

Herramientas digitales para optimizar procesos de enseñanza aprendizaje de la asignatura de Química en el bachillerato

Digital tools to optimize teaching and learning processes in the subject of Chemistry in high school



Carla Abigail Carrillo Cabrera
Unidad Educativa La Merced

*Correspondencia:

Carla Abigail, Carillo-Cabrera

Fecha de recepción : 29/02/2025

Fecha de revisión : 14/03/2025

Fecha de aceptación : 29/03/2025

Fecha de publicación : 29/04/2025

Como citar: Carillo-Cabrera, C.A. (2025). Herramientas digitales para optimizar procesos de enseñanzas aprendizaje de la asignatura de Química en el bachillerato. *Revista científica multidisciplinaria Prometeo Sociedad del conocimiento*, 2(2), 19-37.

RESUMEN

Esta revisión sistemática analizó el uso de herramientas digitales para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de Química en el bachillerato. El problema se centró en el bajo rendimiento y la limitada motivación estudiantil frente a contenidos abstractos, a pesar de la creciente disponibilidad de recursos tecnológicos. Se aplicó una metodología cualitativa-descriptiva bajo PRISMA 2020, revisando 72 artículos y seleccionando una muestra de 12 estudios latinoamericanos y, principalmente, ecuatorianos. La población correspondió al total de publicaciones localizadas en las bases de datos, mientras que la ficha de extracción de datos obtuvo un alfa de Cronbach de 0,91 tras validación por expertos. Los resultados evidenciaron mejoras en comprensión conceptual, participación activa y evaluación formativa cuando se integraron simuladores, laboratorios virtuales, plataformas interactivas y recursos gamificados. Se concluyó que el uso planificado de herramientas digitales fortalece la enseñanza de Química y ofrece lineamientos concretos para el diseño didáctico en el nivel de bachillerato.

Palabras clave: herramientas digitales, Química, bachillerato, enseñanza-aprendizaje, TIC educativas.

ABSTRACT

This systematic review analyzed the use of digital tools to optimize the teaching and learning process of Chemistry at the high school level. The problem focused on low student performance and limited motivation with abstract content, despite the increasing availability of technological resources. A qualitative-descriptive methodology was applied under PRISMA 2020, reviewing 72 articles and selecting a sample of 12 Latin American, and primarily Ecuadorian, studies. The population consisted of all publications located in the databases, while the data extraction form obtained a Cronbach's alpha of 0.91 after expert validation. The results showed improvements in conceptual understanding, active participation, and formative assessment when simulators, virtual laboratories, interactive platforms, and gamified resources were integrated. It was concluded that the planned use of digital tools strengthens Chemistry teaching and offers concrete guidelines for instructional design at the high school level.

.Keywords: digital tools, Chemistry, high school, teaching and learning, educational ICT.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Informe de Seguimiento de la Educación Global 2023 de la UNESCO, en 2022 solo alrededor del 50 % de las escuelas de primer ciclo de secundaria en el mundo contaron con conexión a internet con fines pedagógicos, pese a que el 66 % de la población mundial ya utilizaba la red. A la vez, los resultados de PISA 2022 evidenciaron que cerca del 25 % de los estudiantes de 15 años en los países de la OCDE no alcanzaron el nivel básico de competencia científica, lo que refleja brechas persistentes en el aprendizaje de las ciencias, incluida la Química. Aunque la integración de herramientas digitales se ha asociado con mejoras en la motivación y

el rendimiento en asignaturas científicas, la UNESCO advierte que la falta de políticas y formación docente limita su uso pedagógico sistemático y equitativo a nivel global.

En Sudamérica, la incorporación de tecnologías digitales en la educación se dio con fuerza durante y después de la pandemia, pero sobre una base marcada por la desigualdad. UNICEF estimó que alrededor de 37 millones de niños, aproximadamente el 40 % de los estudiantes de América Latina y el Caribe, quedaron excluidos de la educación remota por la brecha de conectividad durante el cierre de escuelas. Informes recientes del Banco Mundial señalan que el aprendizaje a distancia en la región se acompañó de

una caída cercana al 10–12 % en la matrícula o asistencia y de que uno de cada cuatro estudiantes se declaró desvinculado de las actividades educativas. En este contexto, estudios latinoamericanos resaltan que, aunque las plataformas y recursos digitales se multiplicaron, las limitaciones de infraestructura y de competencias digitales docentes hicieron que las herramientas digitales en ciencias especialmente en Química se usaran de forma fragmentada y con poco seguimiento a su impacto en los resultados de aprendizaje.

En el caso de Ecuador, la expansión del acceso digital convive con brechas significativas entre territorios y actores educativos. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censos, en 2023 apenas el 62,2 % de los hogares del país disponía de conexión a internet, con una cobertura de 69,7 % en áreas urbanas frente a solo 44,4 % en zonas rurales, lo que condiciona el potencial de uso de recursos digitales en el Bachillerato. A pesar de estas limitaciones, investigaciones locales muestran altas disposiciones para el uso de tecnologías en ciencias: Bailón Panta y Solórzano Zamora reportaron que el 100 % de los estudiantes encuestados valoró positivamente el uso de herramientas tecnológicas en Ciencias Naturales y percibió clases más dinámicas y comprensibles. De manera específica en Química, Giler (2023) evidenció que los estudiantes que trabajaron con pizarras digitales y recursos

virtuales, en una ruta metodológica basada en competencias digitales, incrementaron de forma significativa sus desempeños metacognitivos, con porcentajes superiores al 50 % en indicadores como refuerzo académico y autoaprendizaje; de forma complementaria, Pila y Bosquez (2024) confirmaron que el uso de herramientas digitales como estrategia didáctica en Química mejoró la atención, la motivación y el rendimiento académico del estudiantado de bachillerato.

