https://doi.org/10.69639/arandu.v13i4.2702

Aula invertida e Instrucción entre Pares como estrategia didáctica para fortalecer el aprendizaje conceptual de Química General a nivel superior

Flipped Classroom and Peer Instruction as a Teaching Strategy to Strengthen Conceptual Learning in General Chemistry at the Higher Education Level

Laura del Carmen Méndez Gutiérrez
https://orcid.org/0000-0002-7665-6191
l.mendez@ce.pucmm.edu.do
Pontificia Universidad Católica Madre Maestra
Santiago – República Dominicana

Pedro Leonardo Peña Duarte
pedro.pena@isfodosu.edu.do
https://orcid.org/0000-0002-3746-0030
Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña
Santiago – República Dominicana

Pedro Luis Peña Méndez
mendezp026@gmail.com
https://orcid.org/0009-0005-4479-4521
Investigador Independiente
Santiago – República Dominicana

Artículo recibido: 10 septiembre 2026- Aceptado para publicación:16 octubre 2026
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

Esta investigación tiene como propósito determinar el impacto de combinar el aula invertida con la instrucción entre pares para fortalecimiento de la comprensión conceptual de los contenidos de Química General a nivel superior, en comparación con el modelo tradicional. Se aplicó un enfoque cuantitativo cuasi-experimental y descriptivo con 44 estudiantes, utilizando un pretest y postest al grupo control y al grupo experimental. Los datos se analizaron con estadística descriptiva, el modelo de Bao & Redish y la Ganancia de Hake; además, se evaluó la percepción de los participantes con una encuesta de satisfacción. Los resultados muestran que el grupo experimental logó un incremento significativo en la comprensión conceptual, elevando su media 19.7 a 65.2 ($p \leq 0.05$). Esto se contrastó usando el Factor de Concentración, que evolucionó de una zona aleatoria (LL) a un modelo correcto (MH y HH), y la Ganancia de Hake media (0.57). La encuesta de satisfacción validó la alta receptividad hacia la metodología combinada. Se concluye que la metodología combinada aula invertida e instrucción entre pares fortalece el aprendizaje conceptual frente al modelo tradicional, el cual mantiene la memorización y el rezago en la construcción de nuevos conocimientos.

Palabras clave: aula invertida, instrucción entre pares, metodologías activas, modelo tradicional, química general

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine the impact of combining the flipped classroom with peer instruction to strengthen conceptual understanding of General Chemistry content at the college level, compared to the traditional model. A quantitative, quasi-experimental, and descriptive approach was applied to 44 students, using pre- and post-tests for both the control group and the experimental group. The data were analyzed using descriptive statistics, the Bao & Redish model, and Hake's Gain; in addition, participants' perceptions were assessed using a satisfaction survey. The results show that the experimental group achieved a significant increase in conceptual understanding, raising its mean score from 19.7 to 65.2 ($p \leq 0.05$). This was corroborated using the Concentration Factor, which evolved from a random zone (LL) to a correct model (MH and HH), and the mean Hake Gain (0.57). The satisfaction survey confirmed high receptivity toward the blended methodology. It is concluded that the blended methodology of the flipped classroom and peer instruction strengthens conceptual learning compared to the traditional model, which relies on memorization and lags behind in the construction of new knowledge.

Keywords: flipped classroom, peer instruction, active learning methods, traditional model, general chemistry

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Atribution 4.0 International.

INTRODUCCIÓN

La química, considerada la ciencia central, vincula las ciencias físicas con las ciencias de la vida y las aplicadas. En el ámbito escolar, la química se presenta como una red de conceptos interrelacionados donde la comprensión de una idea influye directamente en el aprendizaje de otros conceptos, lo que exige un dominio preciso de los conceptos. Al respecto, los conceptos son unidades de la memoria a largo plazo que preservan y transmiten el significado de una idea, independientemente de la exactitud de las palabras empleadas para expresarla (Irwanto & Vera, 2024). En consecuencia, la enseñanza de la química va más allá de memorizar hechos; exige que los docentes orienten a los estudiantes a construir los nuevos saberes a mediante el conocimiento científico (García et al., 2024).

Estudios anteriores demuestra que los estudiantes al llegar a la universidad y a cursar Química General presentan dificultades para comprender los contenidos programáticos cometiendo errores conceptuales que dificulten el aprendizaje de la parte procedimental y experimental. La limitada comprensión conceptual por parte de los estudiantes suele derivar de la percepción de que no se explica adecuadamente durante el proceso de aprendizaje de la química, además de la falta de ejercicios apropiados en los libros de texto (Cisnero et al., 2024; Barraqué et al., 2021). Por otra parte, los docentes suelen asumir que todos los estudiantes pueden comprender el concepto al mismo tiempo, lo que provoca que muchos de ellos experimenten dificultades de aprendizaje (Rahmawati et al., 2022). Por consiguiente, se requieren estrategias de aprendizaje adecuadas para estudiar química o realizar las tareas de manera más eficaz y eficiente (Faría & Trias, 2024; García et al., 2025).

Una estrategia de aprendizaje idónea para combinar con el aula invertida (flipped classroom) es la instrucción entre pares (peer instruction) (Macale et al., 2024; Méndez et al., 2025). Esta modalidad fomenta la participación de los estudiantes y el intercambio de ideas con sus compañeros. La instrucción entre pares se lleva a cabo haciendo que los propios alumnos tomen el rol de docente entre sí. El proceso comienza con preguntas conceptuales (ConceptTest) que abarcan diversos conceptos relevantes para el tema que se está impartiendo (Balta et al., 2017 citado por Irwanto et al., 2024). En su estudio, Schell & Mazur (2015) observaron sistemáticamente un aumento en el porcentaje de respuestas correctas en los ConceptTests. En general, la instrucción entre pares ha sido validada como un enfoque de enseñanza eficaz y ampliamente valorado por los estudiantes (Balta et al., 2017 citado por Irwanto & Vera, 2024).

Dadas las características de la instrucción entre pares, esta modalidad de aprendizaje resulta adecuada para combinarse con el modelo de aula invertida con el fin de mejorar la comprensión conceptual de los estudiantes (Méndez et al., 2025).

