Revista Multidisciplinaria Perspectivas Investigativas
Multidisciplinary Journal Investigative Perspectives
Vol. 6(2), 20-29, 2026
https://doi.org/10.62574/rmpi.v6i2.517

Didáctica experimental en indagación para la enseñanza de estequiometría y rendimiento académico en bachillerato ecuatoriano

Experimental inquiry-based teaching for the instruction of stoichiometry and academic achievement in Ecuadorian upper secondary schools

Adriana Eugenia Barahona-Ibarra
abarahonai@uce.edu.ec
Universidad Central del Ecuador, Quito, Pichincha, Ecuador
https://orcid.org/0000-0003-2196-1954

Yadira Elizabeth Quisaguano-Caiza
yequisaguano@uce.edu.ec
Universidad Central del Ecuador, Quito, Pichincha, Ecuador
https://orcid.org/0000-0001-9232-9222

María Narcisa Sanipatin-Venegas
mnsanipatin@uce.edu.ec
Universidad Central del Ecuador, Quito, Pichincha, Ecuador
https://orcid.org/0009-0007-9653-1453

Rossana Paola Benavides-Velasco
rossana.benavides@educacion.gob.ec
Unidad Educativa Mejía, Quito, Pichincha, Ecuador
https://orcid.org/0000-0002-5055-7857

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo de investigación diseñar estrategias para la didáctica experimental en indagación para la enseñanza de estequiometría y rendimiento académico en bachillerato ecuatoriano. Mediante un diseño documental descriptivo apoyado en la modalidad de proyecto factible, se analizaron quince fuentes académicas sobre didáctica de la indagación aplicada a la enseñanza de la química. Los resultados evidencian que la indagación mejora la comprensión conceptual de la estequiometría cuando se estructura en fases, se articula con modelos submicroscópicos y se acompaña de un andamiaje docente progresivo, aunque persisten vacíos en la formación del profesorado. A partir de ello se formula una propuesta de cuatro componentes: ciclo de indagación estructurado, modelos a nivel de partículas, andamiaje progresivo y evaluación integrada de dos niveles, viable con recursos de laboratorio básicos disponibles en la educación secundaria ecuatoriana.
Descriptores: enseñanza de la química; método experimental; rendimiento académico. (Fuente: Tesauro UNESCO).

ABSTRACT

The research objective of this article is to design strategies for inquiry-based experimental teaching in the teaching of stoichiometry and academic achievement in Ecuadorian upper secondary schools. Using a descriptive documentary design based on the 'feasible project' approach, fifteen academic sources on inquiry-based teaching applied to the teaching of chemistry were analysed. The results show that inquiry-based learning improves conceptual understanding of stoichiometry when it is structured in phases, integrated with submicroscopic models and supported by progressive teaching scaffolding, although gaps in teacher training remain. On this basis, a four-component proposal is formulated a structured inquiry cycle, particle-level models, progressive scaffolding and a two-tiered integrated assessment which is feasible using basic laboratory resources available in Ecuadorian secondary education.
Descriptors: chemistry teaching; experimental method; academic achievement. (Source: UNESCO Thesaurus).

Recibido: 06/02/2026. Revisado: 17/02/2026. Aprobado: 18/03/2026. Publicado: 01/04/2026.
Sección artículos de investigación

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la estequiometría es uno de los contenidos donde más a menudo se concentran las dificultades de los estudiantes dentro del currículo de Química de la escuela secundaria, ya que combina el razonamiento matemático, la comprensión conceptual de la reacción química y la capacidad de representar esa reacción en diferentes niveles de abstracción. No es casualidad que la estequiometría se haya convertido, en la literatura especializada en didáctica de las ciencias, en un contenido paradigmático para probar diferentes estrategias de enseñanza experimental: Talanquer (2011) sistematizó que la comprensión química experta requiere una articulación fluida entre tres niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico), articulación que es precisamente donde se concentra buena parte de los problemas de los estudiantes en estequiometría.