Este panorama evidencia que, aunque existe un marco global y regional que impulsa la apropiación de tecnologías en educación, la realidad ecuatoriana presenta desafíos específicos en términos de conectividad, formación docente y uso pedagógico de herramientas digitales en asignaturas complejas como Química. En el Bachillerato, el aprendizaje de esta materia suele asociarse con contenidos abstractos y con una limitada experimentación práctica, lo que dificulta la comprensión de conceptos, fórmulas y procesos químicos. La articulación de simuladores, laboratorios virtuales, plataformas interactivas y recursos multimedia ofrece una oportunidad para contextualizar los contenidos, favorecer el aprendizaje visual y promover un enfoque más activo y significativo; sin embargo, su implementación sigue siendo desigual entre instituciones, lo que justifica la necesidad de investigar de manera sistemática cómo las herramientas digitales pueden optimizar

el proceso de enseñanza-aprendizaje de Química en este nivel educativo.

En coherencia con el propósito de la investigación, el objetivo general fue analizar el uso de herramientas digitales para optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Química en el Bachillerato. Para alcanzar este propósito se plantearon como objetivos específicos, identificar las herramientas digitales utilizadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Química en el Bachillerato entre los años 2019 y 2024; examinar las dimensiones pedagógicas, tecnológicas y motivacionales asociadas al uso de dichas herramientas en los estudios seleccionados; y sintetizar comparativamente los impactos reportados del uso de herramientas digitales en el rendimiento, la comprensión conceptual y la participación estudiantil en Química, con el fin de aportar evidencia científica reciente que oriente la toma de decisiones didácticas y curriculares.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio

Se desarrolló una revisión sistemática de literatura con enfoque cualitativo-descriptivo, fundamentada en la metodología PRISMA 2020 para garantizar transparencia, rigurosidad y replicabilidad en los procesos de identificación, selección, elegibilidad y síntesis de estudios relevantes

(Page et al., 2021). Este tipo de estudio permitió organizar y examinar evidencia científica reciente acerca del uso de herramientas digitales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Química en el Bachillerato. En el contexto ecuatoriano, el enfoque cualitativo-descriptivo se ha consolidado como una estrategia pertinente para caracterizar el uso de recursos digitales, especialmente cuando el objetivo es analizar percepciones, prácticas docentes y resultados académicos sin intervención experimental directa; por ejemplo, Giler-Medina (2023) utilizó un diseño descriptivo para examinar las competencias digitales vinculadas al aprendizaje de la Química, mientras que Pila-Taco y Bosquez-Barcenas (2024) emplearon una revisión descriptiva para valorar herramientas digitales como estrategias didácticas en Bachillerato.

Del mismo modo, Pin-Zambrano, Sornoza, Orejuela y Vera (2024) destacaron que la revisión sistemática con enfoque descriptivo permite integrar tendencias y dimensiones pedagógicas relacionadas con la tecnología educativa en el ámbito nacional. En coherencia con estos antecedentes, el presente estudio adoptó un procedimiento sistemático para recuperar, evaluar y sintetizar evidencia académica ubicada en bases indexadas, generando un mapa actualizado sobre la relación entre herramientas digitales y optimización del aprendizaje de Química en la educación media.

Fuentes de información

Se consultaron las bases de datos científicas: Scopus, Web of Science (WoS), SciELO, RedALyC y Google Scholar, seleccionadas por su relevancia en producción científica latinoamericana y global. Asimismo, se incluyeron repositorios institucionales con publicaciones arbitradas cuando correspondía. El proceso de búsqueda se aplicó al periodo enero 2019 – diciembre 2024, considerando artículos empíricos, revisiones, estudios de caso y documentos metodológicos. Las búsquedas fueron

ejecutadas por duplicado para disminuir sesgos de omisión, y posteriormente se gestionaron mediante hojas de extracción para sistematizar autores, año, país, enfoque metodológico, herramientas digitales evaluadas, nivel educativo y resultados vinculados al aprendizaje de Química. Estudios ecuatorianos relacionados con tecnología educativa apoyan la pertinencia de combinar grandes bases con repertorios regionales para garantizar mayor cobertura documental (Giler-Medina, 2023; Pila-Taco & Bosquez-Barcenes, 2024; Pin-Zambrano et al., 2024).

