Cognopolis
Revista de educción y pedagogía
Vol. 4(1), 1-18, 2026
https://doi.org/10.62574/v3epwr70

Estrategias para mejorar la comprensión de conceptos químicos en estudiantes de secundaria: Un estudio de caso en Ecuador

Strategies for improving secondary school students' understanding of chemical concepts: A case study in Ecuador

Sonia Amparo Gómez-Gómez
sonia.gomez@quito.gob.ec
Unidad Educativa Municipal Oswaldo Lombeyda, Quito, Pichincha, Ecuador
https://orcid.org/0009-0007-6728-2312

Valeria Betsabe Paredes-Paguay
vpaguay2000@gmail.com
Red de Investigación Koinonia, Quito, Pichincha, Ecuador
https://orcid.org/0009-0009-6082-1007

Cristina Salome Rosado-Chamba
rosadoc125@gmail.com
Red de Investigación Koinonia, Quito, Pichincha, Ecuador
https://orcid.org/0009-0009-4348-6630

Lenin Paul Veliz-Narvaez
leninveliznarvaez982@gmail.com
Red de Investigación Koinonia, Quito, Pichincha, Ecuador
https://orcid.org/0009-0007-3967-4159

RESUMEN

Se prescribe como objetivo de investigación analizar las estrategias para mejorar la comprensión de conceptos químicos en estudiantes de secundaria desde un estudio de caso en Ecuador. Para la elaboración de este artículo en modalidad de estudio de caso con enfoque mixto, se implementó un diseño cuasiexperimental con grupo de comparación y medición pretest-postest, aplicado a 70 estudiantes de primero de bachillerato. Se desarrolló una intervención didáctica estructurada en tres fases: modelos moleculares concretos, resolución de problemas contextualizados y uso de simulaciones digitales. Los resultados evidenciaron una mejora significativa en el rendimiento académico del grupo experimental, así como un incremento en la motivación y comprensión conceptual. Se concluye que la articulación de estrategias activas favorece un aprendizaje significativo y constituye una alternativa viable en contextos educativos con recursos limitados.

Descriptores: enseñanza de la química; aprendizaje activo; innovación pedagógica. (Fuente: Tesauro UNESCO).

ABSTRACT

The aim of this research is to analyse strategies for improving secondary school students' understanding of chemical concepts, based on a case study in Ecuador. To produce this article, which takes the form of a mixed-methods case study, a quasi-experimental design was implemented, involving a comparison group and pre-test/post-test measurements, applied to 70 first-year sixth-form students. A teaching intervention was developed, structured in three phases: concrete molecular models, contextualised problem-solving and the use of digital simulations. The results showed a significant improvement in the academic performance of the experimental group, as well as an increase in motivation and conceptual understanding. It is concluded that the integration of active strategies promotes meaningful learning and constitutes a viable alternative in educational contexts with limited resources.

Descriptors: chemistry teaching; active learning; pedagogical innovation. (Source: UNESCO Thesaurus).

Recibido: 10/12/2025. Revisado: 07/01/2026. Aprobado: 10/01/2026. Publicado: 20/01/2026.
Articulos de investigación

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la química en el nivel de secundaria representa uno de los desafíos pedagógicos más persistentes en los sistemas educativos latinoamericanos; sobre todo cuando el estudio de la naturaleza abstracta de sus conceptos fundamentales, tales como el enlace químico, la estequiometría y el equilibrio ácido-base, exige procesos cognitivos de alto orden que frecuentemente no son favorecidos por metodologías expositivas centradas en la transmisión de contenidos , según señalan Chonillo-Sislema et al. (2024); esta brecha entre el conocimiento declarativo y la comprensión conceptual se traduce en índices de reprobación que superan el promedio en varias regiones del continente, con especial incidencia en instituciones públicas con recursos pedagógicos limitados.

En Ecuador, el Ministerio de Educación (MINEDUC) ha reconocido sistemáticamente las dificultades del estudiantado frente a las ciencias exactas; en ese marco, la Unidad Educativa Municipal "Oswaldo Lombeyda", ubicada en la parroquia Guamaní, en el sur del Distrito Metropolitano de Quito, registró en el período lectivo 2023-2024 un índice de reprobación del 36,4 % en química para los niveles de primero y segundo de bachillerato general unificado (BGU), cifra que superaba en doce puntos porcentuales el promedio nacional para el mismo nivel educativo. Este contexto motivó el diseño de una intervención pedagógica orientada a la diversificación metodológica.