Ahora bien, la didáctica de la indagación (es decir, la pedagogía que coloca al estudiante en el papel de investigador enfrentando preguntas y fenómenos científicos) ha sido propuesta repetidamente como una alternativa a la enseñanza expositiva y algorítmica tradicionalmente dominante en la resolución de problemas estequiométricos. De ese modo, Minner et al. (2010) sistematizaron este resultado a través de una síntesis de investigación durante casi dos décadas de estudios: la instrucción científica basada en la indagación produce efectos positivos y consistentes en la comprensión conceptual de los estudiantes en comparación con la instrucción exclusivamente expositiva; por consiguiente, Furtak et al. (2012) confirmaron este resultado a través de un metaanálisis de estudios experimentales y cuasiexperimentales, de modo que los efectos de magnitud moderada favorecen la enseñanza científica basada en la indagación en comparación con los métodos convencionales.

Dado que la indagación no es uniforme ni automática, es necesario precisar bajo qué condiciones esta estrategia funciona mejor; ante lo cual, Lazonder y Harmsen (2016) mostraron en un metaanálisis sobre la cantidad de orientación del profesor durante la indagación que la indagación guiada supera sistemáticamente tanto a la indagación completamente abierta como a la instrucción tradicional (especialmente cuando los estudiantes no tienen experiencia con procesos investigativos). En este orden, surge la pregunta de si el asunto no es tanto indagar, sino cuánta orientación estructurada se necesita para que la indagación funcione.

Sin embargo, aplicar la indagación a la química como campo específico presenta características que la literatura general sobre enseñanza de ciencias no aborda con suficiente detalle; en este contexto, Jegstad (2024) sistematizó, a través de una revisión sistemática centrada solo en educación en química basada en la indagación, que este campo exhibe una considerable heterogeneidad conceptual sobre lo que se entiende por indagación en el laboratorio de química, lo que dificulta comparar estudios directamente. Por tanto, Strippel y Sommer (2015) mostraron que incluso entre los profesores formados específicamente en ciencias todavía existen diferentes concepciones de lo que es la indagación científica aplicada al trabajo de laboratorio, lo que condiciona directamente la forma en que dicha indagación puede traducirse en la práctica del aula.

Asimismo, debe tenerse en cuenta la dimensión representacional específica de la estequiometría como contenido químico; por eso Chandrasegaran et al. (2007) desarrollaron un instrumento de diagnóstico de dos niveles capaz de distinguir entre la capacidad de los estudiantes para describir una reacción química y su capacidad para explicarla utilizando múltiples niveles de representación, mostrando que ambas habilidades no progresan juntas. En igual forma, Jaber y BouJaoude (2012) demostraron que la enseñanza que articula deliberadamente los niveles macroscópico, microscópico y simbólico conduce a una comprensión relacional de las reacciones químicas superior a la lograda con enfoques que favorecen un único nivel de representación.

Dicho de otro modo, este trabajo no pretende cerrar el debate epistemológico sobre qué es la investigación científica, sino más bien proporcionar un puente operativo entre la evidencia

internacional y las condiciones curriculares de la educación secundaria ecuatoriana, donde la enseñanza de la estequiometría todavía depende en gran medida de la resolución algorítmica de problemas sin anclaje experimental. Desde este punto de vista, la relevancia del estudio radica en que la estrategia didáctica elegida afecta directamente la calidad del aprendizaje conceptual logrado (Kimberlin y Yezierski, 2016), ya que las lecciones de indagación apoyadas por modelos a nivel de partículas mejoran la comprensión conceptual de la estequiometría mejor que la instrucción algorítmica tradicional.

En función de lo planteado, el presente artículo tiene como objetivo diseñar estrategias para la didáctica experimental en indagación para la enseñanza de estequiometría y rendimiento académico en bachillerato ecuatoriano.

METODO

De acuerdo con el objetivo mencionado, el presente estudio se diseña de manera descriptiva documental y se respalda en la modalidad de proyecto factible. En el componente descriptivo documental se llevó a cabo la sistematización, descripción y comparación de la evidencia científica publicada sobre didáctica de la indagación aplicada a la enseñanza de la química (específicamente estequiometría), mientras que en el componente de proyecto factible se construyó una propuesta didáctica experimental para aulas de secundaria en Ecuador.

Con este fin, se revisaron fuentes académicas indexadas en bases de datos relacionadas con la didáctica de las ciencias y la educación química (revisiones sistemáticas, metaanálisis y estudios de intervención que enseñan estequiometría a través de la indagación). Así, se incluyeron quince fuentes porque resultaban temáticamente relevantes, declaraban rigor metodológico y correspondían al nivel educativo bajo estudio.