Esta investigación se justifica a partir de las cuestiones descritas anteriormente. El problema radica en la limitada comprensión que tienen los estudiantes de los fundamentos de

Química General (Chonillo et al., 2024, Barahona et al., 2024), debido al bajo dominio de ideas preconcebidas o no cumplen con las competencias requeridas que deben traer del bachillerato; por ello, existe un potencial en el uso del aula invertida junto con la instrucción entre pares para potenciar dicha comprensión (Schell & Mazur,2015). La novedad de este estudio reside en la implementación del aula invertida combinada con la instrucción entre pares, mediante el uso de ConceptTests, para aumentar la eficacia de las actividades de aprendizaje escolar y superar así las dificultades de los estudiantes para comprender conceptos químicos. En consecuencia, el presente estudio se llevó a cabo para determinar el impacto de la estrategia al combinar el aula invertida con la instrucción entre pares para fortalecimiento de la comprensión conceptual de los contenidos de Química General a nivel superior, en comparación con el modelo tradicional.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló desde un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasiexperimental buscando determinar en qué medida el aula invertida combinada con la instrucción entre pares, favorece el aprendizaje conceptual de la química general en estudiante de educación superior. La investigación es de tipo descriptivo, debido a que se recolectaron los datos antes y después de la implementación de la estrategia del aula invertida e instrucción de pares.

Para medir el aprendizaje de los conceptos fundamentales de Química General se aplicó un pretest y postest, con diez preguntas de selección múltiple con una respuesta y se configuró para un tiempo de 90 minutos. La prueba aborda los contenidos de mezclas, propiedades químicas de la materia, modelos atómicos, enlace químico, disoluciones, conversiones de cantidad de sustancia, ácido-base, y reacciones redox. El pretest y postest contiene preguntas teóricas, prácticas y experimental de los contenidos fundamentales que abordan el programa de Química General, basada en los procesos cognitivos interpretar, ejemplificar, clasificar, resumir, inferir, comparar (Saltimis, 2014).

La prueba fue elaborada por el docente a cargo de la asignatura, sometida a revisión y validación por dos profesores universitarios y tres docentes de química. Los criterios que se tomaron en cuenta para la evaluación por los expertos fueron los siguientes: pertinencia de los contenidos, claridad de los enunciados, nivel cognitivo adecuado, redacción, coherencia y uso del lenguaje técnico, congruencia con los objetivos de aprendizaje y el tiempo asignado según el nivel de complejidad. Se obtuvo un Alfa de Cronbach de 0.82 indicando una confiabilidad adecuada.

El pretest se aplicó antes de la intervención didáctica, para identificar las preconcepciones que tenían los estudiantes sobre los contenidos programáticos de Química General, mientras el postest, contenía las mismas preguntas del pretest y se aplicó después de la intervención, para estimar el nivel de aprendizaje conceptual alcanzado que adquirieron los estudiantes de Química General I, así como la movilización de las ideas preconcebidas.

Por otra parte, la estrategia aula invertida e instrucción entre pares, se apegó al esquema propuesto por Méndez et al. (2025), para ello se planificaron ocho (8) actividades de acuerdo con los contenidos programáticos de la asignatura de Química General, para un tiempo de 2 horas de clases (90 minutos) y de 5 a 7 preguntas para las secciones de la instrucción entre pares. Mediante la aplicación del pretest y postest permitió comparar el desempeño de los estudiantes en función de la presencia o ausencia de la estrategia aula invertida e instrucción entre pares.

La población consistió en 44 estudiantes de las carreras de ingeniería (Mecánica, Civil e Industrial) del 2do y 3er cuatrimestre del período 2025-2026 de una universidad privada de República Dominicana, con un nivel académico de secundaria y en edades comprendidas entre 17 y 18 años. Debido a la naturaleza cuasiexperimental, se tomó la misma población como objeto de estudio, la misma es finita, ya que está determinada cuando se conoce el número exacto de los sujetos que la integran (Hernández y Mendoza, 2018).

La población estaba organizada en dos secciones de veintidós (22) estudiantes cada una, las cuáles fueron generadas automáticamente por el sistema informático de la universidad de manera aleatoria, ubicando estudiantes de distintas especialidades de ingeniería y edades en las diferentes secciones de clases. Se reconoce el tamaño muestral es limitado, pero se considera adecuado para estudios cuasiexperimentales en el ámbito educativo, donde se trabaja con grupos intactos. Para la investigación, las secciones se distribuyeron en un grupo de estudio y un grupo de control, el cual se les aplicaron la metodología combinada aula invertida e instrucción entre pares y la metodología tradicional, respectivamente. La medición de los resultados ambos grupos, se utilizó el mismo pretest y postest.

Para evaluar si la intervención llevada a cabo había sido efectiva, se examinaron las diferencias en las calificaciones del pretest y postest del grupo de control y experimental. Para el análisis se utilizó la estadística descriptiva para evaluar la distribución de los datos. El nivel de significación estadística considerado fue $p \leq .05$.

También se utilizó el modelo estadístico de Bao y Redish (2001) el cual permite determinar la concentración de análisis generada a partir de los resultados del pretest y el postest a fin de analizar la propuesta educativa con los perfiles conceptuales en los estudiantes. Este modelo mide la distribución en un factor normalizado cuyos valores se extienden en [0,1] con un 0 para un factor de concentración bajo y 1 para un máximo posible de respuesta en el factor, por tanto, los patrones de respuestas se posicionarán dentro de este rango y con ello se estableció los patrones de respuesta L, M y H por sus siglas en inglés (Low, Medium y High) que significan bajo, medio y alto.

De esta forma, al intercambiar el factor de concentración y las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en las pruebas se establece una medida para el desempeño de estos mediante los niveles LL, LH, MM, LM, MH y HH (Arias, 2021 citado por Rodríguez y Arias, 2023), como se muestra en la tabla 1.