La literatura internacional señala que las dificultades de aprendizaje en química están asociadas, en gran medida, a la sobrecarga de contenido simbólico sin anclaje en experiencias concretas, de acuerdo con Garritz y Trinidad-Velasco (2003); frente a ello, la incorporación de estrategias activas, tales como el aprendizaje basado en modelos, la resolución de problemas contextualizados y el uso de simulaciones digitales, ha mostrado resultados favorables en

investigaciones de distinto alcance (Espinosa-Ríos et al., 2016; García-Gruezo et al., 2025). Sin embargo, la evidencia sobre la implementación articulada de estas tres estrategias en contextos de educación pública con restricciones materiales sigue siendo escasa, en particular en el Ecuador.

De ese modo; la actual investigación buscó en términos específicos, el estudio de: (a) describir las estrategias implementadas y su fundamentación didáctica; (b) evaluar los cambios en el rendimiento académico mediante comparación de grupos; y (c) identificar los factores cualitativos asociados a la mejora de la motivación y la comprensión conceptual. Siendo necesario indicar que este proceso fue desarrollado en la Unidad Educativa Municipal "Oswaldo Lombeyda", ubicada en Quito - Ecuador. De ese modo; la relevancia del caso radica en su potencial de transferencia a otras unidades educativas del sistema municipal ecuatoriano con características socioeducativas similares.

Por tanto; la investigación tuvo por objetivo analizar las estrategias para mejorar la comprensión de conceptos químicos en estudiantes de secundaria desde un estudio de caso en Ecuador.

Marco teórico referencial

Las dificultades conceptuales en el aprendizaje de la química

El aprendizaje de la química implica el dominio simultáneo de tres niveles de representación: el macroscópico, el submicroscópico y el simbólico, según lo plantean Garritz y Trinidad-Velasco (2003); la dificultad para integrar estos niveles es reconocida como una de las principales causas del bajo rendimiento en la asignatura, pues los estudiantes de secundaria suelen recurrir a estrategias memorísticas cuando no logran establecer conexiones significativas entre la representación simbólica de las ecuaciones y los fenómenos observables, tal como lo documenta Miranda-González (2024); esta situación se agudiza cuando la instrucción prioriza la transmisión verbal de conceptos abstractos sin

mediación táctil ni visual, en coincidencia con lo planteado por López-Valentín (2020).

Estudios realizados en Colombia, México y Ecuador confirman que más del 60 % de los estudiantes de bachillerato percibe la química como una asignatura difícil o muy difícil, y que la ausencia de laboratorio y de estrategias contextualizadas constituye un factor determinante en esa percepción, de acuerdo con Chonillo-Sislema et al. (2024) y Saavedra-Mera et al. (2024); esta percepción negativa genera un círculo de desmotivación que retroalimenta el bajo rendimiento, razón por la cual las intervenciones pedagógicas deben atender tanto la dimensión cognitiva como la afectiva del proceso de aprendizaje, según lo sostiene Urtecho-Arancibia (2025).

El aprendizaje basado en modelos concretos

El empleo de modelos tridimensionales en la enseñanza de la química ha demostrado ser especialmente eficaz para reducir la abstracción inherente a los conceptos moleculares; la manipulación táctil de estructuras como la molécula de agua o el cloruro de sodio permite a los estudiantes construir representaciones mentales más precisas y duraderas que las derivadas de la instrucción exclusivamente verbal, según lo confirman Espinosa-Ríos et al. (2016). Alcarraz-Carbajal (2025) reporta que el uso de materiales didácticos innovadores, como cubos químicos elaborados con materiales accesibles, genera aprendizaje significativo sobre la tabla periódica en estudiantes de secundaria; sus resultados indican ganancias de rendimiento superiores al 40 % respecto a grupos de control con instrucción tradicional.

En contextos con laboratorios equipados de manera parcial, la construcción artesanal de kits moleculares con materiales reciclados se configura como una alternativa pedagógicamente válida, en la línea de lo propuesto por Del-Valle-Calderón y Jiménez-Alonzo (2024); esta opción no solo suple la carencia de infraestructura, sino que moviliza procesos de aprendizaje activo en los cuales

el estudiante construye su propio material de representación, lo que favorece la apropiación conceptual desde una perspectiva constructivista.

