

APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTO PARA FORTALECER EL PENSAMIENTO CRÍTICO EN PROBLEMAS DE ESTEQUIOMETRÍA

Project-based learning to strengthen critical thinking in stoichiometry problems

Aprendizagem baseada em projetos para fortalecer o pensamento crítico em problemas de estequiometria

Jhony Cesar Muñoz Zambrano *, <https://orcid.org/0009-0006-2086-6719>

Jesús Orley Reyes Ávila, <https://orcid.org/0009-0003-5613-1624>

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador

*Autor para correspondencia. email jhony.munoz@pg.uleam.edu.ec

Para citar este artículo: Muñoz Zambrano, J. C. y Reyes Ávila, J. O. (2026). Aplicación educativa para la introducción a la asignatura Enfermería Ginecobstétrica. *Maestro y Sociedad*, 23(2), 2104-2113. <https://maestrosociedad.uo.edu.cu>

RESUMEN

Introducción: La enseñanza de la estequiometría en bachillerato enfrenta desafíos por su carácter abstracto y la desconexión con la realidad cotidiana, lo que limita el desarrollo del pensamiento crítico. El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) emerge como estrategia para superar el aprendizaje mecánico. **Materiales y métodos:** Se desarrolló un estudio mixto, descriptivo y correlacional, con diseño no experimental transversal. La muestra incluyó 23 estudiantes de tercero de bachillerato y 4 docentes de Química de la Unidad Educativa Augusto Solórzano Hoyos (Manabí, Ecuador), seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Se aplicaron cuestionario diagnóstico, rúbrica de observación del desempeño crítico, matriz de categorización de estrategias y escala de opinión (fiabilidad Alfa de Cronbach=0,79). El procesamiento utilizó SPSS v.26 y ATLAS.ti 8. **Resultados:** La mayor dificultad conceptual fue la identificación del reactivo limitante (65,2% en pretest, reducida al 34,7% en posttest; Wilcoxon $p=0,005$). Predominó nivel medio en análisis (52,2%) e inferencia (43,5%), mientras que evaluación presentó 52,2% en nivel bajo. La estrategia algorítmica predominó en toma de decisiones (43,5%); solo 17,4% empleó estrategia analítico-sintética. Estudiantes y docentes valoraron positivamente el ABP en motivación (4,6/5) y autonomía (4,8/5). Se propusieron cuatro lineamientos: contextualización sociopráctica, mediación tecnológica (simuladores PhET), fortalecimiento de evaluación e inferencia, y andamiaje cognitivo. **Discusión:** Los hallazgos coinciden con estudios previos que identifican el reactivo limitante como barrera cognitiva principal y señalan que la evaluación es la dimensión menos desarrollada del pensamiento crítico en química. **Conclusiones:** El ABP constituye un escenario idóneo para el pensamiento crítico, pero su éxito depende de mediación docente activa que oriente al estudiante a cuestionar sus cálculos mediante el uso del entorno y la tecnología como herramientas de validación constante.

Palabras clave: aprendizaje basado en proyectos, pensamiento crítico, estequiometría, enseñanza de las ciencias.

ABSTRACT

Introduction: The teaching of stoichiometry in high school faces challenges due to its abstract nature and disconnection from everyday reality, which limits the development of critical thinking. Project-Based Learning (PBL) emerges as a strategy to overcome rote learning. **Materials and methods:** A mixed-methods, descriptive, and correlational study with a non-experimental, cross-sectional design was conducted. The sample included 23 third-year high school students and 4 Chemistry teachers from the Augusto Solórzano Hoyos Educational Unit (Manabí, Ecuador), selected using non-probability convenience sampling. A diagnostic questionnaire, a critical performance observation rubric, a strategy categorization matrix, and an opinion scale were administered (Cronbach's alpha reliability = 0.79). Data processing was performed using SPSS v.26 and ATLAS.ti 8. **Results:** The greatest conceptual difficulty was the identification of the limiting item (65.2% in the pretest, reduced to 34.7% in the posttest; Wilcoxon $p = 0.005$). A medium level

predominated in analysis (52.2%) and inference (43.5%), while evaluation showed a low level in 52.2%. The algorithmic strategy predominated in decision-making (43.5%); only 17.4% employed an analytical-synthetic strategy. Students and teachers positively valued PBL in terms of motivation (4.6/5) and autonomy (4.8/5). Four guidelines were proposed: socio-practical contextualization, technological mediation (PhET simulators), strengthening of evaluation and inference, and cognitive scaffolding. Discussion: The findings coincide with previous studies that identify the limiting item as the main cognitive barrier and indicate that evaluation is the least developed dimension of critical thinking in chemistry. Conclusions: PBL constitutes an ideal scenario for critical thinking, but its success depends on active teacher mediation that guides students to question their calculations through the use of the environment and technology as tools for constant validation.

Keywords: project-based learning, critical thinking, stoichiometry, science education.

