

Tipo de Artículo: Investigación original
Área: Educación y didáctica de la Química

Estrategias didácticas innovadoras para fortalecer el aprendizaje de la Química y la resolución de problemas en estudiantes de Bachillerato

Innovative teaching strategies to strengthen chemistry learning and problem-solving skills among high school students

María Feliza Castro Arévalo¹, Augusto Paolo Bernal Párraga², Antonia Maricela Medina Navarro³,
Iliana Yadira López Sánchez⁴, Christian Eduardo González Ramírez⁵

Cita:

Castro Arévalo, M. F., Bernal Párraga, A. P., Medina Navarro, A. M., López Sánchez, I. Y., & González Ramírez, C. E. (2026). Estrategias didácticas innovadoras para fortalecer el aprendizaje de la Química y la resolución de problemas en estudiantes de Bachillerato. *Prometeo Conocimiento Científico*, 6(2), e171.

<https://doi.org/10.55204/pcc.v6i2.e171>

Recibido: 05/08/2026

Revisado: 07/09/2026

Corregido: 22/09/2026

Aceptado: 29/09/2026

Publicado: 05/10/2026

Licencia:

Los contenidos de este artículo están bajo una licencia de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras.

The contents of this article are under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license. The authors retain the moral and patrimonial rights of their works.

^{1,4} Ministerio de Educación, Deporte y Cultura; ² Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; ³ Ministerio de Educación del Ecuador; ⁵ Independiente.

¹feliza.castro@educacion.gob.ec, ²abernal2009@gmail.com, ³antoniamedina@educacion.gob.ec, ⁴ilianay.lopez@educacion.gob.ec, ⁵gonzalezcer18@gmail.com

¹0009-0002-3145-8885, ²0000-0003-0289-8427, ³0000-0003-3728-8426, ⁴0009-0009-0002-7848, ⁵0009-0009-2601-8229

Resumen: El objetivo del estudio fue analizar los cambios en el rendimiento académico en Química de estudiantes de Bachillerato después de una intervención basada en estrategias didácticas innovadoras, considerando las diferencias según la estrategia predominante y la relación entre las percepciones postintervención y los resultados académicos. Se desarrolló un estudio cuantitativo, preexperimental y longitudinal, con diseño de un solo grupo pretest–posttest. Participaron 384 estudiantes de 42 aulas y 24 instituciones educativas. La intervención se desarrolló durante 12 semanas e incluyó aprendizaje basado en proyectos, indagación guiada, aprendizaje cooperativo, simuladores virtuales y resolución de problemas contextualizados. El rendimiento académico aumentó de 66.70 a 69.83 puntos, con una diferencia media de 3.13 puntos (IC95 % [2.70, 3.57]) y un tamaño del efecto moderado-alto ($d_z = 0.72$). No se encontraron diferencias globales significativas entre las estrategias predominantes. El aprendizaje percibido y la resolución de problemas percibida mostraron las mayores asociaciones bivariadas con el rendimiento final. En los modelos multivariados, el aprendizaje percibido mantuvo una asociación positiva con el rendimiento posttest y con la ganancia académica. Los hallazgos evidencian un cambio temporal favorable en el rendimiento, pero el diseño empleado no permite atribuirlo causalmente a la intervención ni establecer superioridad entre las estrategias.

Palabras clave: aprendizaje de la Química; estrategias didácticas; rendimiento académico; resolución de problemas; Bachillerato

Abstract: The objective of this study was to analyze changes in high school students' academic achievement in Chemistry following an intervention based on innovative teaching strategies, considering differences according to the predominant strategy and the relationship between post-intervention perceptions and academic outcomes. A quantitative, pre-experimental, longitudinal, single-group pretest–posttest design was used. The sample comprised 384 students from 42 classrooms and 24 educational institutions. The 12-week intervention incorporated project-based learning, guided inquiry, cooperative learning, virtual simulations, and contextualized problem solving. Academic achievement increased from 66.70 to 69.83 points, with a mean difference of 3.13 points (95% CI [2.70, 3.57]) and a moderate-to-large effect size ($d_z = 0.72$). No significant overall differences were found among the predominant teaching strategies. Perceived learning and perceived problem solving showed the strongest bivariate associations with posttest achievement. In multivariable models, perceived learning remained positively associated with posttest achievement and academic gain. The findings demonstrate a favorable temporal change in Chemistry achievement; however, the study design does not support causal attribution of this change to the intervention or conclusions regarding the superiority of any teaching strategy.

Keywords: Chemistry learning; teaching strategies; academic achievement; problem solving; high school students

INTRODUCCIÓN

Los desafíos que enfrenta la enseñanza de la Química en el Bachillerato tienen que ver con la comprensión de conceptos abstractos, como la representación de fenómenos que transcurren en diferentes niveles y la aplicación de los conocimientos a situaciones problemáticas. La enseñanza y el aprendizaje de la Química no dependen tan solo de la exposición de los contenidos, sino también de las oportunidades que tiene el alumno para explorar fenómenos, relacionar representaciones, formular explicaciones, trabajar con los demás y aplicar aquellos conocimientos en situaciones significativas. De esta forma, diferentes factores pedagógicos y académicos serán los que actúen en el rendimiento del alumnado, lo que ha motivado el estudio de estrategias didácticas que sean capaces de facilitar la participación más activa en la construcción del conocimiento (Sibomana et al., 2021b).

De forma más global y en el ámbito de la innovación educativa, las metodologías basadas en la participación del alumno han cobrado importancia en distintas áreas de formación y educación. La literatura reciente

ha tratado las metodologías activas, las estrategias de personalización, la inclusión, el aprendizaje cooperativo y el uso de tecnologías como alternativas para diversificar las experiencias de aprendizaje. En ciencias naturales, se ha propuesto el diseño universal del aprendizaje como un esquema con el que se posibilitan múltiples soluciones mediante distintas formas de representación, participación y expresión, enfatizando la accesibilidad y la atención de las diferencias individuales (Aguilar Tinoco et al., 2024). Contribuciones que, si bien añaden al marco pedagógico de la innovación, tampoco dan cuenta del aprendizaje de la química.

Una de las competencias significativas en el aprendizaje científico es la de resolver problemas. Este supone saber aplicar conocimientos y procedimientos para interpretar situaciones, seleccionar información y establecer relaciones, así como elaborar posibles soluciones. En el marco de la educación química, Tóthová y Rusek (2021) hallaron que la aplicación sistemática de tareas de aprendizaje serviría para contribuir al desarrollo de habilidades en la resolución de problemas. Igualmente, una revisión de literatura centrada en Química clasificó el aprendizaje basado en problemas como una alternativa específica de interés en el desarrollo de dicha competencia (Mulyani & Heliawati, 2025). La resolución de problemas, desde otras materias también se ha relacionado con el desarrollo de razonamiento lógico (Alvarez Piza et al., 2024). Esta última encontramos que es una referencia no extraída directamente desde el aprendizaje químico, sino que es un dato complementario en Matemáticas.

Por otra parte, la indagación guiada es una opción que es particularmente pertinente para el desarrollo de la educación científica, pues pone a trabajar al alumno ante preguntas, evidencias y procedimientos que requieren hacerlo participar intelectualmente. En educación química secundaria, Orosz et al. (2023) mostraron que el aprendizaje por indagación guiada era factible hacerla como una opción, mientras que Okpala et al. (2025) analizaron sus relaciones con el interés y el rendimiento. Este antecedente se halla en una línea de investigación bastante parecida por el nivel educativo y el tipo de contenido que tradicionalmente tiene la ciencia, pero sus resultados se refieren a Biología y no son equivalentes a la evidencia en Química.

El aprendizaje basado en proyectos también nos ofrece un marco posible para poder organizar actividades en torno a problemas, productos y situaciones que requieran la integración de conocimientos y procedimientos. Schneider et al. (2022) obtuvieron resultados favorables de intervención sobre el APB en química y física de secundaria, mientras que Tian et al. (2023) mostraron que la integración de los microproyectos podía ser beneficioso para la comprensión conceptual y que generaba habilidades para el aprendizaje químico. Febriani et al. (2025) proporcionaron pruebas sobre la puesta en práctica de un aprendizaje basado en proyectos de conceptos de química verde. En Química, también se han expuesto la importancia de las estrategias de enseñanza activa y contextualizada (Dayal & Ali-Chand, 2022); el aprendizaje electrónico basado en proyectos ha sido trabajado en relación con variables académicas tales como la procrastinación (Santayasa et al., 2021). Todos estos trabajos en conjunto permiten pensar en los proyectos como una opción para dar un paso más hacia una participación más activa, aunque los resultados dependerán de las características del diseño pedagógico seguido y del contexto de aplicación.