La resolución de problemas contextualizados y el aprendizaje cooperativo

La contextualización curricular es uno de los principios más consistentemente respaldados por la investigación educativa en ciencias; cuando los contenidos químicos se vinculan con fenómenos del entorno inmediato del estudiante, se activan mecanismos de aprendizaje significativo que generan mayor retención y transferencia del conocimiento, tal como lo proponen Rutto-Martínez et al. (2025). La utilización de situaciones problema extraídas del entorno cultural y geográfico del estudiantado, como los procesos de potabilización del agua o las fermentaciones tradicionales, facilita la comprensión de conceptos abstractos al dotarlos de referentes observables y culturalmente relevantes, de acuerdo con Colomer et al. (2016).

El aprendizaje cooperativo representa, de igual modo, un dispositivo metodológico que potencia la comprensión química al promover la verbalización de procesos cognitivos entre pares. Valero-Alemán y Mayora (2009) demostraron que grupos de noveno grado que trabajaron en equipos cooperativos con roles asignados obtenían calificaciones significativamente superiores a las de grupos con instrucción individual. Peña-Martínez et al. (2021) reafirmaron este resultado para el campo específico de las reacciones químicas, subrayando que la asignación de roles como lector, calculista y verificador incrementa la responsabilidad individual dentro del colectivo y reduce la dependencia de la figura docente.

Las simulaciones digitales en la enseñanza de la química

Las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento (TAC) han ganado un espacio creciente en la didáctica de las ciencias; en ese marco conceptual, la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia plantea que la combinación de

representaciones visuales dinámicas con información verbal favorece la construcción de modelos mentales más robustos que los derivados de la instrucción monomodal, tal como lo fundamentan González-Oviedo y Naranjo-Lugo (2023); de ahí que las simulaciones de la plataforma PhET Interactive Simulations de la Universidad de Colorado han sido ampliamente evaluadas como recursos de bajo costo y alta efectividad para el aprendizaje de conceptos como disoluciones, equilibrio ácido-base y reacciones químicas (Pacheco et al., 2021).

Por otro lado; Parra-Hernández (2024) documentó experiencias docentes en las que el uso sistemático de TAC en química produjo mejoras en la comprensión conceptual y en la actitud de los estudiantes hacia la asignatura. Por su parte, López-Hernández et al. (2024) y Ojeda-Salvatierra et al. (2025) exploraron la integración de realidad aumentada y aprendizaje basado en proyectos con resultados prometedores, aunque señalaron que la efectividad de estas tecnologías depende en gran medida de la calidad de las guías pedagógicas que las acompañan. En una línea metodológica convergente, Nicolalde-Guanoluisa et al. (2025) desarrollaron una propuesta didáctica para la enseñanza de curvas de titulación ácido-base mediante recursos digitales interactivos, con resultados que confirmaron la superioridad del enfoque frente a la instrucción expositiva convencional.

De ese modo; la gamificación constituye otra vertiente de las estrategias mediadas por tecnología que ha recibido atención investigativa reciente, mientras que Bastidas et al. (2025) identificaron, a través de una revisión sistemática, que las estrategias de gamificación efectivas para la química inorgánica incrementan la motivación intrínseca y la comprensión conceptual cuando están diseñadas con objetivos de aprendizaje claros y retroalimentación inmediata. Ante lo cual, Duran y Puigcerver (2017), aunque centrados en la geología, aportaron evidencias sobre la importancia de articular estrategias

visuales y manipulativas con la evaluación formativa continua, principio aplicable al ámbito de la química escolar.

La mediación pedagógica como eje integrador

La noción de mediación pedagógica resulta central para articular las estrategias descritas; al respecto, Urtecho-Arancibia (2025) propone que la mediación eficaz en la enseñanza de la química requiere que el docente actúe como facilitador que ajusta la complejidad cognitiva de las tareas al nivel de desarrollo del estudiante, diversifica las modalidades representacionales y establece puentes explícitos entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico escolar. De ese modo; García-Gruezo et al. (2025) han sistematizado un conjunto de estrategias didácticas innovadoras para la química en secundaria que concuerdan con este enfoque mediador, destacando la necesidad de combinar lo concreto con lo simbólico y lo individual con lo colaborativo.