RESUMO

Introdução: O ensino de estequiometria no ensino médio enfrenta desafios devido à sua natureza abstrata e à desconexão com a realidade cotidiana, o que limita o desenvolvimento do pensamento crítico. A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) surge como uma estratégia para superar a aprendizagem mecânica. **Materiais e métodos:** Foi realizado um estudo descritivo e correlacional com métodos mistos, com delineamento transversal não experimental. A amostra incluiu 23 alunos do terceiro ano do ensino médio e 4 professores de Química da Unidade Educacional Augusto Solórzano Hoyos (Manabí, Equador), selecionados por amostragem de conveniência não probabilística. Foram aplicados um questionário diagnóstico, uma rubrica de observação crítica de desempenho, uma matriz de categorização de estratégias e uma escala de opinião (alfa de Cronbach = 0,79). O processamento dos dados foi realizado utilizando o SPSS v.26 e o ATLAS.ti 8. **Resultados:** A maior dificuldade conceitual foi a identificação do item limitante (65,2% no pré-teste, reduzindo para 34,7% no pós-teste; Wilcoxon $p = 0,005$). Um nível médio predominou na análise (52,2%) e na inferência (43,5%), enquanto a avaliação apresentou um nível baixo em 52,2%. A estratégia algorítmica predominou na tomada de decisão (43,5%); apenas 17,4% empregaram uma estratégia analítico-sintética. Alunos e professores avaliaram positivamente a ABP em termos de motivação (4,6/5) e autonomia (4,8/5). Quatro diretrizes foram propostas: contextualização socioprática, mediação tecnológica (simuladores PhET), fortalecimento da avaliação e da inferência e andaimes cognitivos. **Discussão:** Os resultados coincidem com estudos anteriores que identificam o item limitante como a principal barreira cognitiva e indicam que a avaliação é a dimensão menos desenvolvida do pensamento crítico em química. **Conclusões:** A ABP constitui um cenário ideal para o pensamento crítico, mas seu sucesso depende da mediação ativa do professor, que orienta os alunos a questionarem seus cálculos por meio do uso do ambiente e da tecnologia como ferramentas para validação constante.

Palavras-chave: aprendizagem baseada em projetos, pensamento crítico, estequiometria, ensino de ciências.

Recibido: 5/2/2026 Aprobado: 28/3/2026

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la química en el nivel bachillerato enfrenta un desafío histórico: la desconexión entre los conceptos abstractos y su aplicabilidad en la vida cotidiana. Específicamente, la estequiometría es percibida por los estudiantes como una serie de algoritmos matemáticos carentes de sentido, lo que deriva en un aprendizaje mecánico y una baja capacidad analítica. Según Miranda González (2024), es imperativo establecer vínculos sólidos entre la teoría química y el entorno estudiantil para que el aprendizaje sea significativo. Esta problemática no solo radica en la complejidad intrínseca de los cálculos de masa y mol, sino en la falta de estrategias que estimulen habilidades de orden superior.

En tal sentido, la presente investigación tiene como objetivo general describir la contribución del Aprendizaje Basado en Proyectos en la manifestación de habilidades de pensamiento crítico durante la resolución de problemas de estequiometría en estudiantes de bachillerato. Como objetivos específicos se propone: relacionar las dificultades conceptuales estequiométricas identificadas en los estudiantes antes y después de la aplicación del ABP; caracterizar las dimensiones del pensamiento crítico en los estudiantes al enfrentarse a un proyecto de química contextualizado; categorizar las estrategias de resolución de problemas que emplean los alumnos ante las exigencias del ABP; explorar la percepción de docentes y estudiantes sobre la utilidad del ABP; y diseñar lineamientos pedagógicos y estrategias didácticas basados en los hallazgos del estudio, orientados a optimizar la implementación del ABP.

En el contexto actual, el pensamiento crítico emerge como una competencia esencial que permite al

estudiante no solo resolver ecuaciones, sino evaluar procesos y tomar decisiones informadas. Sin embargo, los métodos tradicionales de instrucción suelen priorizar la repetición sobre la reflexión. Ante esto, el ABP se presenta como una alternativa pedagógica innovadora. Como señalan Herrera et al. (2024), el ABP bajo un enfoque interdisciplinario permite que el estudiante asuma un rol activo, enfrentando desafíos reales que demandan análisis y evaluación constante. Investigaciones previas, como la de Castro-Valle et al. (2023), confirman que la estrategia de ABP es eficaz para desarrollar el pensamiento crítico en la educación secundaria, proporcionando las herramientas necesarias para que los jóvenes procesen información compleja de manera estructurada y lógica.

La enseñanza ecuatoriana no está ajena a estos problemas, por tanto, la presente investigación se justifica en la necesidad de transformar el aula de química en un laboratorio de pensamiento. Al integrar problemas de estequiometría en proyectos tangibles, se busca que el alumno comprenda la importancia de las proporciones químicas en sectores industriales y ambientales. Por ello, este estudio se propone el siguiente problema científico: ¿Como la implementación de la metodología de ABP contribuye al fortalecimiento de las dimensiones del pensamiento crítico en la resolución de problemas de estequiometría?