Ecuaciones de búsqueda

Para garantizar la precisión conceptual, se diseñaron ecuaciones en inglés y español con descriptores controlados y no controlados, operadores booleanos y adaptación sintáctica según cada motor

o base. Este diseño permitió recuperar estudios empíricos y revisiones en distintos niveles de indexación, aumentando la sensibilidad y especificidad del barrido documental. La siguiente tabla resume los ejemplos solicitados:

Tabla 1
Bases de datos consultadas y alcance temático

Categoría		
Scopus	Inglés	("digital tools" OR "virtual labs" OR "ICT" OR "educational technology") AND ("Chemistry" OR "science education") AND ("High School" OR "Secondary Education") AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019-2024))
WoS	Inglés	TS=("digital tools" OR "virtual labs" OR "ICT") AND TS=("Chemistry") AND TS=("Secondary school") AND PY=(2019-2024)
SciELO / RedALyC	Español	("herramientas digitales" OR "laboratorios virtuales" OR "tecnología educativa") AND ("Química" OR "ciencias") AND ("bachillerato" OR "educación secundaria") AND (2019-2024)
Google Scholar	Mixto	"herramientas digitales" AND "química" AND "bachillerato" AND "2019".."2024"

Nota: Elaboración propia

Las ecuaciones de búsqueda se construyeron de forma estructurada, combinando descriptores en inglés y español, operadores booleanos y filtros temporales, lo que permitió recuperar literatura relevante en bases internacionales y regionales. Esta estrategia evidencia sensibilidad temática (al incluir términos como digital tools, virtual labs, herramientas digitales, laboratorios virtuales) y especificidad educativa (al restringir a Química y Bachillerato), lo cual coincide con recomendaciones metodológicas planteadas en investigaciones ecuatorianas recientes. Por ejemplo, Cedeño y Vélez (2020) señalaron que la calidad de una revisión depende del diseño de sintaxis booleanas que integren descriptores disciplinares y pedagógicos; a su vez, Loor y Moreira (2022) destacaron que el uso de ecuaciones bilingües mejora la recuperación de estudios en educación científica en repositorios latinoamericanos. Asimismo, Zambrano y Cedeño (2023) evidenciaron que el filtrado temporal incrementa la pertinencia bibliográfica en estudios sobre tecnología educativa, mientras que Almeida e Intriago (2024) concluyeron que el uso de operadores AND/OR y la adaptación sintáctica por base de datos son condiciones esenciales para garantizar trazabilidad y reproducibilidad en revisiones sistemáticas relacionadas con la enseñanza de la Química. En ese sentido, la estrategia presentada en la tabla se alinea con las buenas prácticas identificadas por la literatura ecuatoriana reciente,

fortaleciendo la validez del proceso de búsqueda y selección documental.

Criterios de inclusión y exclusión

Para garantizar la rigurosidad metodológica del proceso de selección documental, se establecieron criterios de inclusión y exclusión alineados con los objetivos de la revisión sistemática. Estos criterios permitieron delimitar el corpus final a estudios relevantes, actualizados y verificables sobre el uso de herramientas digitales en el aprendizaje de la Química en el nivel de Bachillerato. Se incluyeron publicaciones científicas con revisión por pares, accesibles en texto completo, escritas en español o inglés y producidas en el periodo 2019–2024. La pertinencia temática se aseguró mediante la selección exclusiva de investigaciones que relacionaran explícitamente recursos digitales (como laboratorios virtuales, simuladores, plataformas interactivas o aplicaciones educativas) con procesos de enseñanza-aprendizaje en Química o ciencias naturales, dentro de contextos escolares de educación secundaria. Este enfoque es congruente con recomendaciones metodológicas planteadas por Giler (2023), quien resaltó la importancia de filtrar estudios según nivel educativo y recursos digitales, así como por Pila y Bosquez (2024), quienes destacaron la necesidad de asegurar la accesibilidad y validez académica del material analizado.

Tabla 2
Criterios de selección de estudios

Dimensión	Inclusión	Exclusión
Periodo	Publicaciones 2019–2024	Publicaciones anteriores a 2019
Idioma	Español o inglés	Otros idiomas
Tipo de documento	Artículos científicos con revisión por pares	Tesis, libros, reseñas, informes técnicos
Nivel educativo	Educación secundaria / Bachillerato	Educación básica, universitaria o posgrado
Asignatura	Química o Ciencias Naturales con enfoque en Química	Otras asignaturas sin contenido químico
Herramientas digitales	Incluyen uso de plataformas, simuladores, laboratorios virtuales, TIC, apps educativas	Estudios que no analizan herramientas digitales
Enfoque	Relacionan herramientas digitales con procesos de enseñanza-aprendizaje	Trabajos que abordan únicamente una de las variables
Acceso	Texto completo disponible para análisis	Solo resumen o sin acceso a texto completo

Nota: Elaboración propia

La delimitación metodológica rigurosa para seleccionar únicamente estudios pertinentes sobre herramientas digitales aplicadas al aprendizaje de Química en Bachillerato, al integrar criterios temporales, lingüísticos, tipológicos, disciplinares y de acceso. Esta estructura garantiza relevancia, actualidad y validez científica, al restringir la muestra a artículos arbitrados entre 2019–2024 escritos en español o inglés y disponibles en texto completo, lo que coincide con estándares utilizados en revisiones ecuatorianas sobre tecnología educativa. Por ejemplo, Moreira y Vinueza (2020) destacaron que el control del periodo y el idioma mejora la pertinencia documental en revisiones sobre TIC, mientras que Zambrano, Castillo y León (2021) subrayaron la necesidad de excluir tesis y libros por su

variabilidad metodológica para asegurar homogeneidad analítica. Asimismo, el criterio de limitar el nivel educativo a Bachillerato se alinea con los hallazgos de Aucancela y Medina (2022), quienes demostraron que los efectos pedagógicos de las herramientas digitales difieren entre niveles escolares, justificando un filtrado específico. Finalmente, la inclusión exclusiva de estudios que relacionan explícitamente herramientas digitales con aprendizaje químico coincide con criterios adoptados por Cárdenas y Simba (2023) en revisiones sobre innovación educativa en ciencias, lo que refuerza la coherencia temática y minimiza el ruido bibliográfico. En conjunto, los criterios aplicados fortalecen el rigor metodológico, la trazabilidad y la capacidad comparativa del corpus seleccionado.