El factor de concentración como función de la puntuación en una respuesta de (Bao y Redish, 2001) se determina con la siguiente expresión:

$$C(P) = \left(\frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m}-1}\right) - \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=0}^{n}(n_i)^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}}\right) \quad (1)$$

Tabla 1

Combinación de la concentración y puntuación para establecer los modelos de factor de concentración

Estilo	*Nivel*	*Implicaciones de la puntuación y la concentración*
Un modelo	HH	Un modelo correcto
	MH	Un modelo dominante correcto
	LH	Un dominante modelo incorrecto
Dos modelos	MM	Dos modelos populares, uno correcto y otro incorrecto
	LM	Dos posibles modelos correctos incorrectos
Sin modelo	LL	Situación aleatoria

Fuente: Becerra, 2018 citado en Rodríguez y Arias (2023)

De acuerdo con la ecuación 1, "m es el número de opciones en las respuestas, N el número de estudiantes y los n_i representan el número de estudiantes que escogieron la opción i. Se define que el número mínimo de opciones de respuestas válidas para el factor de concentración como m = 2, de esta manera, se define la restricción de N > m para que no se indetermine la ecuación" (Arias, 2021 citado por Rodríguez y Arias, 2023).

Así la Ganancia de Hake que da cuenta de la evolución del aprendizaje de una población de estudiantes y evita el problema de comparar entre estudiantes que inician un curso mejor preparado que otros. Además, permite determinar si una metodología de enseñanza es efectiva respecto del conocimiento inicial del estudiante (motivo por el que se hizo uso de este estadístico en el presente trabajo). Se define como la razón del aumento de una prueba preliminar (pre) y una prueba final (pos) respecto del máximo aumento posible (Hake, 1998 citado por Perdomo & Galo, 2020).

$$g = \frac{\langle puntaje_{pos}\rangle - \langle puntaje_{pre}\rangle}{100 - \langle puntaje_{pre}\rangle} \quad (2)$$

Hake concluye en sus investigaciones, que para grupos de estudiantes en los que la instrucción aplicada es del tipo tradicional, la ganancia toma valores menores al 0.3. Para los casos de una instrucción de tipo muy activa con estudiantes trabajando en pares, con tutorías presentes e interactuando docente-estudiante, la ganancia es mayor al 0.3. Por lo que se deduce que una ganancia normalizada, siempre mayor a 0.3 se identifica con una enseñanza que promueve el aprendizaje activo (Tabla 2).

Tabla 2

Niveles de ganancia normalizada de Hake

Ganancia Normalizada	Rango
Alta	$0.7 < g \leq 1$
Media	$0.3 < g \leq 0.7$
Baja	$g \leq 0.3$

Fuente: Perdomo & Galo (2020)

Por último, se realizó una encuesta de satisfacción para evaluar la aceptación, los beneficios que generó la implementación de la metodología combinada aula entidad e instrucción entre pares y como impactó en la mejora del aprendizaje en Química General. Se empleó el cuestionario de Landa y Ramírez (2018) adaptado a la metodología combinada el cual contenía veintidós preguntas y una escala de Lickert de 1 a 5, tomando en cuenta la siguiente escala: 1. Totalmente Desacuerdo; 2. En desacuerdo; 3. Parcialmente de Acuerdo; 4. De acuerdo; 5. Totalmente de Acuerdo. El mismo se realizó de forma presencial para mayor fiabilidad de los resultados y obtuvo un Alfa de Cronbach (0.98) indica que el instrumento es confiable.

Todos los datos del presente estudio fueron tratados mediante el software estadístico XLSTAT.

Previo al inicio de la intervención, se explicó a los estudiantes la naturaleza del estudio, y se le solicitó su participación voluntaria mediante la firma de un consentimiento informado. Se aseguró el respeto de la confiabilidad y anonimato durante todo el proceso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados globales del pretest y postest para los grupos intervenidos

En la tabla 3 se pudo observar que las medias del pretest eran homogéneas antes de la intervención, lo que refleja un conocimiento limitado en Química y un bajo rendimiento inicial. Tras la aplicación de las estrategias, la medias del postest de ambos incrementaron en ambos grupos, lo que evidencia una evolución positiva que alejó a los participantes de la uniformidad inicial. En otras palabras, la tendencia general sugiere una mejora del aprendizaje, la cual fue más consistente en el grupo experimental.

Este hallazgo refuerza la hipótesis que la metodología de aula invertida e instrucción entre pares contribuyó de manera significativa a la comprensión, la resolución de ejercicios prácticos y la calificación, como lo refieren algunos autores (Falcón et al., 2021; Montero et al., 2021; Ruiz et al., 2021; Fierro et al., 2024; Méndez et al, 2025).

Los resultados demuestran que, en el grupo control, la metodología tradicional beneficia a un sector de los estudiantes y deja a otros rezagados, lo que confirma el predominio de un aprendizaje memorístico en los conceptos fundamentales de Química General, concuerda con lo reportado por Camacho et al., 2025 citado por Delgado & Mendoza (2026), quienes manifiestan que el enfoque expositivo permite alcanzar un aprendizaje superficial, limitando el alcance a los nuevos conocimiento en los nuevos contextos educativos. Por el contrario, el grupo experimental

revela que la combinación del aula invertida y la instrucción de pares mejoró los promedios de los estudiantes, lo que sugiere una mayor comprensión conceptual de la asignatura.

Tabla 3

Datos estadísticos del Grupo Control y Experimental con los resultados pre-test y post-test.

Grupo	Test	M*	DE	S^2	Valor p
Control	Pretest	18.6	3.9	14.9	$4.5*10^{-8}$
	Postest	47.2	8.2	67.5	
Experimental	Pretest	19.7	6.9	48.2	$4.3*10^{-10}$
	Postest	65.2	8.6	74.4	

Notas:

M=Media; DE=Desviación estándar y S^2=Varianza

*Se basa en una escala con valor máximo de 100 puntos

Fuente: Elaboración propia con XLSTAT.

No obstante, las diferencias entre las medias de ambos grupos no evidencian que los resultados sean significativos, ya que desviación estándar (DE) y la varianza (S^2) son similares, lo que muestra una dispersión o variabilidad de datos comparables. A pesar de esta dispersión similar, al realizar los análisis estadísticos con un 95% de nivel de confianza, el grupo control reportó un valor *p* mayor ($p = 4.5*10^{-8}$) en comparación con el grupo experimental ($p = 4.3*10^{-10}$).

Dado que ambos valores son notablemente inferiores al umbral crítico ($p \leq 0.05$), se confirma que los cambios observados no son productos del azar. Sin embargo, al ser la probabilidad crítica del grupo experimental significativamente menor, se demuestra una mayor solidez estadística e impacto positivo a favor de la metodología aula invertida e instrucción entre pares, la combinación de metodologías activas favorece el aprendizajes más profundos y duraderos en comparación con el enfoque expositivo tradicional (Doolittle et al., 2023 citado por Delgado & Mendoza, 2026).