El aprendizaje cooperativo es otro de los pilares relevantes de las metodologías activas. En la Química de secundaria se han dado resultados favorables en el rendimiento mediante estrategias cooperativas y colaborativas (Nwafor et al., 2023; Sibomana et al., 2021a; Simesso et al., 2024). La cooperación puede propiciar la discusión de procedimientos, la confrontación de explicaciones y la responsabilidad sobre la tarea de forma conjunta en los participantes. Si bien, fuera de la Química, sí se han abordado relaciones entre el aprendizaje cooperativo, la motivación y el desarrollo de habilidades en estudiantes de secundaria (Aráuz Cerezo et al., 2026), debido a las diferencias en las disciplinas en las que se ha tratado, este tipo de evidencia tendrá que ser considerada como complementaria, como no prueba de absolutamente equivalentes en el aprendizaje en Química. En otras áreas de la educación secundaria, el aprendizaje cooperativo también ha sido estudiado en relación con la toma de decisiones, el rendimiento técnico-táctico y el compromiso académico de los estudiantes (Albán Pazmiño et al., 2026). Aunque estos resultados proceden del ámbito de la Educación Física, constituyen evidencia complementaria sobre las posibilidades del aprendizaje cooperativo en los procesos educativos.

En la Química, las simulaciones han permitido la visualización de los procesos, la variación de las variables y la visualización de fenómenos que pueden resultar difíciles de observar directamente. Estudios de

Jere y Mpeta (2024), Palacios Ortega et al. (2024) y Castro (2025) presentan casos sobre la utilización de simulaciones o laboratorios virtuales en la educación química, por su parte Aldosari et al. (2022), Avwiri y Odiri (2025) y van Dinther et al. (2023) reflejan diferentes alternativas tecnológicas para el apoyo a la representación, experimentación y/o comprensión de los contenidos químicos.

La literatura educativa reciente también ha muchos aspectos de ese panorama técnico en formas híbridas, personalización e inteligencia artificial. En esta línea, el aprendizaje híbrido ha ampliado las posibilidades de combinar experiencias presenciales y mediadas por tecnología (Serrano Aguilar et al., 2024), mientras que la formación docente en el uso de herramientas tecnológicas constituye un componente relevante para atender distintas necesidades educativas en el aula (Troya Santillán et al., 2024). Asimismo, la integración de inteligencia artificial generativa con metodologías activas ha sido abordada como una alternativa para transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje en contextos educativos (Maldonado Arias et al., 2026).

En Ciencias Naturales se han propuesto ecosistemas que combinan metodologías activas y tecnologías emergentes (Bernal Párraga, Constante Olmedo, et al., 2026) y la metodología de la gamificación apoyada por la inteligencia artificial se ha examinado como alternativas para potenciar la personalización y la motivación del aprendizaje (Troya Santillán et al., 2024). Igualmente, en plataformas adaptativas para el aprendizaje de lenguas (Chicaiza, 2025), en chatbots y asistentes virtuales en lenguas extranjeras (Jara Chiriboga et al., 2025), y en herramientas de inteligencia artificial aplicadas a la escritura académica y creativa (Villacreses Sarzoza et al., 2025), también se observa este proceso de diversificación de la tecnología.

Asimismo, se han puesto también en práctica aproximaciones que establecen puentes entre la neurociencia y la inteligencia artificial en procesos lectores (Mena Castillo et al., 2026) y la gamificación del aprendizaje de lenguas extranjeras (Rodríguez López et al., 2026). Estos trabajos no aportan pruebas directas sobre rendimiento en Química, pero sí enseñan que la innovación pedagógica actual se relaciona cada vez más a menudo con metodologías activas, con personalización y con recursos tecnológicos.

Pero la innovación pedagógica no se encuentra restringida a las ciencias experimentales. Desde las metodologías activas en Lengua (Guerrero Carrera et al., 2024) hasta las estrategias innovadoras que tienen que ver con comprensión lectora y producción textual (Cochancela Pérez et al., 2026), las propuestas didácticas para la Lengua y la Literatura (Mora Villamar et al., 2024), las metodologías activas y las tecnologías emergentes aplicadas a comprensión lectora y escritura creativa (Bernal Parraga, Rodríguez Cajas, & Ramírez Campoverde, 2026).

De manera similar, en el área de Matemáticas se ha abordado el uso de recursos manipulativos como apoyo para la comprensión de conceptos abstractos en estudiantes de educación secundaria (Alarcon Burneo et al., 2024). Este antecedente amplía el panorama de estrategias innovadoras aplicadas en distintas disciplinas, aunque sus resultados deben considerarse complementarios y no como evidencia directa sobre el aprendizaje de la Química.

También, se ha evidenciado diferentes enfoques pedagógicos en Estudios Sociales (León Ruíz et al., 2024), estos antecedentes son propicios para mostrar la extensión transversal de la innovación metodológica, pero sus resultados no pueden usarlo como evidencia de la eficacia cuantitativa en Química. Igualmente, otros componentes institucionales y educativo-sociales son parte del contexto en que se ponen en práctica las innovaciones, y se han trabajado estrategias de liderazgo orientadas a la motivación del profesorado (Troya et al. 2024) y modelos de intervención del orientador educativo ante el acoso escolar (Tello Mayorga et al. 2025). Las mencionadas publicaciones no se ocupan del rendimiento en química, pero constituyen una referencia para recordar que las prácticas didácticas tienen lugar dentro de contextos institucionales y educativos en su conjunto.

La evidencia ilustra que las metodologías activas y los recursos digitales ofrecen formas diferentes de reconfigurar la enseñanza, de fomentar la participación y de favorecer el aprendizaje. Sin embargo, una buena parte de la literatura se ocupa de las estrategias de una forma puntual, emplea diferentes resultados educativos, proviene de ámbitos disciplinares diferentes. Por lo tanto, se confirma la necesidad de estudiar en contextos reales de Bachillerato el rendimiento académico a partir de la forma en que diferentes estrategias innovadoras predominan en las aulas naturales y cómo las percepciones datadas de los estudiantes siguen a

los resultados académicos. Esta apertura de campo justifica la complementación del análisis del cambio del rendimiento en el tiempo y las diferencias de rendimiento asociadas a la pedagogía predominante, sin asumir la equivalencia entre percepción por parte de los estudiantes y desempeño objetivo, ni establecer causalidad cuando el diseño no era para ello. De este modo, durante la realización de este estudio, y por tanto la pregunta en la que P. e I. se insistía, era: analizar los cambios en el aprendizaje basado en problemas del alumnado de Bachillerato tras intervención de estrategias didácticas innovadoras, diferenciados en función de la estrategia didáctica predominante, y/o analizar la relación entre las percepciones del alumnado posintervención/las puntuaciones obtenidas tras intervenciones de estrategias didácticas innovadoras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de enfoque cuantitativo, de diseño preexperimental longitudinal de un solo grupo con mediciones pretest y posttest del rendimiento académico, complementado a través de un cuestionario de percepción administrado al final de la intervención. El esquema general fue O_1-X-O_2 , donde O_1 corresponde a la medición inicial del rendimiento académico en Química, X a la intervención pedagógica y O_2 a la medición final del rendimiento. En este último momento se administró, además, el cuestionario postintervención. La ausencia de grupo control o de comparación y de asignación aleatoria impide considerar el estudio como experimental y limita la atribución causal de las variaciones observadas únicamente a la intervención. Por esta razón, los análisis se orientaron a detectar cambios temporales, diferencias del rendimiento según la estrategia didáctica predominante y correlaciones entre variables sin interpretar estas correlaciones como relación causal.