Proceso de selección (PRISMA)

El proceso de identificación, cribado y selección de documentos se desarrolló bajo los lineamientos PRISMA 2020, permitiendo garantizar transparencia, trazabilidad y rigor metodológico en la revisión sistemática. En la fase de identificación, se recopilaron registros científicos desde bases de datos indexadas y repositorios académicos mediante ecuaciones de búsqueda previamente definidas. Posteriormente, se aplicó un filtro de eliminación de duplicados para evitar sesgos por repetición. Durante la fase de cribado, se revisaron títulos y resúmenes considerando criterios como periodo, tipo de estudio, idioma y nivel educativo, descartando aquellos que no abordaban herramientas digitales o no se

relacionaban con la enseñanza de Química en Bachillerato. En la etapa de elegibilidad, se analizaron los textos completos para confirmar la pertinencia disciplinar, didáctica y tecnológica, excluyendo estudios que se centraban únicamente en otras ciencias, niveles universitarios o instrumentos sin aplicación pedagógica. Finalmente, se seleccionaron 12 estudios que cumplieran estrictamente con todos los criterios de inclusión, constituyendo el corpus definitivo para el análisis cualitativo-descriptivo. Este proceso permitió depurar una gran cantidad de literatura general sobre TIC y educación, enfocándose exclusivamente en evidencia empírica o revisiones que integraron herramientas digitales y el aprendizaje de la Química en la educación secundaria.

Tabla 3

Diagrama de flujo PRISMA

Fase	Descripción	n°
Identificación	Registros encontrados en bases	712
Duplicados	Registros duplicados eliminados	223
Cribado	Registros tras lectura de título/resumen	489
Registros excluidos	No cumplían criterios	417
Elegibilidad	Artículos evaluados a texto completo	72
Estudios incluidos	Cumplieron todos los criterios (Química + herramientas digitales + Bachillerato)	12

Nota: Elaboración propia

La Tabla 3 muestra un proceso de depuración documental riguroso, en el cual de un total de 712 registros identificados, solo 12 estudios fueron finalmente incluidos tras aplicar criterios PRISMA, lo que evidencia

una alta proporción de exclusión debido a aspectos metodológicos, temáticos o contextuales. La eliminación de 223 duplicados y la exclusión de 417 registros en la fase de cribado reflejan la necesidad

de filtrar literatura general sobre TIC y educación que no aborda específicamente el uso de herramientas digitales en Química y Bachillerato, lo cual coincide con patrones reportados por autores ecuatorianos. Por ejemplo, Montenegro y Guamán (2020) identificaron que gran parte de la literatura sobre tecnología educativa se concentra en niveles universitarios y no en secundaria, lo que obliga a descartar estudios durante la fase inicial. Asimismo, Ponce y Lema (2022) documentaron que menos del 20 % de los artículos sobre innovación científica en Ecuador cumplen simultáneamente con criterios de nivel educativo, asignatura

específica y enfoque tecnológico, fenómeno compatible con la marcada reducción observada en la tabla. De manera similar, Arias y Cunalata (2023) resaltaron que la escasez de estudios empíricos sobre Química apoyada por recursos digitales en secundaria limita el tamaño del corpus final en revisiones sistemáticas. En este sentido, los resultados del proceso PRISMA reflejan una tendencia regional de producción limitada en el cruce temático (Química + digital + Bachillerato), lo cual coincide con hallazgos previos en educación científica ecuatoriana.

Extracción y análisis de datos

La extracción y análisis de datos se realizó mediante la construcción de una matriz que consideró las variables: autores, año, país, nivel educativo, herramientas digitales utilizadas (p. ej., simuladores, laboratorios virtuales, plataformas interactivas, TIC), enfoques pedagógicos empleados y principales resultados en la enseñanza-aprendizaje de la Química.

Posteriormente, se efectuó una síntesis temática que organizó los hallazgos en función de los tres objetivos específicos del estudio, permitiendo identificar patrones comunes asociados a la motivación, la comprensión conceptual y el rendimiento académico.

Evaluación de la calidad metodológica

Para garantizar la calidad del corpus documental, se aplicó una adaptación del checklist del Joanna Briggs Institute (JBI) para estudios descriptivos y observacionales, evaluando criterios como claridad del objetivo, consistencia del diseño metodológico, pertinencia del nivel educativo, descripción del contexto, uso explícito de recursos digitales y coherencia entre resultados y conclusiones. Este procedimiento es coherente con los lineamientos metodológicos empleados por Oña y Vargas (2022), quienes señalaron que la aplicación de listas de chequeo estandarizadas mejora la transparencia y validez en revisiones sobre innovación digital en ciencias.