Análisis de Factor de Concentración del grupo control

De acuerdo con Bao y Redish (2001) se pudo evaluar el efecto de la metodología aula invertida e instrucción entre pares con respecto a la metodología tradicional al impartir Química General mediante la aplicación de un pretest y postest. En la tabla 4 se observan que los resultados obtenidos en el grupo control de las preguntas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 10 presenta un cambio de LL en el pretest a la zona MM en el postest representa una evolución positiva en el aprendizaje del grupo control. lo que indica que el nivel alcanzado por los estudiantes es medio.

En otras palabras, van de la zona del azar o de no saber nada, a la zona de aprendizaje con dos modelos uno correctos y otro no, pero aún persisten dificultades en la construcción de los nuevos conceptos. Con respecto a la pregunta 9 que no hubo cambio en el patrón significa que la metodología tradicional no logró movilizar las ideas preconcebidas al realizar la conversión de cantidad de sustancia (gramos →moles→moleculas→átomos).

Tabla 4

Patrón de cambio en las respuestas de los estudiantes con el factor de concentración al grupo control

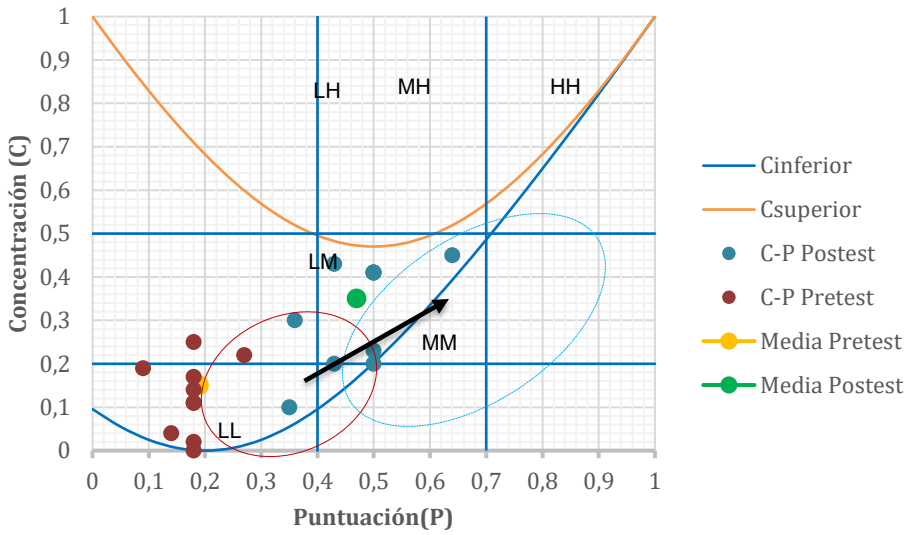
Contenido	Pregunta	Pretest			Postest			Cambio
		Puntuación (P)	Concentración (C)	Patrón	Puntuación (P)	Concentración (C)	Patrón	
Propiedades químicas de la materia	1	0.18	0.00	LL	0.50	0.41	MM	Aumentó moderadamente
Mezclas	2	0.18	0.17	LL	0.50	0.23	MM	Aumentó moderadamente
Modelos Atómico: Schrödinger y Bohr	3	0.18	0.14	LL	0.50	0.41	MM	Aumentó moderadamente
	4	0.18	0.11	LL	0.50	0.41	MM	Aumentó moderadamente
Enlace Covalente	5	0.18	0.11	LL	0.43	0.43	MM	Aumentó moderadamente
Enlace iónico	6	0.27	0.22	LM	0.64	0.45	MM	Aumentó moderadamente
Cantidad de sustancia	7	0.18	0.25	LM	0.43	0.20	ML	Igual en bajo
Disoluciones	8	0.14	0.04	LL	0.36	0.30	MM	Aumentó moderadamente
Ácidos y Bases	9	0.18	0.02	LL	0.50	0.20	ML	Aumentó moderadamente
Reacciones Redox	10	0.09	0.19	LL	0.35	0.10	ML	Aumentó moderadamente

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en la figura 1 se evidencia que las respuestas de pretest y el postets se encuentra aglomerado en las zonas LL y MM, respectivamente. También se observa un leve desplazamiento de los puntos de dispersión del pretest con respecto a los puntos del postest, donde se videncia el patrón de nivel de la media del pretest con el postest, mismo que está representado por el vector característico en el plano indicando un desplazamiento diagonal directo desde LL MM, indicando que la metodología tradicional generó un aprendizaje observable, logrando que los estudiantes comprendieran conceptos básicos. Sin embargo, el avance fue insuficiente para alcanzar la zona HH, lo que demuestra que la metodología tradicional los contenidos estudiados de Química General se queden en la memoria de corto plazo, dificultando el desarrollo del pensamiento crítico y el aprendizaje significativo.

Figura 1

Factor de concentración en función de la puntuación para el grupo control con los resultados del pre-test y post-test



Fuente: Elaboración propia.

Análisis de Factor de Concentración del grupo experimental

A diferencia del grupo de estudio se pudo evidenciar en la tabla 5 que los resultados del patrón de cambio del pretest y postest fueron mejores al ser tratados con la metodología aula invertida e instrucción de pares. Se observa en que las preguntas 1, 5 y 6 son las mejores que evolucionan que va de la zona del azar (LL) a la zona de aprendizaje con un solo modelo cognitivo correcto (HH), lo que indica que el nivel alcanzado por los estudiantes es alto y demuestra efectividad de la metodología aula invertida e instrucción entre pares.

Es decir, los estudiantes comprenden los conceptos de compartición de electrones en los enlaces covalente y la transferencia de electrones en los enlaces iónicos, así como la diferencia entre los tipos de enlace. Eso se debe que al comprender las propiedades químicas de la materia sirvió de base para entender enlace químico, a su vez la comprensión de las reacciones químicas.

