds: A case study in Saudi Arabia. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 18(1), 101283. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2024.101283>
- Balbinotti, M. A. A. (2004). Estou Testando o que Imagino Estar? Reflexões acerca da Validade dos Testes Psicológicos. En C. E. Vaz y R. L. Graff (Eds.), *Técnicas Projetivas: Produtividade em Pesquisa* (pp. 6-22, 1.ª Ed.). Sao Paulo, Brasil: Casa do Psicólogo.
- Breaking Vlad. (2017). ¿QUÉ ES UNA OXIDACIÓN? | Procesos Redox [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=P3bZWcrWlbo>
- Cienciabit: Ciencia y Tecnología. (2016, 14 marzo). REDOX. Sulfato de cobre + zinc. experimento. reacción Oxidación-Reducción. $\text{ZN} + \text{CUSO}_4$ [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=pG6KIMkywbQ>
- García-Arévalo, J. M., Becerra Rodríguez, D. F., Téllez Acosta, M. E., & Vargas Sánchez, A. D. (2022). Aprendizaje colaborativo en el estudio de energías renovables: un camino hacia la formación del profesorado. *Formación universitaria*, 15(6), 71-82. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062022000600071>
- García-Zabaleta, E., Sánchez-Cruzado, C., Campión, R., & Sánchez Compañía, M. (2021). Competencia digital y necesidades formativas del profesorado de Educación Infantil. Un estudio antes y después de la Covid-19. *EduTEC. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, 76, 90–108. <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.76.2027>

- Hamid, A., Maharani, G., Kusasi, M., Rusmansyah, R., & Lee, T. T. (2024). Contextual Teaching and Learning Interactive Media in Redox Reaction Concept for Improving Critical Thinking and Self-efficacy. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 9(1), 72–83. <https://doi.org/10.15575/jtk.v9i1.26553>
- Hernández-Nieto, R. A. (2002). Contributions to Statistical Analysis. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes
- Hernández, R. & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (1.^a ed.). McGraw Hill, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6^a ed.). McGraw-Hill.
- López- Guerrero, M. D. M., López-Guerrero, G., & Rojano-Ramos, S. (2018). Uso de un simulador para facilitar el aprendizaje de las reacciones de óxido-reducción. Estudio de caso Universidad de Málaga. *Educación química*, 29(3), 79-98. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.3.63728>
- Miranda-Monar, E. E., & Cajamarca-Alvarado, M. E. (2022). Uso de recursos educativos digitales para la enseñanza de la química. *Revista Minerva*, 3(4), 59–69. <https://doi.org/10.53591/minerva.v3i4.726>
- Nair, S., More, T., Jadhav, V., Rayate, M., & More, B. (2020). A Procedure Employing for Redox Titration: Balancing the Redox Chemical Equation in Acidic or Basic Medium. *International Journal of Research*, 7(5), 99-102. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3938452>.
- Ocampo Jaramillo, S. R. (2024). Incorporación de Nuevas Tecnologías en la Enseñanza-Aprendizaje de la Química. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 10762-10772. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10378
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Pava-Buelvas J. C., & Gil-Acosta L. M. (2021). Uso de Simuladores como recurso digital para mejorar el conocimiento en la asignatura de química en los estudiantes de la Institución Educativa San Marcos, del Municipio de San Marcos – Sucre. *Revista internacional RENOSCOL*, 1(1), 71-79. <https://doi.org/10.51896/renoscol/HGEC7531>
- Pedrosa, I., Suárez Álvarez J., & García Cueto, E. (2013). Evidencias sobre la validez de contenido: Avances teóricos y métodos para su estimación. *Acción Psicológica*, 10(2), 3-18. <https://revistas.uned.es/index.php/accionpsicologica/article/view/11820/12588>
- Pila Taco, Y. M., & Bosquez Barcenés, V. A. (2024). Herramientas digitales como estrategia didáctica en la asignatura de Química en estudiantes de bachillerato . *MQRInvestigar*, 8(4), 7595–7618. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.7595-7618>

- Pinell Tórrez, J. M. (2024). Paradigmas epistemológicos de investigación y la relación con la generación y adopción de Tecnologías agrícolas. *Revista Multi-Ensayos*, 10(20), 62–69. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v10i20.18680>
- Rahmiati, N., Irawati, R. K., & Astutik, T. P. (2023). MISCONCEPTIONS ON REDOX REACTIONS USING THE FOUR TIER TEST. *NUKLEO SAINS JURNAL PENDIDIKAN IPA*, 2(2), 101-108. <https://doi.org/10.33752/ns.v2i2.5603>
- Rodríguez Polo, X. R., & Santillán Buelna, J. R. (2024). Nuevas audiencias y formas de consumo de los contenidos periodísticos. *Textual & Visual Media*, 18(2), 1-4. <https://doi.org/10.56418/txt.18.2.2024.0>
- Velasco Sánchez, M. (2024). Transformando la educación en Colombia: políticas de innovación con TIC en la era digital. *Discimus. Revista Digital De Educación*, 3(1), 121-150. <https://doi.org/10.61447/20240601/art05>