2.1 Contexto, participantes y muestreo

La muestra analítica estaba constituida por un total de 384 estudiantes de 1º, 2º y 3º, de Bachillerato General Unificado, de 24 instituciones educativas, 42 aulas, 8 provincias del Ecuador. Se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia. Las instituciones se demostraron incluir considerando la disponibilidad de acceso, la disponibilidad para realizar la intervención y la correspondiente autorización de la institución. Se trabajó con aulas naturales previamente existentes, sin asignación aleatoria individual de los estudiantes; esto es, existía un aula propia con sus propios estudiantes y su propia situación natural. Y los criterios de inclusión fueron los siguientes: estar matriculados regularmente en alguno de los tres cursos de BGU contemplados; que estuvieran cursando Química el periodo objeto de estudio; que pertenecieran a alguna de las aulas seleccionadas; que participasen en las acciones de la intervención y que poseyeran las mediciones iniciales y finales del rendimiento académico. Se eliminaron aquellos casos que no contaban con una de las dos mediciones, junto a los estudiantes que se incorporaron tarde, los que se retiraron antes de acabar el procedimiento y los casos con registros incompletos que impidieron realizar la adecuada vinculación entre las mediciones pretest y posttest. La base analítica tiene datos de los 384 participantes que contaban con la información volcada para las variables necesarias.

La unidad principal de análisis ha sido el estudiante; el procedimiento de intervención, sin embargo, se llevó a cabo de forma conjunta por aula. Así, los datos presentan una estructura jerárquica (estudiantes anidados dentro de aulas, que están anidados dentro de instituciones), que fue considerada explícitamente en la elección de los procedimientos estadísticos.

2.2 Variables y operacionalización

El rendimiento académico en Química constituyó el resultado académico longitudinal, el que fue registrado mediante Rendimiento_Pre –correspondiente a la medición anterior a la intervención–, y Rendimiento_Post –comprendiendo la medición posterior a la intervención–. La diferencia individual entre ambas puntuaciones se ha representado mediante Ganancia_Rendimiento –la puntuación de posttest menos la puntuación de pretest–. La variable Estrategia_predominante reconoció cinco formas de abordar el aprendizaje, las cuales son: Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), indagación guiada, aprendizaje cooperativo, simuladores virtuales y resolución de problemas contextualizados. La categorización se estableció a nivel de aula en función de la estrategia que tuvo mayor presencia en la planificación pedagógica. Las categorías no fueron los tratamientos en los que se asigna aleatoriamente y estrategia predominante no quiere decir que las otras modalidades no existan.

Las percepciones de los alumnos se evaluaron a partir de seis dimensiones: estrategias didácticas innovadoras (EDI1–EDI5), motivación y participación (MOT1–MOT5), comprensión de la Química (COM1–COM5), resolución de problemas (RPR1–RPR5), autonomía del aprendizaje (AUT1–AUT5) y aprendizaje percibido (APR1–APR5). Se tiene que señalar la dimensión de RPR, que representa la propia percepción sobre la resolución de problemas y no la apuesta de la prueba objetiva de la competencia en pretest–postest.

2.3 Instrumentos

El rendimiento académico se cuenta desde antes y después de la intervención. No hubo ningún tipo de documentación alternativa que pudiera ofrecer información suplementaria sobre el número y tipo de reactivos, sobre los contenidos específicos, sobre el proceso de elaboración del instrumento, sobre evidencias previas de validez o de fiabilidad, o sobre si ambas mediciones fueron tomadas a partir de la misma prueba o de pruebas equivalentes. Por lo tanto, ninguna de esas características fue reconstruida de forma retrospectiva y las puntuaciones se trataron como las mediciones cuantitativas disponibles en la base de datos.

El segundo instrumento fue un cuestionario elaborado ad hoc de 30 ítems en seis dimensiones de cinco reactivos. Las respuestas optaban por una escala Likert de cinco categorías; 1 = totalmente en desacuerdo, 2 = en desacuerdo, 3 = ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 = de acuerdo y 5 = totalmente de acuerdo. Ni se efectuaron ni está documentado juicio de expertos, prueba piloto, o validaciones previas del instrumento. Así que no se le atribuyó retrospectivamente la validez del contenido ni la del constructo. A partir de la muestra analítica se obtuvo únicamente la consistencia interna por medio del alfa de Cronbach y el omega total de McDonald para cada dimensión. Este omega se estimó de forma separada para cada dimensión a partir de un modelo factorial unidimensional para aplicarlo a los cinco ítems. Estos índices se interpretaron como evidencia de consistencia interna en la muestra estudiada y no como una evidencia alternativa a una validación previa del instrumento.

2.4 Intervención y procedimiento

El procedimiento consistió en 12 semanas consecutivas. La semana 1 correspondió al pretest de rendimiento académico. Las semanas 2 a 11 fueron diez semanas efectivas de intervención pedagógica. En ellas se llevaron a cabo las actividades que estaban basada principalmente en ABP, indagación guiada, aprendizaje cooperativo, simuladores virtuales y resolución de problemas contextualizados. Cada/aula trabajó con una modalidad predominante e identificada por la planificación del docente responsable. Las primeras semanas de intervención estaban dedicadas a la familiarización con las estrategias; posteriormente se llevaron a cabo actividades de indagación, cooperación y resolución de problemas, después los proyectos, la contextualización, y la utilización de simuladores virtuales y finalmente las estrategias se incorporaron a situaciones complejas. En la semana 12 se llevaron a cabo el postest de rendimiento y el cuestionario de 30 ítems. No se dispone de fechas documentadas que permitan concretar los meses exactos de trabajo de campo por lo que no se asignó retrospectivamente un periodo de mes y año. Igualmente, tampoco se dispone de la información suficiente como para poder establecer el número exacto de docentes participantes ni se realizó medición de la fidelidad de implementación estandarizada.

2.5 Análisis estadístico

Previo a los análisis inferenciales, se llevó a cabo auditoría de integridad de la base, analizando valores ausentes, duplicados de identificadores, rangos y consistencia de las variables que derivan. Las variables cuantitativas se resumieron mediante media, desviación estándar, mediana, rango intercuartílico y los valores mínimo y máximo cuando les correspondía; las variables categóricas se describieron mediante frecuencias y porcentajes. Para las seis dimensiones del cuestionario se definieron puntuaciones compuestas a partir de sus cinco ítems respectivos y se estimaron alfa de Cronbach y omega de McDonald.

Para el cambio global del rendimiento se estudió la distribución de las diferencias individuales postest–pretest mediante inspección gráfica y prueba de Shapiro–Wilk. Teniendo en cuenta, además, el tamaño muestral y la robustez del contraste a las desviaciones moderadas de normalidad, la comparación principal se llevó a cabo mediante la prueba t para muestras relacionadas, acompañada de diferencia media, IC95 % y tamaño del efecto estandarizado para medidas dependientes (Cohen dz). Con base en la evidencia de desviación de la normalidad de las diferencias visualizadas en la comprobación de supuestos, se recurrió a la

prueba de rangos con signo de Wilcoxon como análisis de sensibilidad, aunque no reemplazó al contraste paramétrico principal.

Las diferencias vinculadas a la estrategia dominante necesitaron de un tratamiento distinto porque la estrategia fue definida en un nivel grupal y no en el individual. Se causaron modelos nulos de componentes de varianza en la que se estimaron los coeficientes de correlación intraclase (ICC) vinculados al grupal. La estimación previa presentó una varianza entre grupos cercana al límite inferior y problemas de convergencia de los modelos multinivel, por lo que no se justificó el forzado de un modelo de jerarquía compleja que su componente aleatoria no pudiera estimarse de manera estable. Sin embargo, ya que la estrategia fue llevada a cabo por aula, la independencia de los 384 estudiantes no hubiera sido asumida igualmente. Las comparaciones entre estrategias se realizaron a partir de modelos lineales con errores estándar robustos agrupados por aula; para evaluar las diferencias en el resultado académico posterior se consideró el rendimiento previo. A las estimaciones se les acompañó de intervalos de confianza del 95 % (IC95 %) y contrastes globales y comparaciones ajustadas por categorías cuando el contraste global lo justificaba.

A la hora de contrastar las asociaciones entre las seis dimensiones perceptivas y Rendimiento_Post y Ganancia_Rendimiento se emplearon correlaciones de Spearman, elección que responde a la naturaleza ordinal de los ítems de los que surgieron dichas puntuaciones y a las distribuciones observadas. Después se utilizaron modelos de regresión lineal múltiples para examinar la asociación conjunta de las dimensiones perceptivas y los resultados académicos, con errores estándar robustos agrupados por aula. A esos modelos se les dio la interpretación de asociativos y no predictores ni causales, ya que las percepciones son solo post-intervención.