La enseñanza de la química en el nivel de bachillerato, específicamente en el área de estequiometría, ha sido históricamente un desafío pedagógico debido a su naturaleza cuantitativa y abstracta, en la que convergen las dificultades conceptuales de la estequiometría, el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y la eficacia del ABP.

Comprensión de Conceptos Estequiométricos

La estequiometría representa el pilar del cálculo químico, integrando conceptos fundamentales como el mol, el reactivo limitante y el rendimiento de las reacciones. Sin embargo, los estudiantes suelen presentar dificultades recurrentes al intentar realizar una transición analítica entre el nivel macroscópico y el simbólico. Miranda González (2024), argumenta que estas barreras surgen principalmente por la falta de vínculos entre la teoría y el entorno del estudiante; cuando los cálculos no tienen un anclaje en la realidad, se convierten en algoritmos vacíos.

Para mitigar esta problemática, Forero Palacio (2023) sugiere el diseño de secuencias didácticas que fortalezcan la competencia de explicación de fenómenos, permitiendo que conceptos como el reactivo limitante no sean vistos como simples números en una ecuación, sino como factores determinantes en procesos industriales y naturales. Asimismo, Trejos Rivera (2021) sostiene que la indagación y las situaciones problema son esenciales para superar la enseñanza tradicional que ignora la lógica detrás de las leyes ponderales.

El Pensamiento Crítico: Dimensiones y Emergencia en Química

El pensamiento crítico no es una habilidad aislada, sino un conjunto de dimensiones que incluyen el análisis, la inferencia y la evaluación. En el contexto de la química, estas habilidades emergen de forma espontánea cuando el estudiante se ve obligado a confrontar datos contradictorios o situaciones experimentales inesperadas. Rodríguez Arias (2018) define al ABP como la base fundamental para el desarrollo de este pensamiento en bachillerato, ya que desplaza el foco de la respuesta "correcta" hacia el proceso de razonamiento.

En este sentido, Villalobos Delgado et al. (2016) y Bermúdez Mendieta (2021), coinciden en que el pensamiento crítico permite al estudiante evaluar la veracidad de un resultado estequiométrico y realizar inferencias sobre el impacto de las variables en una reacción. Landín García et al. (2024), plantean que esta capacidad analítica es lo que permite al alumno dejar de ser un receptor pasivo para convertirse en un evaluador de la información científica.

Aprendizaje Basado en Proyectos como Estrategia Articuladora

El ABP se distancia del aprendizaje memorístico al proponer retos contextualizados. Sánchez Medina (2020) destaca que esta estrategia es ideal para la estequiometría, pues exige la toma de decisiones basada en cálculos cuantitativos reales. Herrera et al. (2024) subrayan que el enfoque interdisciplinario del ABP permite que el estudiante integre conocimientos de matemáticas y ética ambiental al evaluar el rendimiento de una reacción.

Además, la implementación exitosa del ABP suele estar mediada por herramientas tecnológicas. Rojas Sepúlveda (2024) y Meneses Rincon & Topa Ruiz (2025) han demostrado que el uso de simuladores virtuales (como la plataforma PhET) potencia la comprensión, permitiendo que los estudiantes visualicen el comportamiento de las moléculas antes de proceder a la resolución de problemas en el proyecto. Según

Area & Adell (2021) esta mediación digital es clave en la educación contemporánea para facilitar el cambio educativo.

Percepción de Docentes y Estudiantes sobre el ABP

La utilidad percibida del ABP está íntimamente ligada a la autonomía y al razonamiento lógico. Castro-Valle et al. (2023) y Jara Contreras et al. (2025) reportan que los estudiantes perciben una mayor motivación cuando el aprendizaje tiene una utilidad práctica. Por su parte, León Castiblanco (2026) plantean que los docentes valoran el ABP como una herramienta que promueve el protagonismo del estudiante y el desarrollo de habilidades blandas, fundamentales para la formación integral en ciencias.

Finalmente, investigaciones recientes como las de Jara Contreras et al. (2025) y Bermúdez Mendieta (2021), subrayan que el impacto del ABP es global, mejorando la capacidad de los estudiantes para colaborar y reflexionar sobre su propio proceso de conocimiento, habilidades indispensables para su futuro académico y profesional.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Unidad Educativa Augusto Solórzano Hoyos, ubicada en la provincia de Manabí, Ecuador, durante el año lectivo 2025-2026. Se sustenta en un enfoque mixto, al integrar métodos cualitativos y cuantitativos en un mismo diseño (Vizcaíno Zúñiga et al., 2023). De acuerdo con su tipo, es de carácter descriptivo, ya que permite identificar las principales características de las variables y analizar su comportamiento (Guevara Alban et al., 2020) y correlacional, al buscar la relación existente entre las variables de estudio (Roy García et al., 2019).

El diseño es no experimental, puesto que las variables no son manipuladas, sino observadas en su contexto natural, y de corte transversal, dado que la recolección de datos se realiza en un único momento temporal. Finalmente, el estudio es contemporáneo y de campo, ya que se desarrolla en el entorno donde ocurren los hechos y aborda una problemática educativa actual (Hernández Sampieri et al., 2018).