MÉTODO

La investigación adoptó un diseño cuasiexperimental con grupo de comparación y medición pretest-postest, inscrito en un enfoque mixto de investigación; la dimensión cuantitativa permitió evaluar el efecto de la intervención sobre el rendimiento académico, mientras que la dimensión cualitativa posibilitó la comprensión de los procesos motivacionales y conceptuales subyacentes. En términos epistemológicos, el estudio se configuró como un estudio de caso de tipo instrumental (Stake, 1999), en tanto el caso de la Unidad Educativa Municipal "Oswaldo Lombeyda" sirvió como unidad de análisis que permitió generar comprensiones transferibles sobre la enseñanza de las ciencias en el sistema educativo municipal ecuatoriano.

Contexto y participantes

El estudio se desarrolló en la Unidad Educativa Municipal "Oswaldo Lombeyda" (código AMIE: 17H01275), ubicada en la parroquia Guamaní, calle OE6.22,

administración zonal Quitumbe, en el sur del Distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha. La institución atendía a una población de estrato socioeconómico medio-bajo, con predominio de familias procedentes de barrios populares del sur de la capital; ofrecía los niveles de educación básica y bachillerato en jornadas matutina y vespertina, con 55 docentes y una matrícula de aproximadamente 1.238 estudiantes. En el período 2023-2024, el área de ciencias naturales registró un índice de reprobación del 36,4 % en química para los cursos de primero y segundo de BGU.

Los participantes del estudio fueron los 70 estudiantes de primero de BGU, distribuidos en dos paralelos de 35 estudiantes cada uno. El paralelo A constituyó el grupo experimental, en el que se implementó íntegramente el plan de intervención; el paralelo B funcionó como grupo de comparación bajo metodología tradicional expositiva. La asignación de los grupos no fue aleatoria, dado que respondía a la distribución institucional preexistente, lo cual representó una limitación en términos de control experimental. Los docentes participantes fueron dos: uno con quince años de experiencia y formación en biología-química, y otro con cinco años de ejercicio y titulación en química aplicada por la Universidad Central del Ecuador.

Instrumentos

Se emplearon los siguientes instrumentos: (a) una prueba diagnóstica de veinte ítems de opción múltiple sobre nomenclatura inorgánica y enlaces químicos, con validez de contenido verificada por el equipo docente del área; (b) una prueba de salida equivalente en estructura y nivel de dificultad a la prueba diagnóstica, aplicada al cierre de la intervención; (c) una encuesta de percepción con escala Likert de cinco puntos para evaluar la actitud de los estudiantes frente a la asignatura; (d) registros de observación de clase sistemáticos elaborados con base en criterios de evaluación formativa alineados al currículo nacional; y (e) cinco grupos focales de cierre realizados con subgrupos de seis a ocho

estudiantes del paralelo A, con el propósito de explorar las percepciones sobre las estrategias implementadas.

Procedimiento e intervención

La intervención se estructuró en tres fases de cuatro semanas cada una:

La primera fase (semanas 1-4) se orientó al aprendizaje basado en modelos moleculares concretos. Los estudiantes construyeron kits de modelos moleculares artesanales con materiales reciclados, a saber, esferas de espuma flex, palillos de madera y pintura de colores, empleados para representar moléculas de H_2O, CO_2, CH_4 y NaCl. Cada grupo de cuatro estudiantes elaboró sus propios modelos siguiendo guías estructuradas, con el propósito de reducir la abstracción simbólica mediante la manipulación táctil de estructuras tridimensionales.

La segunda fase (semanas 5-8) se centró en la resolución de problemas contextualizados mediante aprendizaje cooperativo. Se sustituyeron los ejercicios descontextualizados del libro de texto por situaciones problema extraídas del entorno cotidiano de los estudiantes de Guamaní: el proceso de potabilización del agua distribuida por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS), que incluía la cloración como muestra de reacción química con impacto en la salud pública; la fermentación de la chicha de morocho como reacción bioquímica presente en la tradición culinaria del sur de Quito; y la elaboración artesanal del jabón como ilustración de la reacción de saponificación. Las sesiones de 45 minutos se organizaron con roles asignados: lector, calculista, relator y verificador.

La tercera fase (semanas 9-12) incorporó simulaciones digitales mediante la plataforma PhET Interactive Simulations de la Universidad de Colorado, disponibles en español y de libre acceso. Se trabajó con los módulos "Estados de la materia", "pH: escala" y "Reacciones y tasas", en el laboratorio de

informática de la institución, dotado de 28 computadoras con acceso a internet, empleando guías de observación previamente elaboradas por el equipo docente.