Como técnica de análisis se utilizó el método de análisis documental. De cada fuente se extrajo lo siguiente: modelo de investigación teórica utilizado, nivel de orientación del docente empleado, población y contexto educativo estudiados, y principales resultados reportados sobre comprensión conceptual o rendimiento académico. Esta información se organizó luego en matrices comparativas para identificar patrones comunes entre los diferentes estudios revisados.

Por otro lado, la fase de proyecto factible se desarrolló en tres etapas articuladas: primero, el diagnóstico de las condiciones didácticas que la evidencia señala como determinantes de la efectividad de la indagación en química; segundo, el diseño de la propuesta de estrategias experimentales basadas en dicha evidencia, y tercero, la definición de criterios de viabilidad (materiales de laboratorio usualmente disponibles en las instituciones de educación secundaria ecuatorianas).

RESULTADOS

Del análisis documental realizado se identificaron tres categorías principales de resultados: aquellos relacionados con los modelos teóricos de investigación científica, aquellos relacionados con su aplicación específica a la enseñanza de la estequiometría y aquellos relacionados con las condiciones de orientación docente que maximizan su efectividad. La Tabla 1 sistematiza los estudios revisados con mayor peso empírico para el diseño de la propuesta.

Tabla 1. *Estudios revisados bajo analítica documental.*

Autor(es) y año	Tipo de estudio	Contexto	Aporte principal
Furtak et al. (2012)	Metaanálisis	Internacional	La enseñanza científica basada en indagación produce efectos de magnitud moderada sobre el aprendizaje frente a la instrucción convencional.
Kimberlin y Yezierski (2016)	Estudio cuasiexperimental	Estados Unidos	Las lecciones de indagación con modelos a nivel de partículas fortalecen la comprensión conceptual de la estequiometría.
Lazonder y Harmsen (2016)	Metaanálisis	Internacional	La indagación guiada supera de manera sistemática a la indagación abierta y a la instrucción tradicional.
Minner et al. (2010)	Síntesis de investigación	Estados Unidos	La instrucción científica basada en indagación mejora la comprensión conceptual del estudiantado.
Panggabean et al. (2023)	Estudio de desarrollo	Indonesia	Los materiales STEM basados en indagación mejoran las habilidades de pensamiento en estequiometría.
Pedaste et al. (2015)	Revisión sistemática	Internacional	Propone un ciclo de indagación de cinco fases: orientación, conceptualización, investigación, conclusión y discusión.
Pratiwi et al. (2021)	Estudio de desarrollo	Indonesia	El material didáctico de estequiometría basado en indagación fortalece la comprensión conceptual, las habilidades de proceso científico y las actitudes.
Strat et al. (2024)	Revisión sistemática	Internacional	La formación docente en enseñanza de ciencias basada en indagación presenta vacíos de implementación significativos.
Strippel y Sommer (2015)	Estudio cualitativo	Alemania	Persisten concepciones dispares entre docentes sobre la naturaleza de la indagación científica aplicada al laboratorio.
Sudchanham y Cojorn (2025)	Estudio de intervención	Tailandia	El modelo 5E combinado con la estrategia FOPS mejora las habilidades de resolución de problemas de estequiometría.

Fuente: Propia (2026).

Como se puede ver en la Tabla 1, la evidencia muestra que la investigación científica tiene efectos positivos en el aprendizaje de la química en general, pero estos efectos se maximizan cuando la investigación se organiza a través de un ciclo de fases (y no en una secuencia aleatoria) y cuando se aplica a contenido específico, como la estequiometría. En este orden, Pedaste et al. (2015) sistematizaron, con base en una revisión sistemática de la literatura, un modelo teórico del ciclo de investigación en cinco fases articuladas: orientación (planteamiento del problema o fenómeno a investigar), conceptualización (formulación de preguntas o hipótesis), investigación (recolección de datos mediante experimentación), conclusión (comparación de datos con las hipótesis iniciales) y discusión (comunicación y reflexión sobre los resultados obtenidos). Cabe destacar que este ciclo no opera como una secuencia rígida, sino como un marco flexible que permite iteraciones y retornos entre fases, especialmente para contenido de alta demanda conceptual como la estequiometría.