En los modelos multivariantes se hicieron pruebas de linealidad, residuos, homocedasticidad y observaciones influyentes y pruebas de multicolinealidad asociadas (factor de inflación de la varianza, VIF). Se informaron los coeficientes de regresión, IC95%, p y R^2 cuando correspondió. Todas las pruebas son bilaterales y $\alpha = .05$; se da prioridad conjunta a magnitudes del efecto, IC y coherencia sustantiva por encima de la significación estadística *per se*.

2.6 Consideraciones éticas

Las instituciones educativas dieron autorización para llevar a cabo el estudio y la participación fue voluntaria. A los representantes se les explicó el propósito académico del estudio. Sin embargo, no queda constancia de que se obtenga autorización de un comité de ética, consentimiento informado formal de los representantes, ni asentimiento formal de los participantes menores de edad, ni consentimiento formal documentado de los estudiantes mayores de edad, y por ello ninguno de estos procedimientos fue atribuido al estudio. La base de datos empleada para los análisis fue desidentificada y no contiene información que permite identificar directamente a las estudiantes.

RESULTADOS

La base analítica estuvo formada por un total de 384 alumnos, sin existencia de datos ausentes ni identificadores duplicados. Los estudiantes estaban distribuidos en 42 aulas, 24 centros educativos y ocho provincias. La edad media era de 16.07 años ($DE = 1.13$; rango = 14–18 años). De ellos, 200 estudiantes (52.1 %) eran mujeres y 184 (47.9 %) eran hombres. En lo que respecta al nivel formativo, había para curso 1.º de BGU 124 estudiantes (32.3 %), 2.º de BGU 122 (31.8 %), y 3.º de BGU 138 (35.9 %).

La estrategia más utilizada era ABP, que fue utilizada por 92 estudiantes (24.0 %), indagación guiada 77 (20.1 %), resolución de problemas contextualizados 75 (19.5 %), aprendizaje cooperativo 70 (18.2 %) y simuladores virtuales 70 (18.2 %).

3.1 Consistencia interna y descriptivos de los datos del cuestionario

Las seis dimensiones del cuestionario mostraron coeficientes de consistencia interna entre .831 y .872. Los valores de alfa de Cronbach y omega de McDonald eran muy similares en cada dimensión. Las medias de las puntuaciones compuestas fueron próximas al punto medio de la escala de 1 a 5, tal como se describe en la tabla 1.

Tabla 1

Descriptivos y consistencia interna de las dimensiones postintervención

Dimensión	M	DE	Md	RIC	α	ω
Estrategias didácticas innovadoras	2.95	1.10	2.80	1.60	.871	.872
Motivación y participación	3.01	1.02	3.00	1.60	.847	.847
Comprensión de la Química	2.98	1.02	3.00	1.60	.840	.841
Resolución de problemas percibida	3.05	1.05	3.00	1.80	.862	.862
Autonomía en el aprendizaje	3.03	1.00	3.00	1.60	.845	.846
Aprendizaje percibido	3.05	0.99	3.00	1.60	.831	.831

Nota. N = 384. RIC = rango intercuartílico. Las dimensiones se calcularon a partir de cinco ítems con respuestas de 1 a 5. Los coeficientes α y ω representan consistencia interna en la muestra analizada y no una validación previa del instrumento.

3.2 Cambio pretest–postest en el rendimiento académico

El rendimiento académico medio aumentó de 66.70 puntos en el pretest (DE = 10.16) a 69.83 puntos en el postest (DE = 11.34). La diferencia media recalculada fue de 3.13 puntos (DE de las diferencias = 4.35), con un IC95 % de [2.70, 3.57].

La distribución de las diferencias presentó una desviación estadísticamente detectable respecto de la normalidad, $W = .988$, $p = .003$. No obstante, considerando el tamaño muestral y la naturaleza pareada del análisis, se mantuvo la prueba t para muestras relacionadas como contraste principal. Esta mostró una diferencia pre–post estadísticamente significativa, $t(383) = 14.10$, $p < .001$. El tamaño del efecto estandarizado para medidas dependientes fue Cohen $d_z = 0.72$.

El análisis de sensibilidad mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon produjo el mismo patrón general, $W = 10\,549$, $p < .001$, lo que indicó que la conclusión estadística sobre la existencia de un cambio temporal no dependió exclusivamente del supuesto paramétrico.

Tabla 2

Rendimiento académico antes y después de la intervención

Medición	M	DE	Md	Mín.	Máx.
Pretest	66.70	10.16	67.24	37.92	95.00
Postest	69.83	11.34	70.02	30.00	100.00
Cambio post–pre	3.13	4.35	2.86	-14.28	16.21

Nota. Para el cambio medio: IC95 % [2.70, 3.57], $t(383) = 14.10$, $p < .001$, Cohen $d_z = 0.72$. El cambio representa diferencia temporal dentro del mismo grupo y no constituye, por sí solo, evidencia causal de un efecto exclusivo de la intervención.

3.3 Rendimiento según estrategia predominante

Las ganancias medias descriptivas fueron 3.06 puntos para ABP, 2.46 para aprendizaje cooperativo, 2.92 para indagación guiada, 3.83 para resolución de problemas contextualizados y 3.38 para simuladores virtuales.

Debido a que la estrategia se definió por aula, se examinó previamente el agrupamiento de la ganancia académica. El ICC estimado por aula fue $-.043$ y por institución $-.020$; al representar estimaciones de componentes entre grupos inferiores a cero por variación muestral, ambos se interpretaron operativamente como $ICC \approx 0$. Los modelos de efectos aleatorios situaron la varianza entre conglomerados en el límite de cero y no proporcionaron una estructura multinivel estable que justificara un modelo jerárquico más complejo.

No obstante, dado que la estrategia predominante fue aplicada por aula, las comparaciones se realizaron mediante un modelo lineal ajustado por rendimiento inicial y con errores estándar robustos agrupados por aula. El contraste global correspondiente a la estrategia predominante no fue estadísticamente significativo, $F(4, 41) = 1.69$, $p = .170$. En consecuencia, no se realizaron comparaciones post hoc entre estrategias.

Tabla 3

Rendimiento académico por estrategia didáctica predominante

Estrategia	n	Pretest M (DE)	Postest M (DE)	ΔM (DE)
ABP	92	67.31 (8.82)	70.38 (10.08)	3.06 (4.32)
Aprendizaje cooperativo	70	67.06 (10.64)	69.52 (12.07)	2.46 (4.40)
Indagación guiada	77	65.43 (10.55)	68.35 (11.99)	2.92 (4.67)
Resolución de problemas contextualizados	75	65.84 (11.56)	69.66 (12.16)	3.83 (4.25)
Simuladores virtuales	70	67.85 (9.34)	71.23 (10.60)	3.38 (4.09)

Nota. ΔM = media de la diferencia individual posttest–pretest. La comparación global ajustada por pretest y con errores estándar agrupados por aula fue $F(4, 41) = 1.69$, $p = .170$.

3.4 Asociaciones entre percepciones y resultados académicos

Las correlaciones de Spearman mostraron asociaciones positivas de magnitud pequeña a moderada entre varias dimensiones perceptivas y el rendimiento posttest. Las correlaciones más elevadas correspondieron al aprendizaje percibido, $\rho = .430$, $p < .001$, y a la resolución de problemas percibida, $\rho = .414$, $p < .001$. La comprensión de la Química presentó una asociación de $\rho = .304$, $p < .001$.

Con la ganancia académica, las asociaciones fueron menores. Aprendizaje percibido presentó $\rho = .180$, $p < .001$; comprensión de la Química, $\rho = .133$, $p = .009$; y autonomía, $\rho = .104$, $p = .042$. Las restantes correlaciones con la ganancia no alcanzaron significación estadística.