Con respecto a las preguntas 2 y 3 se observa en la tabla 5 que pasó de un modelo aleatorio a un modelo dominante correcto y la pregunta 4 de dos posibles modelos incorrectos a un modelo dominante, ambas preguntas quedaron en un nivel medio. Se observa que en la pregunta 3 y 4 los estudiantes comprenden que los electrones poseen niveles energía, pero enfrentan obstáculos epistemológicos para diferenciar los conceptos de orbita y orbital (modelo atómico de Bohr y Schrödinger). En consecuencias, muestran resistencia al cambio conceptual debido a que arrastran el modelo planetario de la educación secundaria, lo que dificulta la asimilación completa del modelo probabilístico. De acuerdo con Intriago et al. (2026) se encuentran con nuevas teorías y modelos que desafían las creencias establecidas, lo que puede crear resistencia a aceptar el cambio dentro de la comprensión científica.

Tabla 5

Patrón de cambio en las respuestas de los estudiantes con el factor de concentración al grupo experimental

Contenido	Pregunta	Pretest			Postest			Cambio
		Puntuación (P)	Concentración (C)	Patrón	Puntuación (P)	Concentración (C)	Patrón	
Propiedades químicas de la materia	1	0.23	0.20	LL	0.77	0.60	HH	Excelente
Mezclas	2	0.23	0.20	LL	0.61	0.30	HM	Aumentó considerablemente
Modelos Atómico:	3	0.23	0.14	LL	0.72	0.50	HM	Aumentó considerablemente
Schrödinger y Bohr	4	0.32	0.22	LM	0.67	0.50	HM	Aumentó considerablemente
Enlace Covalente	5	0.14	0.08	LL	0.78	0.60	HH	Excelente
Enlace iónico	6	0.36	0.20	LL	0.78	0.60	HH	Excelente
Cantidad de sustancia	7	0.18	0.04	LL	0.67	0.50	MM	Aumentó moderadamente
Disoluciones	8	0.14	0.05	LL	0.56	0.40	ML	Aumentó moderadamente
Ácidos y Bases	9	0.14	0.10	LL	0.61	0.40	ML	Aumentó moderadamente
Reacciones Redox	10	0.14	0.04	LL	0.56	0.30	ML	Aumentó moderadamente

Fuente: Elaboración propia.

Mientras la pregunta 2 de mezcla y técnicas de separación pudo superar la aleatoriedad inicial, se pudo evidenciar que los estudiantes comprenden el concepto de mezcla y aplica los nombres de las técnicas de forma memorística sin coordinar una secuencia lógica del procedimiento experimental. Esta limitación afecta las habilidades científicas y procedimentales porque impacta en la capacidad de los estudiantes para abordar problemas científicos de manera metódica y estructurada y reforzar la rigurosidad en la ejecución de los procedimientos (Leiton et al., 2025).

Por otra parte, se observa en la tabla 5 que la pregunta 7 mostró una transición de LL a MM lo que evidencia que la metodología aula invertida e instrucción entre pares logró rescatar a los estudiantes de la zona de adivinación a la coexistencia de modelos mixtos. La aplicación del pretest y el postest, logró identificar que una parte significativa de la muestra desarrolló un sesgo procedimental, logrando calcular el número de moléculas, pero omitiendo la conversión final a átomos. Esto evidencia que los estudiantes aplican factores de conversión de forma mecánica sin alcanzar una diferenciación conceptual entre las entidades microscópicas evaluada. Todo lo dicho

anterior concuerda con las barreras que enfrentan los estudiantes para aprender Química expuestas por Bucheró & Planche (2020 citado por Chonillo, 2025).

En las preguntas 8, 9 y 10 se observó un nivel bajo del grupo de estudio en los contenidos de disoluciones, ácido y base, y reacciones redox, lo cual constituye un indicador crítico de acuerdo modelo de Bao y Redish (2001). Esto evidencia obstáculos epistemológicos propios de la química, derivado de la complejidad de dichos conceptos como lo reporta Intriago et al. (2024). Por otra parte, si los fundamentos sobre las mezclas no se comprendieron durante la aplicación de la metodología aula invertida e instrucción entre pares, los estudiantes desarrollan modelos mentales erróneo; por ejemplo, en la pregunta confunde la masa de soluto con densidad y las unidades de concentración (Raviolo et al., 2024).

Asimismo, en la pregunta 9 se puedo observar que los estudiantes pueden clasificar ácidos y bases, pero presentan dificultades al diferenciar ácidos y bases como fuertes y débiles, debido a las debilidades en los contenidos de propiedades periódica, formulas químicas y el grado de disociación (Furió et al., 2000). Mientras que en la pregunta 10 corresponde a un sesgo lingüístico o dificultades semánticas al relacionar los procesos oxidación y reducción con los conceptos agente oxidante y reductor (Méndez & Velasquez, 2016).

De igual forma en la figura 2 demuestra que las respuestas del pretest se encuentran aglomeradas en la zona aleatoria (LL), mientras que los resultados del postest se trasladan a alta concentración (MH y HH) según el modelo Bao y Redish (2001). Este desplazamiento evidencia que la metodología aula invertida e instrucción entre pares aplicada al grupo de estudio alcanzó niveles superiores de comprensión conceptual; la muestra de estudiantes pasó de no saber nada a un modelo dominante correcto. Este proceso movilizó las ideas preconcebidas y dejando a un lado el aprendizaje memorístico.

Del mismo modo, se observa que el vector de trayectoria se desplaza de forma diagonal, lo que demuestra un aprendizaje significativo de los conceptos impartidos en la asignatura de Química General concuerda con lo reportado por Perdomo & Galo, (2020); Montero (2022); Rodríguez & Arias, (2023). Por otra parte, la metodología combinada aula invertida e instrucción entre pares fomenta el papel activo de los estudiantes, la participación y la motivación (Falcón et al., 2021; Fierro et al., 2024; Irwanto & Vera, 2024).

Comparación del Factor de Concentración en ambos grupos.