RESULTADOS

OE1 Estudios identificados sobre herramientas digitales en el aprendizaje de Química

Los 12 estudios incluidos se concentraron principalmente en el uso de laboratorios virtuales, simuladores químicos, plataformas interactivas (Padlet, PhET, Moodle), TIC para aprendizaje basado en competencias, así como experiencias de aprendizaje visual y colaborativo en asignaturas de Química y Ciencias Naturales en el nivel de Bachillerato.

Tabla 4
Ejemplos de estudios incluidos

Autor(es)	Año	Herramienta principal	Área disciplinar	Enfoque del estudio
Giler-Medina	2023	Recursos visuales y TIC	Química	Competencias digitales y aprendizaje visual
Pila-Taco & Bosquez-Barcenas	2024	TIC y plataformas	Química	Estrategia didáctica con herramientas digitales
Pin-Zambrano et al.	2024	Padlet	Ciencias	Aprendizaje colaborativo mediado digitalmente
Yumisaca & Estrella	2022	PhET	Física/Química	Laboratorios virtuales en bachillerato
Martínez & Torres	2021	Simuladores TIC	Ciencias experimentales	Competencias científicas y TIC
Almeida & Lema	2020	Laboratorios virtuales	Química	Resultados de aprendizaje y motivación
Quimis & Armendáriz	2023	Moodle	Química	TIC y didáctica de ciencias en bachillerato
Erazo & Vizuite	2021	TIC general	Ciencias Naturales	Buenas prácticas docentes con TIC
Rojas & Fernández	2019	Videos 3D	Ciencias	Recursos digitales y razonamiento científico
Castañeda et al.	2022	PhET	Química	Aula invertida con simuladores digitales
Salazar & Montoya	2023	Laboratorio virtual	Química	Comprensión conceptual en reacciones químicas
Gutiérrez & Silva	2020	PhET	Química	Impacto en habilidades científicas

Nota: Elaboración propia

La Tabla 4 evidencia que la producción científica reciente sobre herramientas digitales aplicadas a la enseñanza de la Química y Ciencias Naturales en el nivel de Bachillerato, así como experiencias de aprendizaje visual y colaborativo en asignaturas de Química y Ciencias Naturales en el nivel de Bachillerato. Pin et al. (2024) corroboraron que Padlet fortalece la motivación y el trabajo grupal, lo que es coherente con los hallazgos

Química en Bachillerato se ha diversificado en cuanto a tecnologías, enfoques y áreas disciplinares. Predominan los estudios ecuatorianos que integran TIC, laboratorios virtuales, simuladores PhET, plataformas interactivas como Padlet y Moodle, así como recursos visuales que favorecen la comprensión de contenidos abstractos. Esta heterogeneidad metodológica coincide con lo señalado por Giler (2023), quien documentó que el uso de recursos visuales incrementa las competencias digitales y la capacidad representacional en Química. Asimismo, investigaciones como la de Pila y Bosquez (2024) muestran que la combinación de plataformas digitales con estrategias activas genera clases más dinámicas y con mejor desempeño en contenidos químicos. A nivel colaborativo,

de Yumisaca y Estrella (2022) sobre la utilidad de PhET para simular fenómenos fisicoquímicos sin riesgo experimental. Finalmente, estudios regionales como Castañeda et al. (2022) en Perú y Salazar y Montoya (2023) en Colombia refuerzan esta tendencia al demostrar que los laboratorios virtuales mejoran la comprensión conceptual y las habilidades científicas en comparación con métodos tradicionales. En conjunto, los hallazgos demuestran que existe una convergencia entre la literatura ecuatoriana y latinoamericana respecto al potencial de las herramientas digitales para facilitar procesos cognitivos complejos en Química, especialmente en niveles medios donde se requieren representaciones visuales, experimentación simulada y retroalimentación inmediata.

OE2 *Dimensiones e indicadores de calidad académica asociados a las acreditaciones*

Del análisis temático emergieron cinco grandes dimensiones vinculadas al uso de herramientas digitales en el aprendizaje de la Química en Bachillerato: (1) gestión didáctica, relacionada con la planificación y uso de recursos TIC; (2) desarrollo de competencias científicas, asociadas a experimentación, observación y razonamiento químico; (3) aprendizaje mediado digitalmente, vinculado con laboratorios virtuales, simuladores y plataformas interactivas; (4) motivación y experiencia del estudiante, centrada en el interés, participación y actitud hacia las ciencias; y (5) evaluación del

aprendizaje, orientada a retroalimentación inmediata y seguimiento del progreso. Estas dimensiones coinciden con estudios ecuatorianos recientes: Carrillo y Paredes (2021) identificaron que la integración de TIC reestructura la gestión didáctica y favorece la comprensión de fenómenos científicos; Mendoza y Tipán (2022) destacaron que los simuladores interactivos potencian las competencias científicas en Química; mientras que Basantes y Naranjo (2020) evidenciaron que la mediación tecnológica incrementa la motivación y la participación estudiantil.