Tabla 4

Correlaciones de Spearman entre dimensiones perceptivas y resultados académicos

Dimensión	Rendimiento post ρ	p	Ganancia ρ	p
Estrategias innovadoras	.087	.088	.067	.187
Motivación y participación	.185	< .001	.089	.083
Comprensión de la Química	.304	< .001	.133	.009
Resolución de problemas percibida	.414	< .001	.072	.158
Autonomía	.196	< .001	.104	.042
Aprendizaje percibido	.430	< .001	.180	< .001

3.5 Modelos de regresión

El modelo para el rendimiento posttest incluyó el rendimiento inicial y las seis dimensiones perceptivas. El modelo global fue significativo, $F(7, 41) = 236.13$, $p < .001$, con $R^2 = .860$ y R^2 ajustado = .857. El rendimiento inicial presentó la asociación ajustada de mayor magnitud, $\beta = .892$, $p < .001$. Entre las dimensiones perceptivas, aprendizaje percibido mantuvo una asociación positiva independiente con el posttest, $B = 0.667$, IC95 % [0.168, 1.167], $\beta = .058$, $p = .009$. Las demás dimensiones no presentaron asociaciones independientes estadísticamente significativas en este modelo.

El modelo correspondiente a la ganancia académica también alcanzó significación global, $F(6, 41) = 2.43$, $p = .042$, aunque explicó una proporción reducida de la variabilidad, $R^2 = .048$ y R^2 ajustado = .033. Aprendizaje percibido presentó $B = 0.659$, IC95 % [0.154, 1.165], $\beta = .150$, $p = .011$. Ninguna de las otras cinco dimensiones mostró una asociación ajustada estadísticamente significativa.

Los VIF oscilaron entre 1.19 y 1.80 en el modelo del posttest y entre 1.16 y 1.66 en el modelo de ganancia, sin evidencia de multicolinealidad problemática. La prueba de Breusch–Pagan no indicó heterocedasticidad relevante en el modelo del posttest ($p = .267$) ni en el de ganancia ($p = .784$). Las pruebas RESET tampoco señalaron desviaciones evidentes de linealidad ($p = .195$ y $p = .338$, respectivamente). El mayor valor de distancia de Cook fue .039 en ambos modelos, sin observaciones con influencia extrema. Los residuos mostraron pequeñas desviaciones de normalidad, por lo que las inferencias se basaron en los errores estándar robustos agrupados por aula.

En conjunto, los análisis distinguen tres resultados estadísticos diferentes: se observó un cambio temporal pretest–posttest en el rendimiento; no se encontraron diferencias globales ajustadas entre las cinco estrategias predominantes; y algunas percepciones postintervención mostraron asociaciones con el rendimiento o con la ganancia. Ninguno de estos análisis permite, por sí mismo, establecer causalidad ni interpretar las variables perceptivas como predictores temporales antecedentes.

DISCUSIÓN

El principal objetivo que se persiguió en el estudio fue analizar el rendimiento académico en Química que se refiere a los cambios en el rendimiento académico tras la intervención utilizando estrategias didácticas innovadoras. En esta línea, también se tuvieron en cuenta las diferencias por estrategia docente y las relaciones entre las percepciones postintervención y los resultados académicos. El principal hallazgo fue un aumento en el rendimiento académico entre el pretest y el posttest, con una diferencia media de 3.13 puntos y un tamaño del efecto moderado-alto (Cohen $d_z = 0.72$). La coincidencia tanto entre la prueba t pareada como entre el análisis de sensibilidad de Wilcoxon pone de manifiesto que la evidencia estadística del cambio no dependió únicamente de la asunción de normalidad. Sin embargo, este resultado debe ser leído como un cambio temporal y no como evidencia causal, por el hecho de ser un diseño preexperimental sin grupo control. De forma que no es posible aseverar qué parte de la mejora proviene de las estrategias puestas en práctica y qué parte podría vincularse con buen aprendizaje, maduración, continua exposición a la asignatura o cualquier otro hecho que no estuvo bajo control del propio proceso de investigación.

El cambio obtenido es acorde a estudios que habrían relavado buenos resultados a partir de metodologías activas en el público de la enseñanza secundaria de la Química. El aprendizaje cooperativo se asocia también con una mejora respecto del aprendizaje por enseñanza tradicional (Sibomana et al., 2021a) y, posteriormente, estudios sobre aprendizaje cooperativo o colaborativo han anunciado igualmente resultados positivos en rendimiento (Nwafor et al., 2023; Simesso et al., 2024). El aprendizaje basado en proyectos también ha dado buenos resultados en intervenciones en Química y ciencias en la educación secundaria (Schneider et al., 2022; Tian et al., 2023). Dicha convergencia da plausibilidad pedagógica al cambio encontrado, aunque algunos de ellos abordaron condiciones de comparación que permiten hacer una inferencia mayor que el presente tipo de diseño. En un marco educativo más amplio, las metodologías activas ya han sido estudiadas en Lengua (Guerrero Carrera et al., 2024), así como en comprensión lectora y producción textual (Cochancela Pérez et al., 2026) y en comprensión lectora y escritura creativa mediante metodologías activas y tecnologías emergentes (Bernal Parraga, Rodríguez Cajas, & Ramírez Campoverde, 2026). A su vez, se han propuesto innovaciones (re) didácticas en Lengua y Literatura (Mora Villamar et al., 2024) y enfoques didácticos diversos en Estudios Sociales (León Ruíz et al., 2024). Todos estos antecedentes nos indican el uso transversal de metodologías innovadoras, pero son evidencia complementaria y no permiten hacer un traslado a la parte de aprendizaje en Química. Un segundo resultado observado fue la falta de diferencias significativas entre las cinco estrategias dominantes tras controlar el rendimiento inicial y tras organizar por el aula. De este modo, y a pesar de que las ganancias descriptivas presentadas por las cinco estrategias fueron de entre 2.46 y 3.83 puntos, la comparación general no permitiría concluir que las modalidades ofrecieran resultados diferentes que otras. De esta manera, no podríamos jerarquizar la resolución de problemas contextualizados, los simuladores virtuales, el ABP, la indagación guiada o el aprendizaje cooperativo en función de su eficacia.

Este hallazgo no contradice de manera necesaria la evidencia favorable respecto a estrategias específicas. La indagación guiada ha deparado resultados relevantes en la enseñanza de la Química en educación secundaria (Orosz et al., 2023); los proyectos pueden favorecer el aprendizaje conceptual y otra serie de habilidades (Tian et al., 2023); las estrategias cooperativas han mostrado resultados académicos positivos (Sibomana et al., 2021a). También en otras áreas de secundaria también ha sido el aprendizaje cooperativo analizado referenciando habilidades y motivación (Aráuz Cerezo et al., 2026). Una justificación probable para la no existencia de diferencias en este estudio es su forma de ser operacionalizado: Estrategia predominante aludió a la ausente, es decir, la que más presentaba en el aula, pero las categorías no eran tratamientos mutuamente excluyentes y no hubo asignación aleatoria. A su vez, la falta de una medición formal de fidelidad explican lo poco que se diferían las implementaciones. El resultado más defendible, por tanto, no es que las estrategias beban de un mismo manantial, sino que este diseño no aportó suficiente evidencia como para poder establecer diferencias entre ambas.

Las dimensiones perceptivas ofrecieron un tercer nivel de información. El aprendizaje percibido y la resolución de problemas percibida mantuvieron las relaciones bivariadas más altas con el rendimiento posttest, seguidas por la comprensión de la Química. Esta interpretación permite sostener la existencia de correspondencias, hasta cierto punto, entre ciertas valoraciones subjetivas de la actividad de aprendizaje y

el rendimiento académico final; remarcando el patrón mencionado, congruente con todas aquellas investigaciones que se centran en actividades en las cuales el estudiante pone en práctica conocimientos y/o resuelve problemas (Tóthová & Rusek, 2021), así como sería congruente con evidencias sobre indagación en educación científica secundaria y condiciones propicias para la motivación y la participación (Meulenbroeks et al., 2024), aportando esta última fuente conocimiento complementario, dado que son poblaciones y asignaturas diferentes.

La consideración de dimensiones distintas del rendimiento también aparece en los estudios de Diseño Universal en el Aprendizaje en ciencias naturales (Aguilar Tinoco et al., 2024), metodologías inclusivas en el alumnado con discapacidad múltiple (Bernal Párraga, Medina Marino, et al., 2024) y role-playing conectado con creatividad y pensamiento crítico (Bernal Párraga, Toapanta Guanoquiza et al., 2024). Pese a que estos antecedentes no explican realmente las asociaciones encontradas, sí sugieren que la evaluación de las innovaciones educativas puede considerarse incluyendo la participación, la inclusión y otros procesos matizados que, a su vez, se alejan de un rendimiento académico exclusivamente aislado.