Cuando la indagación se aplica específicamente a la enseñanza de la estequiometría, Panggabean et al. (2023) desarrollaron materiales de enseñanza basados en la indagación orientada a STEM y demostraron que las habilidades de pensamiento estequiométrico de los estudiantes de secundaria mejoraron significativamente; en igual forma, Pratiwi et al. (2021) desarrollaron material de enseñanza específico de estequiometría bajo el mismo enfoque y mostraron un fortalecimiento simultáneo en tres dimensiones: comprensión conceptual, habilidades de proceso científico y actitudes hacia la disciplina.

Para los modelos de indagación combinados con estrategias complementarias de resolución de problemas, Sudchanham y Cojorn (2025) demostraron que, cuando el modelo de cinco fases se combina con la estrategia FOPS (de naturaleza sistemática), las habilidades de resolución de problemas estequiométricos mejoran más que cuando se aplica cualquiera de las estrategias por separado. En cuanto a esto, Kimberlin y Yezierski (2016) también encontraron que los modelos a nivel de partículas utilizados en lecciones de indagación mejoran específicamente la comprensión conceptual de la estequiometría, ya que las estrategias algorítmicas tienden a ignorar esta dimensión.

Por otro lado, Lazonder y Harmsen (2016) demostraron que la indagación guiada supera sistemáticamente tanto a la indagación completamente abierta como a la instrucción tradicional; en consecuencia, Arifin et al. (2025) confirmaron también, a través de una revisión sistemática con metaanálisis, que el aprendizaje basado en la indagación fortalece significativamente las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes en ciencias, y los efectos son mayores cuando la indagación incluye un andamiaje explícito del profesor en las primeras fases del proceso. En cuanto a la formación docente necesaria para implementar estas estrategias, Strat et al. (2024) demostraron, a través de una revisión sistemática de la formación de profesores de ciencias, que todavía existen lagunas en la preparación docente para la enseñanza basada en la indagación. Strippel y Sommer (2015) muestran, además, que incluso entre los profesores formados específicamente en química todavía existen diferentes ideas sobre lo que constituye realmente la indagación científica en el laboratorio; por tanto, las categorías conceptuales y prácticas encontradas en la literatura se resumen en la Tabla 2 junto con su fundamento.

Tabla 2. *Categorías documentales emergentes.*

Categoría	Elemento didáctico	Fundamento
Ciclo de indagación estructurado	Secuencia de fases de orientación, conceptualización, investigación, conclusión y discusión	Pedaste et al. (2015)
Modelos a nivel de partículas	Representaciones submicroscópicas que vinculan la reacción observada con su explicación molecular	Kimberlin y Yezierski (2016); Talanquer (2011)
Indagación guiada con andamiaje docente	Grado de orientación docente ajustado a la experiencia previa del estudiantado	Lazonder y Harmsen (2016); Arifin et al. (2025)
Integración con estrategias de resolución de problemas	Combinación del ciclo 5E con estrategias sistemáticas de resolución, como FOPS	Sudchanham y Cojorn (2025)
Articulación de niveles de representación	Enseñanza que conecta deliberadamente los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico	Jaber y BouJaoude (2012); Chandrasegaran et al. (2007)
Formación docente en indagación	Capacitación específica del profesorado en la naturaleza y conducción de la indagación científica	Strat et al. (2024); Strippel y Sommer (2015)

Fuente: Propia (2026).

Como muestra la Tabla 2, las categorías identificadas demuestran que la investigación en la enseñanza de la estequiometría no se sostiene en un solo componente. Más bien, se articula entre un ciclo didáctico estructurado, representaciones submicroscópicas explícitas, un grado ajustado de orientación docente y una formación específica del profesorado capaz de sostener esta articulación en la práctica del aula. En síntesis, los resultados sistematizados muestran que las didácticas experimentales basadas en la indagación cuentan con apoyo empírico internacional para fortalecer la comprensión conceptual en estequiometría, pero solo bajo ciertas condiciones de estructuración didáctica y formación docente, condiciones que la propuesta formulada en la sección siguiente pretende operacionalizar.

PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE DIDÁCTICA EXPERIMENTAL

Por lo tanto, con el diagnóstico documental descrito anteriormente, se formula a continuación una propuesta de estrategias didácticas experimentales basadas en la indagación para la enseñanza de la estequiometría en la escuela secundaria ecuatoriana bajo el enfoque de proyecto factible. Consiste en cuatro componentes interrelacionados: estructuración del ciclo de indagación, modelos submicroscópicos, andamiaje progresivo del docente y evaluación integrada del rendimiento académico. Cabe destacar que estos componentes no funcionan por separado, sino que se refuerzan mutuamente a lo largo de la misma secuencia didáctica.

El primer componente (estructura del ciclo de indagación) parte del hecho de que la indagación efectiva necesita una secuencia didáctica explícita y no una experimentación no estructurada. Por esta razón, se propone organizar cada unidad de estequiometría de acuerdo con las cinco fases reportadas por Pedaste et al. (2015): fase de orientación, en la que los estudiantes se enfrentan a un problema experimental específico (por ejemplo, reactivo limitante en una reacción de precipitación); fase de conceptualización, en la que se formulan hipótesis sobre las cantidades de producto esperadas; fase de investigación, en la que se lleva a cabo el procedimiento experimental y se recopilan datos de masa o volumen; fase de conclusión, en la que se comparan los resultados obtenidos con los cálculos estequiométricos esperados, y fase de discusión, en la que los estudiantes comunican y argumentan sus resultados frente al grupo. Esta medida responde directamente al marco teórico sistematizado por Pedaste et al. (2015), quienes demostraron que este ciclo constituye la estructura común de los procesos de indagación con mayor evidencia empírica.

El segundo componente es la inclusión sistemática de modelos a nivel de partículas en cada actividad de laboratorio. Es decir, cada actividad experimental de estequiometría debe ir acompañada de representaciones submicroscópicas explícitas (diagramas de partículas o modelos moleculares manipulables) para que los estudiantes vinculen la observación macroscópica del cambio químico con su explicación a nivel atómico y molecular (Kimberlin y Yezierski, 2016; Talanquer, 2011). Esta estrategia se basa en el trabajo de Kimberlin y Yezierski (2016) y Talanquer (2011), quienes demostraron que la articulación explícita entre los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico es la condición cognitiva que determina la comprensión conceptual de la estequiometría. Jaber y BouJaoude (2012) también demostraron que esta articulación es más efectiva cuando se practica sistemáticamente y no de manera esporádica a lo largo de la unidad didáctica.

El tercer componente es el andamiaje progresivo del docente según la experiencia previa de los estudiantes en procesos de investigación. Por esta razón, la escuela secundaria debe comenzar con actividades de indagación estructurada (el docente proporciona la pregunta de investigación y el procedimiento experimental) y avanzar luego hacia actividades de indagación guiada (los estudiantes diseñan parte del procedimiento a partir de la pregunta del docente). Lazonder y Harmsen (2016) demostraron que la indagación guiada supera sistemáticamente tanto a la indagación completamente abierta como a la instrucción tradicional, especialmente para estudiantes sin experiencia previa en trabajo de investigación.

El cuarto componente es la evaluación integrada del rendimiento académico, lo que implica más que corregir cálculos estequiométricos numéricos. Por lo tanto, se proponen instrumentos de evaluación de dos niveles (como los desarrollados por Chandrasegaran et al., 2007) capaces de distinguir entre la capacidad de los estudiantes para llevar a cabo procedimientos algorítmicos y su capacidad para explicar conceptualmente estos procedimientos utilizando los tres niveles de representación química. Esta línea de acción también fue documentada por Panggabean et al. (2023) y Pratiwi et al. (2021), quienes demostraron que los materiales didácticos de estequiometría basados en la indagación mejoran simultáneamente la comprensión conceptual, las habilidades del proceso científico y las actitudes de los estudiantes hacia la química.