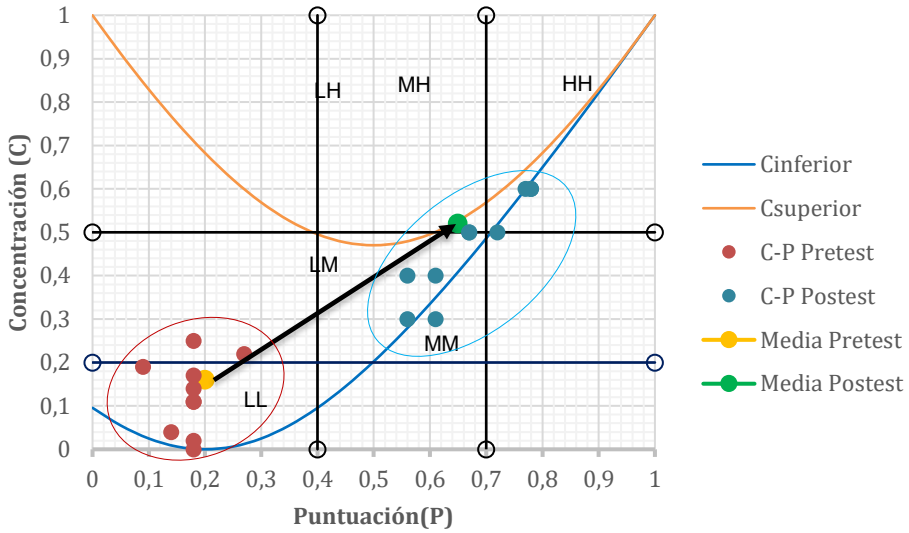
Al comparar los resultados obtenidos de la figura 1 y 2 de los grupos intervenidos revela que la metodología aula invertida e instrucción entre pares fue mas efectiva con respecto a la enseñanza tradicional (Méndez et al., 2025). Se encontró que ambos grupos antes de la intervención de acuerdo con los resultados en el pretest fueron homogéneos, ubicándose en la zona aleatoria (LL), evidenciando que los estudiantes presentan un limitado conocimiento en Química General. Después de la intervención ambos grupos evolucionaron según el modelo de Bao y Redish (2001). Por otra parte, el grupo control migró hacia dos modelos uno correcto y otro

incorrecto (MM), lo que refleja que el método expositivo tradicional no ayudo a movilizar las ideas preconcebidas que los estudiantes poseen de la educación secundaria (Soto, 2022).

Por el contrario, el grupo de estudio alcanzó niveles superiores o modelos correctos (MH y HH) al transformar las ideas preconcebidas en un aprendizaje significativo. De este modo, se superó la memorización pasiva, mejorando construcción de los conceptos y fortaleciendo el desarrollo del pensamiento crítico, evitando así el olvido al corto plazo (Prado et al., 2026).

Figura 2

Factor de concentración en función de la puntuación para el grupo experimental con los resultados pre-test y post-test



Fuente: Elaboración propia.

La comparación de las tablas 4 y 5 permite evidenciar diferencias conceptuales entre las preguntas evaluadas en los diferentes grupos. En la pregunta 7, referente a la conversión de cantidad de sustancia, el grupo estudio demostró una evolución desde el azar (LL) hacia un estado cognitivo organizado (MM), alcanzando así el nivel del grupo control, que inicialmente presentaba un esquema intuitivo previo (LM).

En contraste, las preguntas 8 y 10 de los contenidos de disoluciones y reacciones redox, exhibieron un mismo patrón de estancamiento en ambos grupos, transitando únicamente en la zona aleatoria (LL) a la baja puntuación con baja concentración (LM), debido a la exigencia de competencias matemáticas y lingüísticas en estos contenidos. Este comportamiento revela que, independientemente de la metodología de aprendizaje, estos contenidos representan nudos cognitivos en los estudiantes, sugiriendo la necesidad de reestructurar la metodología aula invertida e instrucción entre pares estos contenidos (Delgado & Mendoza, 2026).

Análisis de la Ganancia de Hake

De manera paralela a los análisis del modelo de Bao y Redish (2001), se determinó la ganancia de Hake (1998) para evaluar el progreso conceptual de los estudiantes tras la intervención pedagógica. Como se observa en la tabla 6, el grupo experimental obtuvo una

ganancia mayor que la del grupo de control, teniendo un nivel de efectividad medio y concuerda con los resultados reportado por Perdomo y Galo (2020), usando aula invertida como estrategia para fomentar el aprendizaje de Mecánica de Fluidos de Física General. Este resultado refleja una mejora conceptual en los estudiantes expuestos a la metodología aula invertida e instrucción entre pares

Tabla 6

Nivel de efectividad de la metodología aula invertida e instrucción entre pares y la metodología tradicional de acuerdo con la Ganancia de Hake.

Grupo	Media Pretest	Media Postest	Ganancia de Hake (g)	Nivel de Efectividad
Control	18.6	47.2	0.35	Media
Experimental	19.7	65.2	0.57	Media

Fuente: Elaboración propia con XLSTAT a partir del pretest y postest.

Asimismo, estos hallazgos están en consonancia con la evolución del aprendizaje descrita por Bao y Redish (2001), caracterizada por la transición desde una zona de bajo rendimiento conceptual hacia un nivel intermedio con un modelo dominante correcto (HM). La convergencia de ambos análisis estadísticos sugiere que la metodología aula invertida e instrucción entre pares posee una efectividad media para lograr el aprendizaje de los conceptos fundamentales de Química General (Montero, 2022; Delgado & Mendoza, 2026). En consecuencia, no se garantiza que se remuevan las preconcepciones, pero se aleja de los rangos de baja efectividad característico de la metodología tradicional (Perdomo & Galo, 2020; Kerlengand et al., 2021).

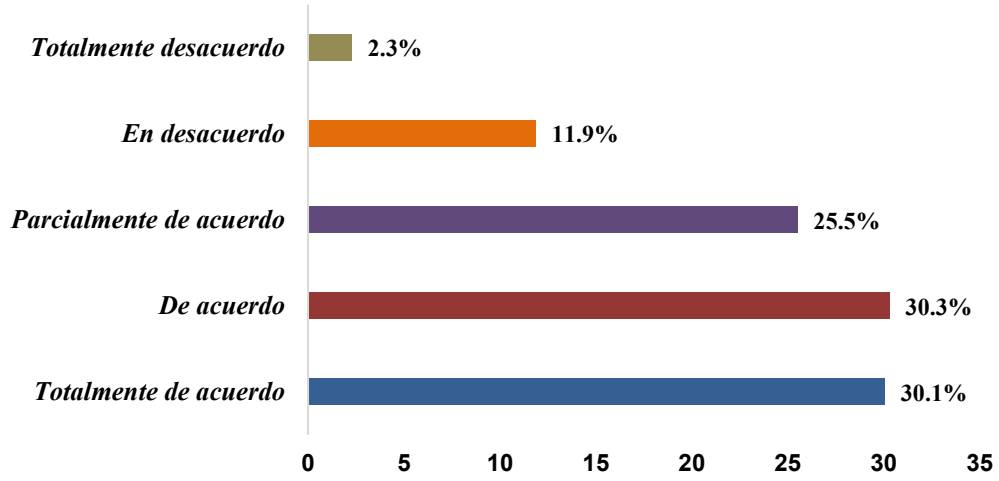
Análisis de la encuesta de satisfacción

Por último, se evaluó en una encuesta la valoración de los participantes del grupo experimental respecto a la implementación de la metodología aula invertida e instrucción entre pares revela una valoración positiva y una aceptación de la propuesta pedagógica según los resultados que observa en la figura 3.