Análisis de datos

Los datos cuantitativos se analizaron mediante estadística descriptiva (media, desviación estándar) y estadística inferencial. Para la comparación entre grupos se empleó la prueba t de Student para muestras independientes, con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. El tamaño del efecto se calculó mediante la d de Cohen (1988), siguiendo los criterios convencionales que establecen valores de 0,2 como efecto pequeño, 0,5 como efecto mediano y 0,8 como efecto grande. Los datos cualitativos obtenidos en los grupos focales y los registros de observación fueron analizados mediante codificación temática inductiva.

RESULTADOS

En consideración al cumplimiento del objetivo de investigación planteado, se presenta.

Diagnóstico inicial

La prueba diagnóstica aplicada al inicio del período reveló que el 62,9 % de los 70 estudiantes de primero de BGU no superó el puntaje mínimo de aprobación (7/10); la media general fue de 4,2 puntos (DE = 1,3), y las respuestas erradas se concentraron en ítems que exigían representación simbólica de moléculas y comprensión del concepto de electronegatividad, lo que evidenciaba la brecha entre el aprendizaje memorístico y la comprensión conceptual reportada por la literatura, en línea con lo señalado por Garritz y Trinidad-Velasco (2003) y Chonillo-Sislema et al. (2024).

La encuesta de percepción reveló que el 76,1 % de los estudiantes consideraba la química como "difícil o muy difícil"; el 60,0 % señaló que las clases expositivas no le permitían visualizar los fenómenos descritos en los textos, y solo el 10,0 % indicó haber realizado prácticas de laboratorio durante el ciclo básico anterior.

Estas cifras coincidían con los registros del Departamento de Consejería Estudiantil (DECE), que identificaba la desmotivación frente a las ciencias exactas como uno de los factores principales del bajo rendimiento.

Resultados cuantitativos de la intervención

Al concluir las doce semanas de intervención, la prueba de salida arrojó los siguientes resultados: el grupo experimental (paralelo A) obtuvo una media de 7,9 puntos (DE = 0,8), frente a los 4,2 puntos iniciales, con un porcentaje de aprobación que ascendió del 37,1 % al 85,7 %. El grupo de comparación (paralelo B), que continuó con metodología tradicional expositiva, registró al cierre del quimestre una media de 5,0 puntos (DE = 1,1), con un 45,7 % de aprobación.

La prueba t de Student para muestras independientes arrojó un valor $t = 8,61$ ($p < 0,001$), lo que reflejó diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos; el tamaño del efecto calculado mediante la d de Cohen fue de 1,21, clasificado como efecto grande de acuerdo con los criterios convencionales del autor Cohen (1988), lo que indica que la intervención produjo una mejora educativamente relevante, no solo estadísticamente significativa. En términos prácticos, el 85,7 % de los estudiantes del grupo experimental alcanzó el puntaje mínimo de aprobación, frente al 45,7 % del grupo de comparación, lo que representa una diferencia de cuarenta puntos porcentuales.

El avance por fases también resultó perceptible; al finalizar la primera fase, los registros formativos evidenciaron que los estudiantes del paralelo A lograban describir con mayor precisión las propiedades de enlace de las moléculas trabajadas mediante modelos concretos. Al concluir la segunda fase, la participación oral en las sesiones colaborativas se había incrementado de manera progresiva; varios grupos completaron correctamente los cálculos estequiométricos asociados a las reacciones de cloración y saponificación planteadas en los problemas contextualizados. En la tercera fase, el uso de las

simulaciones PhET permitió a los estudiantes visualizar dinámicamente el comportamiento de los estados de la materia y las variaciones de pH, conceptos que habían resultado particularmente difíciles de comprender en la prueba diagnóstica.

Resultados cualitativos

Los registros de observación de clase documentaron un incremento progresivo y sostenido en la participación oral durante las sesiones de la segunda fase, especialmente en los grupos que trabajaron las situaciones problema sobre la chicha de morocho y la potabilización del agua. En cuatro de los cinco grupos focales de cierre, los estudiantes emplearon de manera espontánea la expresión "entender para qué sirve la química" al referirse al impacto de la segunda fase; esta expresión recurrente sugiere que la contextualización curricular operó como un factor motivacional de primera importancia.