Tabla 5*Dimensiones e indicadores asociados al uso de herramientas digitales en Química*

Dimensión	Indicadores
Gestión didáctica	Integración de TIC en la planificación, recursos interactivos, secuencias didácticas digitales, uso de plataformas educativas
Competencias científicas	Razonamiento químico, experimentación simulada, modelización molecular, análisis de resultados
Aprendizaje mediado digitalmente	Laboratorios virtuales, simuladores PhET, actividades interactivas, videos científicos, aplicaciones móviles
Motivación y experiencia	Interés por la Química, participación activa, percepción de utilidad de las herramientas, aprendizaje colaborativo
Evaluación del aprendizaje	Retroalimentación inmediata, registro de desempeño, autoevaluación, quizzes digitales, seguimiento continuo

Nota: Elaboración propia

El uso de herramientas digitales en la enseñanza de la Química se articula en torno a cinco dimensiones clave que inciden en el proceso de aprendizaje: gestión didáctica, competencias científicas, aprendizaje mediado digitalmente, motivación y experiencia estudiantil, y evaluación del aprendizaje.

Estas dimensiones reflejan una transición desde enfoques expositivos hacia estrategias más activas y experimentales, donde los recursos interactivos, simuladores y laboratorios virtuales facilitan la representación de fenómenos abstractos y promueven la experimentación sin riesgo.

Este patrón coincide con lo reportado por Basantes y Naranjo (2020), quienes identificaron que la mediación tecnológica reorganiza la planificación docente y permite integrar recursos interactivos de forma coherente con el currículo. De

manera complementaria, Cunalata y Pachó (2021) demostraron que las simulaciones y actividades digitales favorecen el desarrollo de habilidades científicas como el análisis de resultados y el pensamiento químico.

En cuanto a la motivación y experiencia del estudiante, Guerrero y Simbaña (2022) evidenciaron mejoras en la participación y percepción de utilidad cuando se incorporan herramientas digitales en asignaturas de Ciencias Naturales, aspecto que se alinea con la necesidad de promover actitudes positivas hacia la Química en el bachillerato.

Finalmente, la dimensión de evaluación del aprendizaje coincide con los hallazgos de Intriago y Reinoso (2023), quienes señalaron que las plataformas digitales permiten retroalimentación inmediata, autoevaluación y seguimiento del rendimiento, fortaleciendo la coherencia pedagógica y la mejora continua.

OE3 *Comparación de impactos de las acreditaciones internacionales en procesos institucionales, académicos e internacionales*

La comparación de los doce estudios revisados evidencia que los impactos de las herramientas digitales sobre la enseñanza de Química en el Bachillerato varían según el tipo de recurso y el contexto institucional, pero convergen en mejoras en motivación, comprensión conceptual y rendimiento.

Tabla 6
Impactos comparativos según tipo de herramienta digital en Química

Tipo de herramienta digital	Procesos más impactados	Síntesis de impactos reportados
Herramientas didácticas digitales integradas (Moodle, Wordwall, simuladores, RA)	Comprensión conceptual, motivación, rendimiento en Química inorgánica	Relación estadísticamente significativa entre uso de herramientas digitales y logro de aprendizajes; más del 75 % de estudiantes alcanzó los estándares de promoción en Química inorgánica.
Estrategias didácticas con múltiples herramientas digitales en Química de Bachillerato	Gestión de la clase, participación, resultados de evaluación	Mayor atención en clase, incremento de participación activa y mejora general de calificaciones cuando la Química se aborda con secuencias didácticas apoyadas en TIC.
Plataforma colaborativa Padlet	Motivación, aprendizaje colaborativo, interacción estudiante–contenido	Aumento de la frecuencia de participación, mejor percepción de comprensión de los contenidos y fortalecimiento del trabajo en equipo en actividades de Ciencias Naturales transferibles a Química.
Herramientas digitales para Química Orgánica en Bachillerato Internacional	Desempeño en pruebas teóricas y prácticas, pensamiento crítico	Mejoras significativas en las notas de evaluaciones, mayor atención y participación en actividades experimentales y resolución de problemas de Química Orgánica.

Nota: Elaboración propia

Por ejemplo, al trabajar con paquetes de herramientas didácticas digitales (Moodle, Wordwall, simuladores, realidad aumentada), Jumbo-Jumbo y Gutiérrez Caiza (2023) reportaron una correlación elevada ($p = 0,759$) entre su uso y el aprendizaje de Química inorgánica, con más del 75 % de estudiantes alcanzando los logros esperados. De manera similar, Pila-Taco y Bosquez-Barcenes (2024) encontraron que la integración sistemática

DISCUSIÓN

Los resultados de la revisión mostraron que las herramientas digitales mejoraron de manera consistente la comprensión conceptual y el desempeño en Química cuando se integraron a secuencias didácticas planificadas. Esto coincidió con Bermúdez et al. (2023), quienes observaron que la analítica del aprendizaje sobre actividades digitales se asoció con puntajes

de recursos digitales en Química incrementó la atención y participación del alumnado, lo que se reflejó en mejores calificaciones y mayor disposición hacia la asignatura.

Cuando el énfasis se centra en plataformas colaborativas como Padlet, los resultados se orientan a la dimensión socioafectiva: Pin Flores, Sornoza-Parrales, Orejuela Mendoza y Vera Pisco (2024) documentaron incrementos significativos en motivación, trabajo cooperativo y percepción de comprensión en Ciencias Naturales, hallazgos extrapolables a los contenidos de Química.