El universo de estudio estuvo constituido por 80 personas (68 estudiantes de bachillerato y los 12 docentes del área de Ciencias Naturales de la institución). La muestra fue de tipo no probabilística por conveniencia, conformada por 27 personas, 23 estudiantes de tercero de bachillerato y 4 docentes del área de Química, seleccionados por su vinculación directa con la impartición de la asignatura y la disponibilidad para participar en el proceso de observación.

En la recolección de información se emplearon métodos empíricos como el análisis documental, que permitió gestionar y depurar la información disponible sobre el tema. Además, se diseñaron cuatro instrumentos específicos para garantizar la triangulación metodológica:

1. Cuestionario Diagnóstico de Habilidades Conceptuales: compuesto por preguntas de opción múltiple para identificar vacíos en el dominio de la estequiometría, aplicado antes y después de la ejecución del proyecto.
2. Rúbrica de Observación del Desempeño Crítico: un instrumento estandarizado para evaluar las dimensiones de interpretación, análisis, inferencia y evaluación durante la resolución de problemas químicos.
3. Matriz de Categorización de Estrategias de Resolución: para la identificación de estrategias en la toma de decisiones en estequiometría.
4. Escala de Opinión sobre Metodologías Activas: dirigida tanto a estudiantes como a docentes para explorar la valoración subjetiva sobre la efectividad del ABP.

Los instrumentos fueron sometidos a juicio de expertos (dos docentes de química con experiencia en metodología), luego se realizó una prueba piloto a 10 participantes y se demostró su fiabilidad con el cálculo del Alfa de Cronbach (0,79). Posterior a su validación, fueron administrados a la muestra definitiva, previo consentimiento informado.

Para el análisis de la información se emplearon métodos teóricos como el analítico-sintético para la revisión de la literatura sobre ABP y pensamiento crítico, y el método inductivo-deductivo para interpretar cómo las generalidades de la estequiometría se manifiestan en el razonamiento particular del estudiante. También se utilizó el método histórico-lógico, para comprender su evolución (López Falcón & Ramos Serpa, 2021).

El estudio se ejecutó en cuatro fases:

Fase I: Diagnóstica. Aplicación del cuestionario para detectar vacíos en estequiometría.

Fase II: Implementación. Ejecución del proyecto de química contextualizado donde los estudiantes resolvieron problemas reales.

Fase III: Recolección y Evaluación. Aplicación de cuestionario, rúbricas y encuestas de percepción tras la finalización del proyecto.

Fase IV: Propositiva. Diseño de los lineamientos pedagógicos basados en las debilidades y fortalezas halladas.

Procesamiento y análisis de la información:

Los datos fueron procesados mediante el software estadístico SPSS (v.26) para el análisis cuantitativo, y ATLAS.ti 8 para el análisis cualitativo. Se aplicaron técnicas de estadística descriptiva, específicamente el cálculo de frecuencias absolutas, porcentajes y medidas de tendencia central (media aritmética) y de estadística inferencia se utilizó la Prueba de los Rangos con Signo de Wilcoxon para comparar el impacto del proyecto sobre las dificultades conceptuales en Estequiometría, para lo cual se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas:

Hipótesis Nula (H0): No existen diferencias estadísticamente significativas entre la prevalencia de dificultades conceptuales en estequiometría antes y después de la aplicación del ABP

Hipótesis Alternativa (H1): Existen diferencias estadísticamente significativas entre la prevalencia de dificultades conceptuales en estequiometría antes y después de la aplicación del ABP, evidenciando una reducción de errores tras la intervención.

La información se organizó en tablas de salida que permitieron la triangulación de resultados entre la observación directa, el desempeño conceptual y la percepción de los actores involucrados y las referencias se consignaron conforme a las normas APA (7.ª edición). Durante el desarrollo de la investigación se empleó la herramienta ChatGPT (modelo GPT-4-turbo de OpenAI, abril de 2025) como apoyo complementario para mejorar la redacción, la gramática y la claridad del texto. Se siguieron las recomendaciones de la Declaración de Heredia (Centro de Investigación y Docencia en Educación, 2024), para el reporte del uso de inteligencia artificial en el proceso de investigación y publicación científica.

RESULTADOS

Inicialmente existen dificultades conceptuales, más crítico en la identificación del reactivo limitante. Esto sugiere que los estudiantes tienden a realizar cálculos mecánicos sin comprender la estequiometría como una relación de proporción limitada.