Al agrupar las categorías de afinidad, se observa que el 60.4% de los estudiantes manifiesta una postura favorable hacia la estrategia didáctica, dividida casi equitativamente entre quienes están “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”. Si a estos porcentajes se le añade el 25.5% de los estudiantes que se posicionan “Parcialmente de acuerdo”, se evidencia que un 85.9% de los estudiantes experimentó una recepción receptiva ante la aplicación de la metodología del aula invertida e instrucción entre pares y esto explica los resultados alcanzados en la Ganancia de Hake (0.57%), superando modelo tradicional. Desde una perspectiva pedagógica, esto sugiere que fue percibida por la gran mayoría como un enfoque beneficioso para comprender los fundamentos teóricos de Química General en consonancia con los resultados obtenidos por el factor de Bao y Redish en desplazar los modelos del azar (LL) al dominio correcto (MH).

Figura 3

Encuesta de satisfacción para los estudiantes que participaron en el grupo de estudio



Fuente: Elaboración propia con XLSTAT.

Por el contrario, al agrupar la categoría "En desacuerdo" y "Totalmente en desacuerdo", acumulando un 14.2% de las valoraciones negativas. Este bajo porcentaje de resistencia a la aplicación de la metodología activa suele asociarse a la adaptación que exige pasar de un rol pasivo a rol activo, el cual demanda un mayor compromiso y esfuerzo en el estudio independiente previo, durante y después de las sesiones. Esta minoría coincide con aquellos nudos cognitivos que presentaron en las preguntas 8 y 10 (disoluciones y reacciones redox).

CONCLUSIONES

La metodología combinada aula invertida e instrucción entre pares demuestra la brecha pedagógica y estadística contundente a la enseñanza tradicional en Química General, logrando transformar el desconocimiento inicial en un aprendizaje significativo. Aunque ambos grupos iniciaron con un nivel bajo y homogéneo, el postest demostró una evolución favorable en el rendimiento, lo cual fue estadísticamente más sólido en el grupo experimental (p=4.3*10^{-10}) en comparación con el grupo control (p=4.5*10^{-8}). La Ganancia de Hake muestra que la efectividad media confirma que esta metodología activa rompe la uniformidad inicial y moviliza las ideas preconcebidas. Mientras que en el enfoque expositivo tradicional se evidencia un aprendizaje memorístico, superficial y de corto plazo dentro de la coexistencia erróneas (MM), la metodología combinada impulsa el grupo experimental hacia niveles superiores de comprensión conceptual y dominio correcto (MH y HH), optimizando la resolución de ejercicios prácticos y mejorando el desarrollo del pensamiento crítico.

A pesar de estos avances significativos, el estudio identifica nudos cognitivos transversales y obstáculos epistemológicos persistentes que limitan una asimilación disciplinaria completa. El factor de Concentración revela un estancamiento compartido en la zona LM para contenidos complejos como disoluciones y reacciones redox, condicionado por las altas

competencias matemáticas y lingüísticas. Asimismo, persisten sesgos procedimentales en la estequiometría, el uso memorístico de técnicas de separación y una marcada resistencia conceptual al sustituir el modelo atómico planetario por el modelo probabilístico. Estas barreras demuestran que, si bien la estrategia aleja a los estudiantes de los rangos de baja efectividad tradicional, es imperativo reestructurar y adaptar el diseño didáctico para estos temas crítico.

Finalmente, la validación final a través de la encuesta de satisfacción confirma la alta aceptación de la metodología combinada (85.9%) que favoreció la mejoría conceptual y rendimiento del grupo experimental. Este respaldo afectivo y motivacional explica la capacidad del grupo experimental para asumir un rol activo y migrar hacia modelos dominante correctos. En contraparte, el 14.2% de resistencia registrado se vincula directamente con los estudiantes que enfrentaron mayores dificultades para adaptarse al esfuerzo del estudio individualizado, coincidiendo de forma precisa con aquellos que mantuvieron los nudos cognitivos en los contenidos de mayor complejidad.

REFERENCIAS

Arias, E. (2021). Una propuesta didáctica experimental aplicada a la unidad *Electricidad* en un colegio científico de Costa Rica. *Revista De Enseñanza De La Física, 33*(2), 55–62. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2250-61012021000400006

Bao, L. y Redish, E. F. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. *American Journal of Physics, 69*(S1), S45-S53. https://doi.org/10.1119/1.1371253

Barahona Ibarra, A. E., Navas Martínez, L., Veas Iniesta, A., & Pozo Zapata, R. F. (2024). La competencia curricular y el rendimiento académico de química de estudiantes universitarios y de bachillerato. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(4), 1965-1984. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12437

Barraqué, Facundo, Sampaolesi, Sofía, Briand, Laura Estefania y Vetere, Virginia. (2021). La enseñanza de la química durante el primer año de la universidad: el estudiante como protagonista de un aprendizaje significativo. *Educación Química, 32*(1), 58-73. http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.1.75760

Chonillo-Silema, L. (2025). Estudio comparativo sobre las dificultades en la resolución de problemas estequiométricos en las clases de química entre una institución particular y pública. *En Actas del III Congreso Internacional de Innovación, Ciencia y Tecnología INUDI –UH,* (Cap. 21. pp.1-17)

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

Cisneros López, H. L., Medina, L. L., Rodríguez Vargas, M. de J., & Gamboa Rodríguez, P. G. (2024). Percepción Estudiantil en Química: Un Análisis Multinivel Educativo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(2), 7364-7385. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.11134