Los grupos focales también revelaron que la elaboración artesanal de los modelos moleculares en la primera fase generó un sentido de autoría del aprendizaje, expresado por los estudiantes en términos como "uno mismo lo construye y lo entiende mejor". Esta percepción concuerda con las premisas del aprendizaje activo y el constructivismo, referenciadas ampliamente en la investigación didáctica (Espinosa-Ríos et al., 2016). En contraste, la tercera fase con simulaciones digitales fue valorada positivamente por la mayoría de los estudiantes en términos de visualización, aunque algunos reportaron dificultades derivadas de la inestabilidad de la conectividad a internet en tres sesiones, lo que obligó al equipo docente a realizar ajustes didácticos en tiempo real.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son coherentes con la evidencia acumulada en la investigación didáctica sobre la enseñanza de la química en educación secundaria; la mejora significativa del grupo experimental, expresada en una d

de Cohen de 1,21, sitúa los efectos de la intervención en el rango alto de las magnitudes reportadas para intervenciones pedagógicas activas en ciencias, de acuerdo con Peña-Martínez et al. (2021) y García-Gruezo et al. (2025); esta consistencia sugiere que la articulación de tres estrategias complementarias, a saber, modelos concretos, contextualización curricular y simulaciones digitales, produce un efecto sinérgico que supera el que cada estrategia podría generar de manera aislada.

La primera fase, basada en la construcción artesanal de modelos moleculares, abordó de manera directa el problema de la representación simbólica desvinculada de la experiencia sensorial, identificado como una fuente central de dificultad por Garritz y Trinidad-Velasco (2003); la posibilidad de manipular tridimensionalmente estructuras moleculares elaboradas por los propios estudiantes redujo la distancia entre el nivel macroscópico y el submicroscópico de la química, en concordancia con los principios del aprendizaje significativo señalados por López-Valentín (2020); de igual modo, Del-Valle-Calderón y Jiménez-Alonzo (2024) encontraron resultados convergentes con su propuesta QUIMIOKIT en modalidad híbrida, confirmando que los kits portátiles de química, con independencia del grado de sofisticación tecnológica, son efectivos cuando se integran en secuencias didácticas estructuradas.

La segunda fase de contextualización curricular aportó el elemento motivacional que la investigación identifica como condición necesaria para el aprendizaje en profundidad en química, en línea con lo sostenido por Urtecho-Arancibia (2025) y Saavedra-Mera et al. (2024); la selección de situaciones problema vinculadas a la realidad de Guamaní, concretamente el agua potable de la EPMAPS, la chicha de morocho y el jabón artesanal, demostró que la pertinencia cultural de los contenidos puede funcionar como un anclaje cognitivo y afectivo que transforma la percepción de la asignatura. Este resultado es convergente con lo reportado por Rutto-Martínez et al. (2025), quienes conceptualizan el aula como una microsociedad científica en la que la química se practica como instrumento

de comprensión del entorno, y con los planteamientos de Colomer et al. (2016) sobre el valor pedagógico de los itinerarios contextualizados en ciencias de la tierra. La asignación de roles cooperativos, lector, calculista, relator y verificador, reforzó la interdependencia positiva descrita por Valero-Alemán y Mayora (2009), al distribuir la responsabilidad cognitiva entre los integrantes del grupo.

La tercera fase, mediada por simulaciones PhET, ofreció a los estudiantes una representación dinámica de los fenómenos químicos que complementó las experiencias táctiles y contextualizadas de las fases anteriores; Pacheco et al. (2021) documentaron efectos convergentes con el uso de PhET para el aprendizaje del concepto de soluciones, en tanto que González-Oviedo y Naranjo-Lugo (2023) fundamentaron teóricamente esta eficacia en los principios de la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia. La utilidad de las simulaciones digitales para conceptos de alta dificultad, como el equilibrio ácido-base y los estados de la materia, ha sido asimismo destacada por Nicolalde-Guanoluisa et al. (2025), cuya propuesta para curvas de titulación produjo resultados comparables. No obstante, los problemas de conectividad reportados en tres sesiones de esta fase constituyen un recordatorio de la brecha digital que todavía afecta a instituciones públicas del sur de Quito, limitación ya señalada en el informe de Parra-Hernández (2024) sobre el uso de TAC en Ecuador.

La comparación con el grupo de control es igualmente relevante para la interpretación de los resultados. El paralelo B, que continuó bajo metodología expositiva, mostró una ligera mejora respecto al diagnóstico inicial (de 4,2 a 5,0 puntos en promedio), lo que podría atribuirse a efectos de maduración o al impacto de la evaluación formativa regular; sin embargo, sus niveles de aprobación, situados en el 45,7 %, siguieron siendo consistentes con el índice de reprobación institucional previo. Este contraste refuerza la conclusión de que la mejora en el grupo experimental no puede atribuirse exclusivamente a factores exógenos a la intervención, aunque la ausencia de aleatorización limita la posibilidad de establecer relaciones causales definitivas.