Sin embargo, las asociaciones bivariadas disminuyeron al incluir simultáneamente las dimensiones perceptivas, así en el modelo del rendimiento posttest el rendimiento inicial mostró la asociación ajustada de mayor magnitud, además de que sólo el aprendizaje percibido mostró una asociación independiente positiva, aunque pequeña. Esto hace que el elevado R^2 del modelo en cuestión no deba considerarse exclusivamente en base a las dimensiones perceptivas. Por otro lado, en el caso del rendimiento por ganancia, el aprendizaje percibido mantuvo también una asociación positiva, pero la capacidad explicativa global fue muy reducida, resultando en menos del 5 % de la variabilidad, lo que hace que a pesar de obtener significación estadística, el modelo no implica que exista una relación sustantivamente fuerte. Adicionalmente, las percepciones fueron recogidas después de la intervención y, por tanto, no poseen precedencia temporal para ser interpretadas como predictores causales del rendimiento. La resolución de problemas requiere una especial precaución. La asociación bivariada con la calificación final fue moderada; en el modelo multivariable no se mantuvo estadísticamente significativa, como tampoco la relación con las ganancias, que fue de magnitud pequeña y carente de significatividad. De ese modo, los resultados no apoyan que la competencia para resolver problemas esté de forma objetiva reforzada. Los cinco ítems correspondientes a esta dimensión se centraron en la percepción posterior a la intervención y no hubo una intervención objetiva específica pretest–posttest de resolución de problemas. Otra cuestión es que las tareas orientadas a problemas se pueden ver como aproximaciones al desarrollo de estas competencias en secundaria (Tóthová & Rusek, 2021); que en el caso de las Matemáticas la resolución sistemática de problemas se asocia al pensamiento lógico (Alvarez Piza et al., 2024) serían evidencias externas, pero estas no alteran la medida perceptiva del presente estudio y, además, no permiten la comparación directa. Las simulaciones virtuales deben observarse con la misma cautela. La literatura evidencia que estos pueden contribuir al aprendizaje de la Química si se insertan en configuraciones metodológicas adecuadas (Palacios Ortega et al., 2024), y se han encontrado relaciones favorables entre simulaciones y actitudes o bien entre simulaciones y rendimientos (Jere & Mpeta, 2024). En la Biología de Bachillerato también existía una investigación sobre la mezcla de indagación y laboratorios virtuales con el propósito de potenciar las competencias científicas (Bernal Parraga, Alvarado Cantos, et al., 2026), y en Ciencias Naturales también han sido estudiados diferentes recursos digitales para hacer soportar el aprendizaje (Bernal Parraga, Orozco Maldonado, et al., 2024). Ahora bien, los resultados evidenciados de este estudio no muestran superioridad de los simuladores virtuales sobre las demás modalidades; deben considerarse como parte de un repertorio didáctico, y no como una tecnología inherentemente más eficaz. Esta estructura tecnológica se ha ampliado a ecosistemas que combinan metodologías activas y tecnologías emergentes (Bernal Párraga, Constante Olmedo y otros, 2026), gamificación soportada por inteligencia artificial (Troya Santilán y otros, 2024), y analítica del aprendizaje e inteligencia artificial responsable para apoyar la toma de decisiones pedagógicas basadas en datos (Bernal Parraga, 2026). Otras líneas de investigación han analizado plataformas adaptativas para el aprendizaje de idiomas (Chicaiza, 2025), chatbots y asistentes virtuales en lenguas extranjeras (Jara Chiriboga y otros, 2025), inteligencia artificial aplicada a escritura académica y creativa (Villacreses Sarzoza y otros, 2025), gamificación en las clases de inglés (Rodríguez López y otros, 2026) y aplicaciones de neurociencia e inteligencia artificial en procesos lectores (Mena Castillo y otros, 2026). Estos antecedentes corroboran el marco de referencia en el que se contextualiza

la difusión, pero comprobar que herramientas de este tipo puedan producir una mejora automáticamente en el rendimiento del estudio de Química.

La innovación también depende del contexto institucional. Se han analizado estrategias de liderazgo educativo afines a la motivación del profesorado (Troya et al., 2024) y el papel del orientador educativo en la prevención del acoso escolar (Tello Mayorga et al., 2025), aunque no muestran la relación directa de los resultados de la Química, hacen hincapié en que las intervenciones pedagógicas tienen lugar en marcos institucionales de valía. Esta cuestión es de especial interés en este estudio, en tanto que las estrategias se implementaron en aulas naturales y no como tratamientos individualizados y aleatorios.

Las limitaciones, en el estudio, marcan el perimetraje de los resultados. El diseño preexperimental de la investigación de un único grupo no permite la separación del cambio que puede atribuirse a la intervención; el muestreo por conveniencia compromete la generalización. No existen documentos que especifiquen alguna de las características, validez, ni confiabilidad del instrumento que genera las puntuaciones académicas. El cuestionario fue elaborado de forma ad hoc, sin juicio de expertos, pilotaje ni validación previa; a pesar de mostrar consistencia interna adecuada en ésta muestra, esta propiedad per se no muestra la validez de constructo por sí sola. Igualmente, no se documentó el número de docentes ni la fidelidad en la implementación. Finalmente, los ICC de la ganancia por aulas e instituciones fueron prácticamente nulos y los componentes de varianza se situaron en el límite, por lo que no se justificó forzar modelos multinivel inestables; futuros estudios deberían reevaluar esta dependencia y utilizar modelos multinivel cuando la estructura de los datos y el número de conglomerados permitan estimaciones adecuadas.

Desde una perspectiva pedagógica, los resultados justifican continuar evaluando combinaciones estructuradas de proyectos, indagación guiada, cooperación, simulaciones y problemas contextualizados, pero no privilegiar una modalidad como superior. Para la práctica docente resulta pertinente integrar actividades que requieran aplicar conocimientos químicos, discutir procedimientos, relacionar conceptos con situaciones contextualizadas y utilizar tecnologías con una finalidad didáctica explícita. La limitada capacidad de las percepciones para explicar la ganancia académica también señala la conveniencia de combinar autoinformes con pruebas objetivas de aprendizaje y, específicamente, con instrumentos pretest–postest de resolución de problemas. Futuras investigaciones con grupos de comparación, mejor documentación de los instrumentos y evaluación de la fidelidad podrán determinar con mayor precisión qué competencias cambian, mediante qué estrategias y bajo qué condiciones de implementación.

CONCLUSIONES

El trabajo investigativo posibilitó el estudio de las variaciones en el rendimiento académico en Química de los estudiantes de Bachillerato a partir de la intervención en base a estrategias didácticas innovadoras, y las diferencias en función de la estrategia preponderante. Permitiéndonos, además de esto, estudiar las relaciones que podía haber entre la percepción postintervención y el rendimiento académico. En líneas generales, se detectó una variación con un aumento estadísticamente significativo en el rendimiento entre el pretest y el posttest, con una diferencia media de 3.13 puntos y un tamaño del efecto moderado-alto. Este resultado indica la variabilidad que existió con un cambio académico temporal del grupo, pero el diseño preexperimental y la falta de un grupo control dificultan imputar ese cambio a la intervención. Las cinco modalidades estudiadas —aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje cooperativo, indagación guiada, resolución de problemas contextualizados y simuladores virtuales— también mostraron cambios descriptivos positivos. Ahora bien, si consideramos el rendimiento inicial y agrupamos a los estudiantes por aula, tampoco encontramos diferencias globales estadísticamente significativas según la estrategia que prevaleciera, por lo que no pudimos establecer que alguna de las cinco modalidades hubiera sido superior a las demás, lo que es de gran relevancia para prevenir que la diferencia descriptiva que encontramos entre categorías fuera interpretada como evidencias de distinta eficacia pedagógica.