Tabla 1. Prevalencia comparativa de dificultades conceptuales en Estequiometría (n=23)

Concepto Estequiométrico	Dificultad Identificada	Pre-test (f/%)	Post-test (f/%)	Reducción de dificultad
El Mol	Confusión entre masa molar (g/mol) y masa de la muestra (g).	9/39.1%	4/17.3%	5/21.7%
Reactivo Limitante	Incapacidad para identificar el reactivo que se agota basándose en proporciones.	15/65.2%	8/34.7%	7/30.4%
Rendimiento	Dificultad para diferenciar entre producción teórica y producción real.	13/56.5%	7/30.4%	6/26.1%
Análisis Relacional	Error al balancear ecuaciones antes de iniciar cálculos.	11/47.8%	6/26.1%	5/21.7%

Nota: Elaboración propia a partir de encuestas Wilcoxon: p=0,005

Tras la ejecución del proyecto, se observó una reducción de la dificultad en todos los conceptos, destacando el de Reactivo Limitante, cuya tasa de error disminuyó en un 30.4%. La confusión en el concepto de mol indica que aún persiste una barrera en la transición del nivel microscópico al macroscópico. Los resultados de la prueba de Wilcoxon (Z-2.80, p 0,005) confirman que la implementación del ABP generó un cambio significativo en la estructura cognitiva de los estudiantes en todos los conceptos estequiométricos.

Tabla 2. Niveles de desempeño de las dimensiones del Pensamiento Crítico (n=23)

Dimensión	Bajo (f / %)	Medio (f / %)	Alto (f / %)
Análisis	5 (21.7%)	12 (52.2%)	6 (26.1%)
Inferencia	8 (34.8%)	10 (43.5%)	5 (21.7%)
Evaluación	12 (52.2%)	7 (30.4%)	4 (17.4%)

Nota: Elaboración propia a partir de rúbrica de observación

Predomina un nivel medio en las dimensiones de análisis e inferencia, lo que indica que los estudiantes pueden descomponer el problema químico, pero les cuesta integrar las partes. Sin embargo, la dimensión de evaluación es la más débil, con un 52.2% en nivel bajo. Esto evidencia que los alumnos aceptan los resultados de sus cálculos sin cuestionar su lógica o veracidad frente al contexto real del proyecto, una característica propia de un pensamiento crítico en etapas iniciales de desarrollo.

Tabla 3. Estrategias empleadas por los estudiantes en la toma de decisiones (n=23)

Categoría de Estrategia	Descripción	Frecuencia (f)	Porcentaje (%)
Algorítmica	Uso estricto de fórmulas sin interpretación contextual.	10	43.5%
Heurística	Ensayo y error basado en conocimientos previos.	6	26.1%
Analítico-Sintética	Desglose del problema y verificación de resultados.	4	17.4%
Tecnológica/Virtual	Apoyo en simuladores (PhET) para validar decisiones.	3	13.0%

Nota: Elaboración propia a partir de encuestas

La estrategia predominante sigue siendo la Algorítmica (43.5%), lo que confirma que, ante la presión de tomar decisiones cuantitativas, el estudiante se refugia en la repetición de procedimientos matemáticos. Solo un 17.4% emplea una estrategia Analítico-Sintética, que es el objetivo del ABP. La baja adopción de estrategias tecnológicas (13.0%) sugiere que el uso de simuladores se percibe aún como una actividad aislada y no como una herramienta de validación crítica para la toma de decisiones.

Tabla 4. Percepción de utilidad del ABP y Autonomía (Promedios).

Criterio de Utilidad	Media Estudiantes ($\bar{x}$ n=23)	Media Docentes ($\bar{x}$ n=4)	Valoración General
Promoción del razonamiento lógico	4.1	4.5	Alta
Fomento de la autonomía	3.8	4.8	Muy Alta
Motivación por el aprendizaje	4.6	4.2	Muy Alta
Claridad conceptual en estequiometría	3.5	4.0	Media-Alta

Nota: Elaboración propia a partir de encuestas

Existe una coincidencia entre ambos grupos sobre el alto impacto del ABP en la motivación (4.6 estudiantes) y la autonomía (4.8 docentes). No obstante, se observa una brecha en la percepción de la claridad conceptual, donde los estudiantes otorgan una media de 3.5, la más baja de la tabla. Esto indica que, aunque el ABP es motivador y fomenta la independencia, el desafío cognitivo de la estequiometría sigue generando inseguridad técnica en el alumnado, requiriendo un acompañamiento docente más estructurado durante el proyecto.

A partir de estos resultados se propone un conjunto de lineamientos y estrategias para mejorar la implementación del ABP para fortalecer el pensamiento crítico en problemas de estequiometría.

Propuesta de Mejora Institucional

Lineamiento 1: Contextualización Sociopráctica y Realista

Objetivo: Superar la desconexión entre la teoría y el entorno manabita.

-Estrategia de "Estequiometría de Kilómetro Cero": Sustituir los ejercicios de libros de texto por problemas basados en la producción local (ej. cálculo de insumos para la elaboración de chifles, jabones artesanales o fertilizantes para el agro local).

-Estrategia de Insumos Impuros: Incluir en los proyectos el factor de pureza de reactivos y humedad, obligando al estudiante a ajustar sus cálculos a condiciones no ideales, lo que fomenta el pensamiento crítico frente a la realidad técnica.

Lineamiento 2: Mediación Tecnológica para la Visualización Abstracta

Objetivo: Facilitar la transición del nivel simbólico al nivel macroscópico.