Delgado Giler, W. M., & Mendoza Saltos, R. (2026). Efectividad del Método Tradicional Versus las Técnicas Activas en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje. *Ibero Ciencias - Revista Científica Y Académica*, *5*(3), 549-569. https://doi.org/10.63371/ic.v5.n3.a1419

Falcón, D., Sevil, J., Peñarrubia, C., & Abós, A. (2021). Efecto de la combinación metodológica de aula invertida e instrucción entre pares en las calificaciones académicas de estudiantes universitarios de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. *Retos*, *41*, 47–56. https://doi.org/10.47197/retos.v0i41.83984

Farias, N. y Trias, D. (2024). Estrategias de aprendizaje de la Química en estudiantes que ingresan a la universidad. *Educación Química, 35*(3), 102-112. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.3.86366

Fierro, C., Woocay, A., Torres, C., Gamboa, A., Gómez, L., & Barraza, N. (2024). Combinación metodológica del aula invertida y la instrucción entre pares aplicada en la enseñanza de matemáticas a nivel medio superior. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, *5*(5), 1685-1705. https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2714

Furió, C., Calatayud, L., & Bárcenas, S. (2000). Deficiencias epistemológicas en la enseñanza de las reacciones ácido-base y dificultades de aprendizaje. *Tecné, Episteme Y Didaxis: TED*, (7). https://doi.org/10.17227/ted.num7-5652

García Gruezo, M. G., García Gruezo, R. A., Montaño Rodriguez, 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

García Paredes, C; Ruiz Mora, F; Aldás Paredes, L y Gómez, E. (2024) Didáctica de la Química desde la Nueva Visión de la Ciencia. Revista Social Fronteriza 2024, 4(5): e448. https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(5)448

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. (3ra ed). Mc Graw Hill Education.

Intriago Terán, A. B., Zavala Baque, D. L., Morán Lozano, N. S., & Amén Mora, P. G. (2024). Importancia de los aspectos epistemológicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de química. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(4), 6083-6113. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12816

Irwanton, S., & Vera, E. (2024). Flipped Classrooms With Peer Instruction: The Impact on Students' Conceptual Understanding. *TEM Journal*, *13*(2), 1283-1289. https://doi.org/10.18421/TEM132-42U

Kerlengand-Banales, C., Sánchez-Sánchez., R., & Ruíz-Ledezma, E. R. (2021). Momento de torsión con Aprendizaje Activo para estudiantes de edad adulta en el nivel Superior. *Latin-American Journal of Physics Education, 15*(1), 1318-1325. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7918026

Landa Cavazos, M. R., & Ramírez Sánchez, M. Y. (2018). Diseño de un cuestionario de satisfacción de estudiantes para un curso de nivel profesional bajo el modelo de aprendizaje invertido. *Páginas De Educación*, *11*(2), 153–175. https://doi.org/10.22235/pe.v11i2.1632

Leiton Leiton, D. R., Tomalá Ayala, K. E., Rodríguez Reyes, J. D., Alejandro Cruz, M. A., & Alvia Bazán, A. R. (2025). Habilidades sociocientíficas desarrolladas y dificultades procedimentales en el trabajo de laboratorio de los estudiantes de bachillerato. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *9*(2), 7884-7898. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17509

Macale, A., Lacsamana, M., Quimbo, M. A., & Centeno, E. (2021). Enhancing the performance of students in chemistry through flipped classroom with peer instruction teaching strategy. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education, 9*(1), 717–747. https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.1.1598

Méndez Gutiérrez, L., del Carmen Marín, M., & Peña Duarte, P. L. (2025). Aula Invertida e Instrucción Entre Pares: Estrategia Innovadora en la Enseñanza y Aprendizaje de Estequiometría. *Ciencia Y Reflexión*, *4*(3), 618–642. https://doi.org/10.70747/cr.v4i3.451

Méndez, L., & Velásquez, S. (2016). La influencia de las ideas previas como obstáculos epistemológicos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las reacciones redox. *Observador del Conocimiento, 3*(4), 93-99. https://revistaoc.oncti.gob.ve/index.php/ODC/article/download/243/298/520

Montero Cortés, L. J. (2022). Análisis de la ganancia de aprendizaje en la enseñanza de las ecuaciones lineales implementando un entorno personal de aprendizaje. *CITAS, 8*(1), 1-15. https://doi.org/10.15332/24224529.7560

Perdomo García, G., & Galo, A. (2020). Aula invertida como estrategia didáctica para propiciar el aprendizaje conceptual de la Mecánica de Fluidos de Física General en el nivel superior. *Revista De La Escuela De Física*, *8*(1), 44-59. https://doi.org/10.5377/ref.v8i1.10088

Prado Torres, L. del C., Lorena Prado, M., Chamba Calderón, A. del R., Granda Sanmartín, M. A., & Cordova Romero, S. P. (2026). Aula invertida (flipped classroom): transformación del rol del estudiante de receptor pasivo a protagonista del aprendizaje autónomo. *Arandu UTIC*, *13*(2), 2567–2586. https://doi.org/10.69639/arandu.v13i2.2356

Raviolo, A., Ekkert, T. y Carballo, C. (2024). La comprensión de estudiantes de primer año de universidad sobre el concepto de densidad. Análisis de entrevistas. *Educación Química*, *35*(3),113-124. https://doi. org/10.22201/fq.18708404e.2024.3.86553

Ruiz, J., Balsas, J., & García, A. (2021). Using flipped classroom and peer instruction methodologies to improve introductory computer programming courses. *Wiley*, *30*, 133-145. https://doi.org/10.1002/cae.22447

Satilmiş, Y. (2014). Misconceptions about periodicity in secondary chemistry education: The case of Kazakhstan. *International Online Journal of Primary Education, 3*(2), 53–58.

Soto-Mérquez, E. (2022). Ambientes de aprendizaje y el deseo de aprender. *Revista RedCA, 5*(13), 33-51. https://www.redalyc.org/journal/7487/748780990003/

Schell, J., & Mazur, E. (2015). Flipping the chemistry classroom with peer instruction. In *Chemistry education: best practices, opportunities and trends (1st ed.)*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA

Rahmawati, Y., Zulhipri, Hartanto, O., Falani, I., & Iriyadi, D. (2022). Students' conceptual understanding in chemistry learning using PhET interactive simulations. *Journal of Technology and Science Education*, 12(2), 303-326. https://doi.org/10.3926/jotse.1597