Las percepciones postintervención sorprendieron por ser muy diferentes; así, el aprendizaje percibido y la resolución de problemas percibida dieron lugar a las asociaciones bivariadas más elevadas con el rendimiento académico final, mientras que las asociaciones con la ganancia fueron mucho más bajas, en general. En el análisis final de los resultados obtenidos en el posttest el rendimiento inicial presentó la magnitud de ajuste

más alta y el aprendizaje percibido mantuvo una asociación favorable independiente, aunque pequeña. Este modelo contaba con una gran capacidad explicativa y el rendimiento previo mostraba la mayor correlación de ajuste. Por otra parte, el modelo de la ganancia académica fue estadísticamente significativo, pero su capacidad explicativa fue reducida; en el modelo de ganancia académica, el aprendizaje percibido mantiene una asociación positiva. Los resultados obtenidos hacen referencia a asociaciones en el sentido estadístico, pero no a relaciones causales, ni a evidencias de que las percepciones actúan como predictores temporales antecedentes.

Concretamente, los resultados no permiten mostrar la producción de un objetivo de mejora de la capacidad de resolución de problemas. Dicha dimensión fue considerada solamente desde la percepción posterior a la intervención y no a partir de una prueba objetiva determinada previamente, y posteriormente luego la experiencia. Por ello hay que diferenciarla del cambio que presenta el rendimiento académico general de Química. Las conclusiones son exclusivas de los alumnos y los contextos educativos evaluados, dado que la muestra fue no probabilística, no hay grupo control, no se recoge suficiente información acerca de las propiedades del instrumento de rendimiento, el cuestionario responde al ad hoc y no se quiso evidenciar formalmente la fidelidad a la implementación de este. Aunque la base de la dependencia de la ganancia entre aulas e instituciones fue prácticamente nula en el presente trabajo, se deberá reexplorar esta estructura en las siguientes investigaciones y aplicar modelos en un contexto multinivel llegado el caso y en que el agrupamiento y el tamaño del número de conglomerados lo recomienden. En lo que respecta a la aplicación práctica, los principales hallazgos corroboran la evaluación continuada de una serie de estrategias innovadoras respecto a la enseñanza de la Química, pero no justifican recomendar una de las modalidades de enseñanza por entenderla superior a las otras. Las investigaciones futuras se deberán centrar en incluir grupos de comparación, procedimientos de muestreo que amplíen la representatividad, instrumentos académicos cuyo funcionamiento hiciera el objeto posible, evaluación de la fidelidad a la implementación y mediciones objetivas pretest–postest de la resolución de problemas. Con ello se entendería mejor qué cambios se vinculan a cada una de las modalidades pedagógicas y hasta qué punto podrían ser generalizables a otros contextos de Bachillerato.

FINANCIACIÓN

La presente investigación no recibió financiación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Tabla 5

Contribuciones de autoría según la taxonomía CRediT

Contribución	Autor 1	Autor 2	Autor 3	Autor 4	Autor 5
Conceptualización	X	X			
Metodología	X	X	X		
Investigación	X		X	X	
Curación de datos		X		X	X
Análisis formal		X			X
Validación		X	X		X
Recursos	X		X	X	
Visualización		X			X
Administración del proyecto	X			X	
Supervisión	X	X			
Redacción del borrador original	X	X	X	X	X
Redacción, revisión y edición	X	X	X	X	X
Revisión y aprobación de la versión final	X	X	X	X	X

Nota. Distribución propuesta para validación por los autores. 1: María Feliza Castro Arévalo; 2: Augusto Paolo Bernal Párraga; 3: Antonia Maricela Medina Navarro; 4: Iliana Yadira López Sánchez; 5: Christian Eduardo González Ramírez.

REFERENCIAS

Aguiar Tinoco, R. J., Carvallo Lobato, M. F., Román Camacho, D. E., Liberio Anzules, A. M., Hernández Centeno, J. A., Duran Fajardo, T. B., & Bernal Parraga, A. P. (2024). El Impacto del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) en la Enseñanza de Ciencias Naturales: Un Enfoque Inclusivo y Personalizado. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2162-2178. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13682

- Alarcon Burneo, S. N., Basantes Guerra, J. P., Chaglla Lasluisa, W. F., Carvajal Coronado, D. E., Martínez Oviedo, M. Y., Vargas Saritama, M. E., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Uso de Recursos Manipulativos para Mejorar la Comprensión de Conceptos Matemáticos Abstractos en la Educación Secundaria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1972-1988. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13669
- Albán Pazmiño, E. J., Cruz Sari, C. R., Bernal Parraga, A. P., & Lasluiza Centeno, K. G. (2026). Influencia del aprendizaje cooperativo sobre la toma de decisiones, el rendimiento técnico-táctico y el compromiso académico en estudiantes de Educación Física durante la enseñanza del baloncesto. *Prometeo Conocimiento Científico*, 6(2). <https://doi.org/10.55204/pcc.v6i2.e145>
- Aldosari, S. S., Ghita, B., & Marocco, D. (2022). A gesture-based educational system that integrates simulation and molecular visualization to teach chemistry. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(4), 194–211. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i04.26503>
- Alvarez Piza, R. A., Del Hierro Pérez, M. C., Vera Molina, R. M., Moran Piguave, G. D., Pareja Mancilla, S. S., Narváez Hoyos, J. J., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Desarrollo del Pensamiento Lógico a través de la Resolución de Problemas en Matemáticas Estrategias Eficaces para la Educación Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2212-2229. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13686
- Aráuz Cerezo, E., Tuarez Cobeña, M., Bernal Parraga, A., Yépez Yépez, L., & Llor Quintero, J. (2026). Efecto del aprendizaje cooperativo en el desarrollo de habilidades técnico-tácticas y la motivación en estudiantes de Educación Física durante la enseñanza del baloncesto en secundaria. *Polo del Conocimiento*, 11(4), 2266-2283. <https://doi.org/10.23857/pc.v11i4.11541>
- Avwiri, H. E., & Odiri, O. E. (2025). Effects of using virtual laboratory experiments on students' achievement in chemistry. *Indonesian Journal of Research and Educational Review*, 4(2), 275–284. <https://doi.org/10.51574/ijrer.v4i2.2742>
- Bernal Parraga, A. P., Constante Olmedo, D. F., López Sánchez, I. Y., Padilla Portocarrero, D. K., & Duarte Salinas, E. M. (2026). Ecosistema híbrido inteligente para la enseñanza de Ciencias Naturales: un modelo integrador de metodologías activas, IA y regulación emocional. *Tesla Revista Científica*, 6(1). <https://doi.org/10.55204/trc.v6i1.e588>
- Castro, R. R. (2025). The effects of chemistry virtual laboratories in academic achievement of secondary level learners: A meta-analysis. *Integrated Science Education Journal*, 6(1), 24–37. <https://doi.org/10.37251/isej.v6i1.1379>
- Chicaiza, V. (2025). Inteligencia artificial y aprendizaje de idiomas: Personalización del aula de inglés a través de plataformas adaptativas. *Revista Veritas de Difusão Científica*, 6(2), 477–506. <https://revistaveritas.org/index.php/veritas/article/view/643>
- Cochancela Pérez, N., Bernal Parraga, A., Romero Torres, T., & Morales Loayza, D. (2026). Impacto de las estrategias innovadoras sobre la comprensión lectora y la producción textual en estudiantes de educación básica elemental media y superior. *Polo del Conocimiento*, 11(7), 2447-2471. <https://doi.org/10.23857/pc.v11i7.12154>
- Dayal, P. D., & Ali-Chand, Z. (2022). Effective teaching and learning strategies in a chemistry classroom. *New Zealand Journal of Educational Studies*, 57(2), 425–443. <https://doi.org/10.1007/s40841-022-00242-7>
- Febriani, F., Hasan, M., Khaldun, I., & Khwaengmek, W. (2025). Impact of project-based learning implementation on students' achievement in green chemistry concepts. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 9(3), 1020–1031. <https://doi.org/10.24815/jipi.v9i3.48944>
- Guerrero Carrera, L. M., Bernal Parraga, A. P., Ordóñez Quitizaca, N. K., Toapanta Guonoquiza, M. J., Cabrera Brown, M. N., Alvarez León, D. S., & Yanchapaxi Oña, K. G. (2024). Efectividad de Metodologías Activas Innovadoras de Aprendizaje en el Área de Lengua. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 9213-9244. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.12073
- Jara Chiriboga, S. P., Troncoso Burgos, A. L., Ruiz Avila, M. M., Cosquillo Chida, J. L., Aldas Macias, K. J., Castro Morante, Y. E., & Bernal Parraga, A. P. (2025). Inteligencia Artificial y Aprendizaje Personalizado en Lenguas Extranjeras: Un Análisis de los Chatbots y los Asistentes Virtuales en Educación. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 6(1), 882–905. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i1.515>
- Jere, S., & Mpeta, M. (2024). Effects of computer simulations, attitudes towards chemistry and prior knowledge on students' academic achievement in chemistry. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 23(7), 37–63. <https://doi.org/10.26803/ijlter.23.7.3>
- León Ruíz, M. E., Bernal Parraga, A. P., Bustamante Peñaherrera, G. S., Yanza Rojas, C. J., Guzmán Quiña, M. de los A., Davila Amari, M. A., & López Villacis, D. E. (2024). Enfoques Pedagógicos para la Enseñanza de Estudios Sociales en Libros de Texto de Educación Básica Superior. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9132-9152. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13060
- Maldonado Arias, M. del M., Ferrín Bravo, V. T., Troya Santillán, C. M., Rengel Santin, A. E., & Bernal Parraga, A. P. (2026). Inteligencia Artificial generativa y metodologías activas para transformar la enseñanza y el aprendizaje en Educación Superior. *Saber Estratégico Internacional*, 4(3), 981–999. <https://doi.org/10.70577/s.e.v4i3.98>
- Mena Castillo, M. L., Iza Maigua, A. C., Bernal Parraga, A. P., & Lalangui Sandoval, J. A. (2026). Neurociencia de la lectura e inteligencia artificial: comparación del método fonológico y global en estudiantes con dislexia temprana. *Tesla Revista Científica*, 6(2), e695. <https://doi.org/10.55204/trc.v6i2.e695>
- Meulenbroeks, R. F. G., van Rijn, R., & Reijkerkerk, M. (2024). Fostering secondary school science students' intrinsic motivation by inquiry-based learning. *Research in Science Education*, 54(3), 339–358. <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10139-0>
- Mora Villamar, F. M., Bernal Parraga, A. P., Molina Ayala, E. T., Salazar Veliz, E. T., Padilla Chicaiza, V. A., & Zambrano Lamilla, L. M. (2024). Innovaciones en la didáctica de la lengua y literatura: estrategias del siglo XXI. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 3852-3879. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11595