-Estrategia "Simulación-Validación": Implementar el uso obligatorio de simuladores PhET (Reactivos, productos y excedentes) como fase previa a la resolución del proyecto. El estudiante debe "ver" el agotamiento de las moléculas antes de realizar la operación matemática.

-Estrategia de Gamificación con Genially: Diseñar "Breakouts" digitales donde el avance en el proyecto dependa de la correcta interpretación de una relación molar, proporcionando retroalimentación inmediata.

Lineamiento 3: Fortalecimiento de la Evaluación y la Inferencia

Objetivo: Elevar el nivel de las dimensiones más bajas del pensamiento crítico detectadas en la rúbrica.

-Estrategia de "Juicio de Resultados": Al finalizar el proyecto, los grupos no solo presentan su resultado, sino que deben defender la lógica del mismo ante un panel. Deben explicar qué pasaría si se cambia una variable (Inferencia) y por qué su resultado es confiable (Evaluación).

-Estrategia de Co-evaluación Crítica: Los equipos intercambian sus informes finales para identificar posibles "puntos de fuga" o errores en los cálculos de los compañeros, promoviendo el juicio crítico por pares.

Lineamiento 4: Andamiaje Cognitivo y Metacognición

Objetivo: Reducir la dependencia del pensamiento algorítmico y memorístico.

-Estrategia de "Rutinas de Pensamiento": Aplicar la rutina "Veo, Pienso, Me Pregunto" al inicio del proyecto y "Antes pensaba, ahora pienso" al finalizar. Esto obliga al estudiante a ser consciente de su propio cambio de paradigma sobre la estequiometría.

-Estrategia de Diagramas de Flujo Decisional: Antes de usar fórmulas, el estudiante debe graficar la ruta lógica de resolución (ej. ¿Qué dato tengo? ¿A qué unidad debo ir? ¿Qué factor de conversión necesito?).

Estos lineamientos deben aplicarse de forma gradual, para lo cual se estableció un periodo de 12 semanas que organiza las acciones pedagógicas de manera secuencial, para que el fortalecimiento del pensamiento crítico ocurra de forma gradual, dividido en cinco fases: planificación y diseño; inmersión y visualización; ejecución y resolución; evaluación crítica; cierre y metacognición. Se recomienda comenzar con un "Proyecto Piloto" de dos semanas para ajustar la carga de trabajo de los estudiantes.

DISCUSIÓN

Los resultados reflejan que la identificación del reactivo limitante es la principal barrera cognitiva. Este hallazgo coincide con Forero Palacio (2023) quien refiere que, en su investigación la mayoría de los estudiantes presentaron dificultades sobre conceptos de mol y masa molar necesarias para hallar relaciones estequiométricas en procesos químicos, así como para el balanceo de ecuaciones de acuerdo a la ley de la conservación de la masa. El diseño e implementación de la secuencia didáctica sobre cálculos estequiométricos, aportó significativamente a la competencia sobre explicación de fenómenos, los estudiantes interpretaron conceptos como: balanceo de ecuaciones, cálculos químicos, reactivo límite, porcentaje de rendimiento y pureza.

Coinciden parcialmente con lo expuesto por Romero Marín (2022), quien plantea que al aplicar la prueba diagnóstica y posteriormente realizar su análisis se encontró que los estudiantes no manejan claramente los conceptos de mol, peso molecular, peso atómico y la estructura de una ecuación química. La construcción de diferentes estrategias proporcionó a los estudiantes una mejor comprensión de los conceptos sobre la estequiometría.

En lo referente a los niveles de desempeño de las dimensiones del pensamiento crítico, se observa que la dimensión de Evaluación es la menos desarrollada. Este coincide con Landin Garcia et al. (2024), quienes explican que, aunque el ABP mejora las habilidades de pensamiento crítico, la capacidad de evaluar y juzgar la veracidad de un resultado científico requiere una maduración cognitiva que no siempre se alcanza en un solo ciclo escolar. Los estudiantes suelen ser capaces de "analizar" (desglosar el problema), pero fallan al "evaluar" si su respuesta tiene lógica química.

En contraste, el nivel medio alcanzado en Análisis se alinea con los hallazgos de Castro-Valle et al. (2023), quienes determinaron que el ABP influye positivamente en el desarrollo del pensamiento crítico en todas sus dimensiones. Es particularmente eficaz para que los estudiantes de secundaria identifiquen variables y organicen información, aunque la toma de decisiones basada en esa información (Evaluación) siga siendo el peldaño más difícil de escalar.

En cuanto a las estrategias empleadas por los estudiantes en la toma de decisiones se muestra un predominio de la estrategia algorítmica, coincidiendo con Sánchez Medina (2020), quien explica que esta dependencia de las fórmulas es un mecanismo de defensa del estudiante ante la inseguridad conceptual. El autor afirma que, incluso bajo la metodología ABP, el alumno tiende a retornar a lo que conoce (la repetición de procesos matemáticos) si no se siente cómodo con la interpretación química del problema.