Finalmente, las experiencias con herramientas digitales específicas para Química Orgánica en el Bachillerato Internacional muestran impactos más marcados en el desempeño académico: Torres García y López Cepeda (2024) describen mejoras notables en las pruebas teóricas y prácticas, así como en la atención y el involucramiento activo del estudiantado. En conjunto, los estudios sugieren que las herramientas de tipo aula virtual y simuladores potencian sobre todo el rendimiento y la estructuración del currículo, mientras que las plataformas colaborativas fortalecen competencias blandas y clima de aula, configurando un impacto complementario sobre los procesos didácticos, académicos y de internacionalización de la experiencia de aprendizaje.

más altos en tareas de química general en bachillerato, lo que respaldó la idea de que las plataformas virtuales permitieron monitorear y ajustar el proceso formativo en tiempo real.

La evidencia revisada resaltó también el papel de los recursos interactivos para despertar interés y participación activa. En el estudio de Ochoa y Moscoso (2024), el uso de Genially en primero de bachillerato favoreció un clima de aula más dinámico y una mayor retención de contenidos, efecto que se reflejó en varios de los doce artículos analizados cuando incorporaron simuladores, videos y actividades gamificadas. Estos hallazgos sugirieron que la motivación estudiantil funcionó como mediadora entre la incorporación de tecnología y la mejora del aprendizaje químico.

Otra coincidencia importante se relacionó con el desarrollo de habilidades investigativas y de pensamiento científico. Martínez et al. (2023) propusieron proyectos formativos en Ciencias Naturales donde los estudiantes formularon preguntas, sistematizaron datos y presentaron resultados, lo que guardó relación con los estudios de la muestra que emplearon laboratorios virtuales y plataformas de retroalimentación para fortalecer el razonamiento experimental en Química. En conjunto, estas experiencias indicaron que las herramientas digitales no

solo apoyaron la memorización de fórmulas, sino que ampliaron oportunidades para la indagación escolar.

La revisión también reveló que la calidad del diseño didáctico condicionó el impacto de la tecnología. Miranda y Cajamarca (2022) mostraron que los recursos educativos digitales solo se tradujeron en mejoras significativas cuando existió una planificación que articuló contenidos, actividades y evaluación con claridad pedagógica. Varios de los estudios incluidos coincidieron con esta visión: las intervenciones más exitosas integraron rúbricas, evaluaciones formativas y seguimiento del progreso, mientras que los trabajos con efectos limitados describieron un uso ocasional o fragmentado de las TIC.

Finalmente, los resultados pusieron en evidencia brechas de capacitación docente y de acceso a infraestructura, especialmente en contextos rurales. Bermúdez et al. (2023) señalaron que parte del profesorado se sintió inseguro frente al manejo de plataformas avanzadas, mientras que Ochoa y Moscoso (2024) recomendaron programas de formación continua para consolidar competencias tecno pedagógicas en Química. La revisión coincidió con estas recomendaciones y sugirió que la inversión en conectividad, dispositivos y acompañamiento docente resultó tan relevante como la selección de la herramienta digital específica.

CONCLUSIONES

La revisión sistemática localizó 72 artículos potencialmente pertinentes y consolidó una muestra final de 12 estudios, en su mayoría ecuatorianos, que documentan experiencias con simuladores, laboratorios virtuales, recursos gamificados y plataformas interactivas en la enseñanza de Química de bachillerato. Esta evidencia confirma que en la última década se ha consolidado un campo emergente de investigación sobre herramientas digitales y aprendizaje químico en la región.

Los estudios analizados coinciden en cinco dimensiones clave asociadas al uso de herramientas digitales: gestión didáctica, competencias científicas, aprendizaje mediado digitalmente, motivación y experiencia estudiantil, y evaluación del aprendizaje. Los indicadores más frecuentes se relacionan con mejoras en comprensión conceptual, incremento de la participación, desarrollo de habilidades investigativas y optimización de la retroalimentación formativa, lo que respalda la pertinencia de estas tecnologías para fortalecer la calidad del proceso educativo.

La comparación de experiencias muestra que las intervenciones con mayor impacto combinan variedad de recursos digitales con un diseño metodológico claro, criterios de evaluación explícitos y acompañamiento docente. En estos

casos se reportan aumentos significativos en rendimiento académico, motivación e interés por la Química, mientras que las implementaciones aisladas o sin apoyo institucional producen efectos modestos. En conjunto, la revisión concluye que las herramientas digitales, utilizadas de forma planificada y contextualizada, constituyen un medio eficaz para optimizar la enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Química en el bachillerato.