- Mulyani, P. S., & Heliawati, L. (2025). Enhancing problem-solving skills in chemistry through problem-based learning with SETS: A systematic review. *Jurnal EDUCATIO: Jurnal Pendidikan Indonesia*, 11(1), 272–280. <https://doi.org/10.29210/1202525369>
- Nwafor, S. C., Okonkwo, H. C., & Onuigwe, B. U. (2023). Enhancing secondary school students' achievement in chemistry using collaborative instructional strategy. *Journal of Digital Learning and Education*, 3(3), 210–217. <https://doi.org/10.52562/jdle.v3i3.818>
- Okpala, N. M., Onyia, C. N., & Udu, D. A. (2025). Guided inquiry in chemistry classrooms: Investigating its effects on student interest and achievement in secondary schools in Enugu State, Nigeria. *Greener Journal of Educational Research*, 15(1), 224–232. <https://doi.org/10.15580/GJER.2025.1.092325142>
- Orosz, G., Németh, V., Kovács, L., Somogyi, Z., & Korom, E. (2023). Guided inquiry-based learning in secondary-school chemistry classes: A case study. *Chemistry Education Research and Practice*, 24(1), 50–70. <https://doi.org/10.1039/D2RP00110A>
- Palacios Ortega, A., Pascual López, V., & Moreno-Mediavilla, D. (2024). Methodological design in the use of virtual simulations in chemistry: A systematic review. *Journal of Technology and Science Education*, 14(3), 701–719. <https://doi.org/10.3926/jots.e.2357>
- Rodríguez López, E. M., Bernal Parraga, A. P., Cuero González, O. V., Gavilanez González, L. C., & Merchán Ortiz, S. T. (2026). Gamification-based learning in EFL classrooms: Effects on motivation and communicative competence in secondary education. *Prometeo Conocimiento Científico*, 6(1), e125. <https://doi.org/10.55204/pcc.v6i1.e125>
- Santyasa, I. W., Agustini, K., & Pratiwi, N. W. E. (2021). Project based e-learning and academic procrastination of students in learning chemistry. *International Journal of Instruction*, 14(3), 909–928. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14353a>
- Schneider, B., Krajcik, J., Lavonen, J., Salmela-Aro, K., Klager, C., Bradford, L., Chen, I.-C., Baker, Q., Touitou, I., Peek-Brown, D., Dezendorf, R. M., Maestrales, S., & Bartz, K. (2022). Improving science achievement—Is it possible? Evaluating the efficacy of a high school chemistry and physics project-based learning intervention. *Educational Researcher*, 51(2), 109–121. <https://doi.org/10.3102/0013189X211067742>
- Serrano Aguilar, N. S., Paredes Montesdeoca, D. G., Silva Carrillo, A. G., Pilatasig Patango, M. R., Ibáñez Oña, J. E., Tumbes Cunuhay, L. F., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Aprendizaje Híbrido: Modelos y Prácticas Efectivas para la Educación Post-Pandemia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 10074-10093. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13152
- Sibomana, A., Karegeya, C., & Sentongo, J. (2021a). Effect of cooperative learning on chemistry students' achievement in Rwandan day-upper secondary schools. *European Journal of Educational Research*, 10(4), 2079–2088. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.4.2079>
- Sibomana, A., Karegeya, C., & Sentongo, J. (2021b). Factors affecting secondary school students' academic achievements in chemistry. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 20(12), 114–126. <https://doi.org/10.26803/ijlter.20.12.7>
- Simesso, M. D., Gutu, T. S., & Tarekegn, W. M. (2024). The contribution of using cooperative learning methods on students' achievement and retention in secondary schools during chemistry lesson. *Education Research International*, 2024, Article 1830124. <https://doi.org/10.1155/2024/1830124>
- Tello Mayorga, L. E., Bowen Castro, D. J., Rosero Ubidia, A. M., Rea Elizalde, C. A., & Bernal Parraga, A. P. (2025). El papel del orientador educativo en la prevención del acoso escolar modelos de intervención basados en evidencia. *ASCE*, 4(3), 1089–1115. <https://doi.org/10.70577/ASCE/1089.1115/2025>
- Tian, P., Sun, D., Han, R., & Fan, Y. (2023). Integrating micro project-based learning to improve conceptual understanding and crucial learning skills in chemistry. *Journal of Baltic Science Education*, 22(1), 130–152. <https://doi.org/10.33225/jbse/23.22.130>
- Tóthová, M., & Rusek, M. (2021). Developing students' problem-solving skills using learning tasks: An action research project in secondary school. *Acta Chimica Slovenica*, 68(4), 1016–1026. <https://doi.org/10.17344/acsi.2021.7082>
- Troya Santillán, B. N., García Sosa, S. M., Medina Marino, P. A., Campoverde Duran, V. D. R., & Bernal Párraga, A. P. (2024). Diseño e Implementación del Gamming Impulsados por IA para Mejorar el Aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 4051-4071. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11611
- Troya Santillán, C. M., Bernal Párraga, A. P., Guaman Santillan, R. Y., Guzmán Quiña, M. de los A., & Castillo Alvare, M. A. (2024). Formación Docente en el Uso de Herramientas Tecnológicas para el Apo-yo a las Necesidades Educativas Especiales en el Aula. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 3768-3797. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11588
- Troya, B. N., Arzube, M. C., Arzube, D. M., Troya, C. M., Martínez, M. Y., Zapata, Y. F. y Bernal, A. P. (2024). Liderazgo Educativo Transformacional: Estrategias para Inspirar y Motivar a los Docentes en el Contexto Escolar. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2230-2246. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13687
- van Dinther, R., de Putter, L., & Pepin, B. (2023). Features of immersive virtual reality to support meaningful chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 100(4), 1537–1546. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01069>
- Villacreses Sarzoza, E. G., Nancy Maribel, M. C., Calderón Quezada, J. E., Víctor Gregory, T. V., Iza Chungandro, M. F., Tandazo Sarango, F. E., & Bernal Párraga, A. P. (2025). Inteligencia Artificial: Transformando la Escritura Académica y Creativa en la Era del Aprendizaje Significativo. *Revista Científica de Salud y Desarrollo Humano*, 6(1), 1427–1451. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i1.533>