No obstante, el uso de estrategias tecnológicas, aunque bajo, es un indicador positivo de innovación. Rojas

Sepúlveda (2024), destaca en su investigación que la integración de simuladores como PhET dentro del ABP ayuda a romper la rigidez algorítmica, permitiendo que el estudiante "visualice" la reacción antes de calcularla. La baja frecuencia en este estudio podría indicar la necesidad de un mayor andamiaje docente en el uso de herramientas digitales como apoyo crítico y no solo como ilustración.

En relación a la percepción de utilidad del ABP y autonomía, los resultados evidencian una alta valoración de la autonomía y la motivación. Estos hallazgos son consistentes con Jara Contreras et al. (2025), quienes sostienen que el impacto del ABP en el desarrollo del pensamiento crítico en la educación básica y media se percibe más en la actitud del estudiante hacia la ciencia que en la memorización de contenidos. Los docentes ven en el ABP un motor de cambio que "activa" al estudiante.

Sin embargo, la media de 3.5 en claridad conceptual reportada por los estudiantes sugiere una "paradoja del ABP": el método es motivador, pero cognitivamente exigente, lo cual coincide con Añapa Tapuyo et al. (2025) quienes mencionan que las tecnologías emergentes y el aprendizaje personalizado son necesarios para cerrar esta brecha, asegurando que el entusiasmo por el proyecto no eclipse la rigurosidad necesaria para comprender cálculos de estequiometría de interés industrial.

Finalmente, la mejora del pensamiento crítico requiere una intervención estructurada basada en cuatro ejes: la contextualización industrial local (Manabí), la visualización molecular mediante tecnología, la defensa argumentativa de resultados y el uso de rutinas metacognitivas. Estos lineamientos actúan como el puente necesario para que el ABP deje de ser una actividad motivadora y se convierta en un motor real de transformación cognitiva.

CONCLUSIONES

Las mayores dificultades conceptuales están dadas por la persistencia de una ejecución mecánica y algorítmica de la estequiometría, especialmente en "reactivo limitante". Sin embargo, el ABP facilitó la conexión entre la teoría abstracta y la práctica real, reduciendo las dificultades generales.

La caracterización de las dimensiones del pensamiento crítico reveló que el ABP potencia la capacidad de análisis y organización de datos, pero es insuficiente para desarrollar la evaluación y la inferencia. Los alumnos procesan información, pero no cuestionan la lógica de sus resultados.

En las estrategias de resolución persiste un enfoque algorítmico. Ante situaciones complejas, los estudiantes prefieren refugiarse en fórmulas memorísticas antes que emplear el razonamiento lógico o herramientas tecnológicas como simuladores.

Existe una percepción positiva de que el ABP es una herramienta excelente para la motivación y la autonomía. Sin embargo, los estudiantes sienten que la "claridad conceptual" es menor, lo que indica que el método es divertido, pero cognitivamente muy exigente.

La mejora del pensamiento crítico requiere una intervención estructurada basada en un conjunto de lineamientos que actúan como el puente necesario para que el ABP deje de ser una actividad motivadora y se convierta en un motor real de transformación cognitiva.

Las principales limitaciones están dadas por la naturaleza descriptiva del estudio que solo caracteriza la situación actual sin probar una relación de causalidad a largo plazo entre el ABP y el rendimiento. Existe la posibilidad de deseabilidad social en las encuestas, especialmente en los docentes, lo que podría alterar la objetividad de los datos. Los hallazgos se limitan a 32 estudiantes de una institución específica en Manabí, por lo que no son generalizables a todo el Ecuador. El carácter transversal del estudio ofrece solo una "fotografía" momentánea, sin considerar que el pensamiento crítico es una habilidad evolutiva.

Se recomienda fomentar la metacognición con la realización de debates tras los cálculos para que el alumno explique "por qué" llegó a ese resultado y no solo entregue el número. Usar problemas reales de industrias locales para que el rendimiento químico se entienda como una pérdida de recursos real y no como un simple porcentaje. Uso de simuladores que integren plataformas como PhET de forma obligatoria para visualizar la reacción antes de intentar resolverla matemáticamente. Capacitar a los docentes en el uso de rúbricas que califiquen el razonamiento y no solo la respuesta correcta.

REFERENCIAS

Añapa Tapuyo, W. J., Pucuna Sapa, L. R., Villalva Heredia, C. I., & Silva Adriano, L. E. (2025). Tecnologías Emergentes en Educación: Aprendizaje Personalizado. *Revista Scientific*, 10(35), 297-320. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2025.10.35.14.297-320>

Area, M., & Adell, J. (2021). Tecnologías Digitales y Cambio Educativo. Una Aproximación Crítica. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 19(4), 83-96. <https://doi.org/10.15366/reice2021.19.4.005>

Bermúdez Mendieta, J. (2021). El aprendizaje basado en problemas para mejorar el pensamiento crítico: revisión sistemática. *INNOVA Research Journal*, 6(2), 77-89. <https://doi.org/10.33890/innova.v6.n2.2021.1681>

Castro-Valle, L. A., Terrones-Marrero, M. A., Duran-Llano, K. L., & Oscar-Santiago, G. M. (2023). Estrategia aprendizaje basado en proyectos para desarrollar el pensamiento crítico en estudiantes de secundaria. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, 8(2), 149-162. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i2.2868>

Centro de Investigación y Docencia en Educación. (2024). Declaración de Heredia: Principios sobre el uso de inteligencia artificial en la edición científica. *Revista Electrónica Educare*, 28, 1-10. <https://doi.org/10.15359/ree.28-S.19967>

Forero Palacio, N. (2023). Secuencia didáctica sobre Estequiometría para fortalecer la competencia de explicación de fenómenos.