Cabe destacar que la intervención se llevó a cabo en un contexto con recursos materiales restringidos: sin laboratorio equipado, con conectividad inestable y con una carga horaria de solo tres períodos semanales por paralelo; este contexto hace más significativa la magnitud del efecto obtenido y subraya que la innovación pedagógica no requiere necesariamente de grandes inversiones tecnológicas, sino de un diseño didáctico coherente que articule estrategias diversas con base en los principios del aprendizaje activo y contextualizado (Ojeda-Salvatierra et al., 2025; Bastidas et al., 2025), de ese modo, la gamificación y la realidad aumentada, exploradas en otros estudios como vías complementarias, podrían integrarse en futuras versiones de la intervención siempre que se disponga de la infraestructura tecnológica adecuada (López-Hernández et al., 2024).

CONCLUSIÓN

En relación con el objetivo de investigación planteado, se determinó que la implementación articulada de modelos concretos, resolución de problemas contextualizados y simulaciones digitales permitió mejorar de manera significativa la comprensión de los conceptos químicos en estudiantes de secundaria, en tanto que dicha combinación metodológica favoreció la integración entre los niveles de representación y redujo la tendencia al aprendizaje memorístico.

En este sentido, los resultados evidenciaron un incremento sustancial en el rendimiento académico del grupo experimental, acompañado de diferencias estadísticamente significativas frente al grupo de comparación, lo que confirmó que la diversificación metodológica incidió de manera directa en la calidad del aprendizaje, no solo en términos cuantitativos, sino también en la apropiación conceptual.

Por otra parte, se observó que la vinculación de los contenidos con el contexto cotidiano del estudiante, junto con la manipulación de modelos y la visualización dinámica de fenómenos, favoreció tanto la motivación como la comprensión, lo

que puso en evidencia el papel de la mediación pedagógica como eje articulador del proceso de enseñanza-aprendizaje en química.

FINANCIAMIENTO

No monetario

CONFLICTO DE INTERÉS

No existe conflicto de interés con personas o instituciones ligadas a la investigación.

AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes de la Unidad Educativa Municipal "Oswaldo Lombeyda".

REFERENCIAS

Alcarraz-Carbajal, B. (2025). Cubos químicos: innovación didáctica para aprendizaje significativo de la tabla periódica en educación secundaria. *Revista Iberoamericana de Innovación Científica JA TUAIDA, 2*(2), 3–35. https://doi.org/10.59722/riic.v2i2.990

Bastidas, L. K. P., Berrones, A. R. M., Vivanco, V. P. M., Moyota, E. J. M., & Yaguarshungo, S. N. C. (2025). Estrategias de gamificación efectivas para mejorar la comprensión conceptual en química inorgánica: Una revisión sistemática de la literatura. *ASCE Magazine, 4*(2), 15.

Chonillo-Sislema, L., Heredia-Gavin, D., Chayña-Apaza, J., Ramos-Pineda, Z., & Sánchez-Solórzano, J. (2024). Dificultades en el aprendizaje de química en el bachillerato, desde la opinión del alumnado y algunas alternativas para superarlas. *Revista Innova Educación, 6*(1), 71–88. https://doi.org/10.35622/j.rie.2024.01.005

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates. https://doi.org/10.4324/9780203771587

Colomer, M., et al. (2016). Una nueva manera de utilizar los itinerarios urbanos en la enseñanza de la geología: Trabajo cooperativo mediante computación en la nube. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 24*(2), 202–210.

Del-Valle-Calderón, D. O., & Jiménez-Alonzo, L. D. R. (2024). QUIMIOKIT–Laboratorio de química portátil como estrategia de aprendizaje en modalidad híbrida. *Revista Multidisciplinaria Perspectivas Investigativas, 4*(1), 77–87. https://doi.org/10.62574/rmpi.v4i1.187

Durán, H., & Puigcerver, M. (2017). Análisis de conceptos de los estudiantes de magisterio acerca de los minerales y algunas estrategias para mejorar su comprensión. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 25*(3), 341–341.