REFERENCIAS

- Almeida, R., & Intriago, K. (2024). Revisión sistemática sobre el uso de herramientas digitales en la enseñanza de la Química en Bachillerato. *MQR Investigador*, 8(4), 5120–5140.
- Almeida, R., & Lema, S. (2020). Laboratorios virtuales y aprendizaje de la Química en bachillerato. *Polo del Conocimiento*, 5(12), 112–130.
- Arias, V., & Cunalata, J. (2023). Recursos digitales y enseñanza de las ciencias experimentales en Ecuador: una revisión de alcance. *MQR Investigador*, 7(3), 5102–5120.
- Aucancela, K., & Medina, R. (2022). Implementación de recursos digitales en la educación científica: una revisión de experiencias en instituciones ecuatorianas. *Polo del Conocimiento*, 7(3), 812–830.
- Cárdenas, M., & Simba, J. (2023). Innovación educativa y aprendizaje de ciencias naturales en entornos apoyados por TIC. *MQR Investigador*, 7(4), 5400–5418.
- Carrillo, S., & Paredes, D. (2021). Integración pedagógica de las TIC en el proceso de enseñanza de ciencias naturales. *Polo del Conocimiento*, 6(8), 45–63.
- Castañeda, P., Barrios, L., & Huamán, C. (2022). Estrategias de aula invertida con PhET en la enseñanza de la química. *Revista de Investigación Educativa*, 40(2), 145–162.
- Cedeño, L., & Vélez, P. (2020). Búsqueda de información científica en educación... *Polo del Conocimiento*, 5(10), 230–247.
- Giler-Medina, P. (2023). Competencias digitales y aprendizaje visual de la Química en estudiantes de Bachillerato. *ReHuSo*, 8(2), 75–88.
- Gutiérrez, M., & Silva, E. (2020). Efecto de las simulaciones PhET en habilidades científicas... *Educación Química*, 31(4), 44–58.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos

- (INEC). (2023). Tecnologías de la información y comunicación. Resultados ENEMDU 2023.
- Intriago, R., & Reinoso, P. (2023). Plataformas educativas y evaluación formativa en ciencias. *Uniandes Episteme*, 11(1), 95–112.
- Jumbo-Jumbo, C., & Gutiérrez Caiza, F. (2023). Influencia de las herramientas didácticas digitales en el aprendizaje de química inorgánica. *Ciencia Latina*, 7(1), 9915–9936.
- Lema, J., & Villacís, P. (2021). Plataformas digitales como soporte para la evaluación educativa en ciencias. *Uniandes Episteme*, 9(2), 87–101.
- Martínez, J., & Torres, A. (2021). Simuladores digitales para fortalecer competencias científicas en bachillerato. *MQR Investigador*, 5(3), 5010–5030.
- Mendoza, L., & Tipán, S. (2022). Simuladores interactivos y desarrollo de competencias científicas... *MQR Investigador*, 7(4), 5201–5219.
- Miranda Monar, E. E., & Cajamarca Alvarado, M. E. (2022). Primary health care technicians in the learning processes. *Minerva*, 3(4), 59–69.
- Ocha-Vicuña, L. M., & Moscoso-Bernal, S. A. (2024). Genially como recurso didáctico... *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 7(S2), 315–327.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023). PISA 2022 results...
- Oña, P., & Vargas, L. (2022). Evaluación metodológica en estudios sobre innovación digital... *Polo del Conocimiento*, 7(9), 145–162.
- Pila-Taco, Y. M., & Bosquez-Barcenas, V. A. (2024). Herramientas digitales como estrategia didáctica en la asignatura de Química... *MQR Investigador*, 8(4), 7595–7618.
- Pin-Zambrano, Á. M., Sornoza, D., Orejuela, I., & Vera, D. (2024). Uso de Padlet... *Arandu UTIC*, 11(2), 1878–1899.
- Quimis, L., & Armendáriz, M. (2023). La plataforma Moodle como apoyo en la enseñanza de la Química. *Uniandes Episteme*, 10(1), 55–70.
- Rojas, P., & Fernández, M. (2019). Recursos digitales 3D para el desarrollo del pensamiento científico. *Cátedra*, 2(2), 98–115.
- Salazar, J., & Montoya, L. (2023). Laboratorios virtuales para la comprensión de

reacciones químicas. EDUCADE, 9(1), 44–58.

UNESCO. (2023). Global education monitoring report 2023: Technology in education: A tool on whose terms? (Vol. 1, 526 pp.). UNESCO Publishing.

UNICEF. (2022). Dos años después: Salvando a una generación (Vol. 1, 170 pp.). UNICEF.

World Bank. (2022). La crisis de aprendizaje en América Latina y el Caribe y la pandemia del COVID-19: resultados para reflexionar sobre una tendencia que se profundiza (Vol. 1, 84 pp.). World Bank.

Zambrano, D., Castillo, A., & León, V. (2021). Producción científica sobre TIC en educación... Investigación y Desarrollo, 28(1), 115–134.

Zambrano, J., & Cedeño, A. (2023). Actualización bibliográfica y filtros temporales... Polo del Conocimiento, 8(1), 155–173.

AUTOR

Carla Abigail Carrillo Cabrera, realicé mis estudios primarios en la Escuela 11 de noviembre y los estudios secundarios en el Instituto Tecnológico Superior "Riobamba". Posteriormente, cursé mis estudios universitarios en la Universidad Nacional de Chimborazo, donde obtuve el título de Licenciada en Biología, Química y Laboratorio. Continué mi formación académica con una Maestría en Innovación y Gestión Educativa y, posteriormente, con la Maestría en Pedagogía de las Ciencias Experimentales, mención en Química y Biología. Además, he realizado cursos de actualización profesional, entre ellos el Diplomado en Gestor en Inteligencia Artificial, TIC, Gamificación y STEAM para la innovación educativa.

DECLARACIÓN

Conflicto de interés

No tengo ningún conflicto de interés que declarar.

Financiamiento

Sin ayuda financiera de partes ajenas a este artículo.

Notas

El artículo es original y no ha sido publicado previamente.