Guevara Alban, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., & Castro Molina, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Revista Recimundo*, 4(3), 163-173. <https://doi.org/10.26820/recimundo>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

Herrera, M. Á., Pesantez Reyes, M. U., & Zapata Marín, R. D. (2024). Pensamiento crítico y aprendizaje basado en proyectos: Un enfoque interdisciplinario. *Revista Científica Multidisciplinar Ciencia y Descubrimiento*, 2(1). <https://doi.org/10.63816/dgepb583>

Jara Contreras, J. E., Espinoza Romero, L. M., León Noles, F. A., & Tambaco Alencastro, E. P. (2025). El impacto del aprendizaje basado en proyectos (ABP) en el desarrollo del pensamiento crítico en educación básica. *South Florida Journal of Development*, 6(7), 1-17. <https://doi.org/10.46932/sfjdv6n7-061>

Landin García, M. E., Lima Balcázar, P. A., & Mena Gallardo, A. A. (2024). Aprendizaje Basado en Problemas en el Desarrollo de Habilidades de Pensamiento Crítico de los Estudiantes del Séptimo Ciclo de la Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 5856-5879. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10991

León Castiblanco, D. I. (2026). Innovación pedagógica en la enseñanza de la química aplicada a la industria: estrategias metodológicas mediadas por entornos virtuales para la estequiometría y el balance de materia en el SENA.

López Falcón, A. L., & Ramos Serpa, G. (2021). Acerca de los métodos teóricos y empíricos de investigación: significación para la investigación educativa. *Revista Conrado*, 17(S3), 22-31. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/2133/2079>

Meneses Rincon, F. L., & Topa Ruiz, D. I. (2025). Fortalecimiento de la competencia uso comprensivo del conocimiento científico a partir de una secuencia didáctica de estequiometría basada en la estrategia: Aprendizaje basado en problemas, y el uso del simulador PhET en estudiantes de grado décimo. <https://hdl.handle.net/11227/19609>

Miranda González, J. A. (2024). Enseñanza de la Estequiometría: vínculos entre teoría y entorno estudiantil. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 848-862. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12324

Rodríguez Arias, S. (2018). El aprendizaje basado en problemas como base para el desarrollo del pensamiento crítico en Química de 2º de Bachillerato [Tesis de maestría].

Rojas Sepúlveda, C. C. (2024). Estrategia Didáctica para Fortalecer el Aprendizaje de la Estequiometría mediante el uso de Simulaciones Virtuales en la Plataforma PhET a través del Aprendizaje Basado en Problemas de los Estudiantes de Grado Décimo de la Institución Educativa San Agustín. <http://repositorio.unicartagena.edu.co>

Romero Marín, D. (2022). Estrategias didácticas que contribuyan a la enseñanza de la química para mejorar la comprensión y desarrollo de cálculos en ecuaciones químicas y determinar las proporciones entre los reactivos y productos en los procesos químicos de interés industrial.

Roy-García, I., Rivas-Ruiz, R., Pérez-Rodríguez, M., & Palacios-Cruz, L. (2019). Correlación: No toda correlación implica causalidad. *Revista Alergia México*, 66(3), 354-360. <https://doi.org/10.29262/ram.v66i3.651>

Sánchez Medina, I. A. (2020). Aprendizaje basado en problemas (ABP) como estrategia para el aprendizaje de la estequiometría.

Trejos Rivera, J. A. (2021). Enseñanza de la estequiometría a través de UEPS basadas en la indagación y situaciones problema.

Villalobos Delgado, V., Ávila Palet, J. E., & Olivares O, S. L. (2016). Aprendizaje Basado en Problemas en Química y el Pensamiento Crítico en Secundaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa (RMIE)*, 21(69), 557-581.

Vizcaíno Zúñiga, P. I., Cedeño Cedeño, R. J., & Maldonado Palacios, I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Declaración de responsabilidad de autoría

Los autores del manuscrito señalado, DECLARAMOS que hemos contribuido directamente a su contenido intelectual, así como a la génesis y análisis de sus datos; por lo cual, estamos en condiciones de hacernos públicamente responsable de él y aceptamos que sus nombres figuren en la lista de autores en el orden indicado. Además, hemos cumplido los requisitos éticos de la publicación mencionada, habiendo consultado la Declaración de Ética y mala praxis en la publicación.

Jhony Cesar Muñoz Zambrano y Jesús Orley Reyes Ávila: Proceso de revisión de literatura y redacción del artículo.