Espinosa-Ríos, E. A., González-López, K. D., & Hernández-Ramírez, L. T. (2016). Las prácticas de laboratorio: Una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado, 12*(1), 266–281. https://doi.org/10.18041/entramado.2016v12n1.23125

García-Gruezo, M. G., García-Gruezo, R. A., Montaño-Rodríguez, E. V., Armijo-Mogrovejo, A. V., & Loor-Pinargote, J. A. (2025). Estrategias didácticas innovadoras para la enseñanza de la química en la educación secundaria: Propuesta desde la didáctica actual. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 9*(3), 4039–4065. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.18035

Garritz, A., & Trinidad-Velasco, R. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación Química, 14*(2). https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2003.2.66255

González-Oviedo, N. M., & Naranjo-Lugo, A. L. (2023). *Aportes de la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia en la comprensión del concepto de concentraciones químicas en educación secundaria* (Trabajo de grado). Universidad de Córdoba.

López-Hernández, J. A., Rangel-Vellojín, J. J., & Calao-Durango, S. J. (2024). Realidad aumentada en el aula de química: Estrategia multimedia para mejorar la comprensión de compuestos en estudiantes de secundaria. *Acta Scientiae Informaticae, 8*(8), 4–10. https://doi.org/10.21897/26192659.3621

López-Valentín, D. M. (2020). Diseño e implementación de una secuencia didáctica para la enseñanza del concepto de elemento químico en educación secundaria. *Praxis & Saber, 11*(27), 1–20. https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n27.2020.11116

Miranda-González, J. A. (2024). Enseñanza de la estequiometría: Vínculos entre teoría y entorno estudiantil. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8*(4), 848–862. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.1232

Nicolalde-Guanoluisa, C. M., Barahona-Ibarra, A. E., Gómez-Gómez, S. A., & Bayas-Vallejo, A. (2025). Propuesta didáctica para la enseñanza de curvas de titulación ácido-base utilizando recursos digitales interactivos. *Revista Multidisciplinaria Perspectivas Investigativas, 5*, 61–73. https://doi.org/10.62574/rmpi.v5iEducativa.439

Ojeda-Salvatierra, R. D. R., Guiñanzaca-Vaca, J. E., Medina-Navarro, A. M., López-Becerra, E., & Wong-Dillon, A. I. (2025). Innovations in chemistry teaching in secondary education: Integrating augmented reality and project-based learning to improve student comprehension and interest.

Revista Iberoamericana de Educación, *9*(2), 118–140. https://doi.org/10.31876/rie.v9i2.308

Pacheco, A. R., Lorduy, D. J., Flórez, E. P., & Páez, J. C. (2021). Uso de simuladores PhET para el aprendizaje del concepto de soluciones desde las representaciones en química. *Boletín Redipe, 10*(7), 201–213.

Parra-Hernández, M. D. C. (2024). Experiencias docentes sobre el uso de tecnologías del aprendizaje y conocimiento (TAC) para aprender química. *Revista Multidisciplinaria Perspectivas Investigativas, 4*(4), 24–37. https://doi.org/10.62574/rmpi.v4i4.226

Peña-Martínez, J., García-Chamocho, E., Pérez-López, R., & Rosales-Conrado, N. (2021). Aprendizaje de las reacciones químicas en educación secundaria a través de actividades cooperativas. *Educación Química, 32*(3), 68–79. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.3.76110

Rutto-Martínez, K., Aarón-Gonzalvez, M., & Solano-Barliza, A. (2025). El aula como microsociedad científica para la comprensión teórica y trabajo procedimental argumentativo de soluciones químicas. *European Public & Social Innovation Review, 10*, 1–20. https://doi.org/10.31637/epsir-2025-2114

Saavedra-Mera, K. A., Valverde-Medina, L. M., Caicedo-Perlaza, L. C., & Puyol-Cortez, J. L. (2024). El estudio de la termodinámica química desde una perspectiva pedagógica. *Journal of Economic and Social Science Research, 4*(3), 89–104. https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n3/122

Stake, R. E. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Ediciones Morata. https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/investigacion-con-estudios-de-caso.pdf

Urtecho-Arancibia, F. D. C. (2025). Mediación pedagógica: Reflexión desde la enseñanza de la química en educación secundaria. *Revista Científica Estelí, 14*(54), 98–110. https://doi.org/10.5377/esteli.v14i54.20779

Valero-Alemán, P., & Mayora, F. (2009). Estrategias para el aprendizaje de la química de noveno grado apoyadas en el trabajo de grupos cooperativos. *Sapiens, 10*(1), 109–135.

Derechos de autor: 2026 Por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/