A modo de ejemplo, entre las actividades experimentales específicas que pueden incluirse en la propuesta están: reactivo limitante en el laboratorio (práctica donde los estudiantes determinan experimentalmente, a través de una reacción de precipitación sencilla, cuál de dos reactivos limita la cantidad de producto obtenido); rendimiento real versus rendimiento teórico (actividad donde los estudiantes calculan el rendimiento porcentual de una reacción y discuten las fuentes de error en el experimento), y galería de partículas (ejercicio donde los estudiantes elaboran representaciones submicroscópicas de una reacción antes y después de ejecutarla experimentalmente). Este tipo de actividad se ajusta al trabajo de Sudchanham y Cojorn (2025), quienes demostraron que la combinación del ciclo de indagación con estrategias sistemáticas de resolución de problemas mejora significativamente el rendimiento de los estudiantes en estequiometría. Para mostrar la viabilidad, la Tabla 3 agrupa la propuesta en fases, con sus actividades, responsables y tiempo estimado.

Tabla 3. *Fases de la propuesta.*

Fase	Actividad principal	Responsable	Duración estimada
Diagnóstico	Evaluación diagnóstica de dos niveles sobre comprensión previa de estequiometría	Docente de Química	1 semana
Sensibilización docente	Taller sobre el ciclo de indagación de cinco fases y su aplicación al laboratorio de estequiometría	Coordinación de área	1 semana
Implementación estructurada	Desarrollo de unidades de estequiometría bajo indagación estructurada con modelos de partículas	Docente de Química	4 semanas
Transición a indagación guiada	Actividades experimentales con creciente autonomía estudiantil en el diseño del procedimiento	Docente de Química	4 semanas
Evaluación integrada	Aplicación de instrumentos de dos niveles y análisis del rendimiento académico alcanzado	Docente de Química	Al cierre de la unidad
Seguimiento y ajuste	Análisis de resultados y ajuste de la secuencia didáctica para el siguiente periodo	Coordinación de área	Al cierre del quimestre

Fuente: Propia (2026).

La propuesta puede implementarse con material de laboratorio básico, disponible en la mayoría de los colegios secundarios ecuatorianos, porque las prácticas se basan en reactivos y procedimientos de bajo riesgo y bajo costo; por consiguiente, la viabilidad de la propuesta está condicionada principalmente por la reorganización didáctica de las prácticas existentes y por la capacitación docente en el ciclo de indagación, más que por la adquisición de equipos especializados adicionales. Por lo tanto, la evaluación de la propuesta debe incluir indicadores cuantitativos y cualitativos: rendimiento estudiantil en instrumentos de evaluación de dos niveles, calidad de las representaciones submicroscópicas desarrolladas por los estudiantes y percepción de los docentes sobre los cambios observados en la comprensión conceptual grupal. Este sistema de monitoreo permite el ajuste progresivo de estrategias, principio flexible propio del enfoque de proyecto factible.

DISCUSIÓN

Los resultados sistematizados de este estudio permiten discutir, en primer lugar, la centralidad del ciclo de indagación estructurada como condición para la efectividad didáctica. Si bien la literatura general sobre la enseñanza de las ciencias respalda los beneficios de la indagación, esta no funciona de manera automática ni indiscriminada (Pedaste et al., 2015), lo que se evidencia cuando Pedaste et al. (2015) sistematizaron un ciclo de cinco fases que distingue con claridad la indagación estructurada de la simple experimentación desordenada; por lo que

resulta necesario diferenciar entre manipular materiales de laboratorio y realizar un proceso investigativo propiamente dicho.

En consecución, es preciso observar la relación entre la cantidad de orientación del profesor y el funcionamiento de la indagación en contextos donde existe poca experiencia investigativa previa, como suele ocurrir en las escuelas secundarias ecuatorianas. Lazonder y Harmsen (2016) demostraron que la indagación guiada supera sistemáticamente tanto a la indagación completamente abierta como a la instrucción tradicional. Esto resulta importante para Ecuador porque la estequiometría se ha enseñado tradicionalmente de manera algorítmica, de modo que un cambio abrupto hacia una indagación completamente abierta, sin un andamiaje progresivo, podría resultar contraproducente. Por otro lado, la evidencia revisada permite discutir el aspecto representacional de la estequiometría como un contenido particularmente desafiante desde el punto de vista cognitivo. Talanquer (2011) sistematizó que la comprensión química experta implica una articulación fluida entre los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico; por lo que la propuesta formulada en este estudio incluye intencionalmente representaciones submicroscópicas explícitas en cada práctica experimental, de manera que la indagación no se reduzca a la manipulación mecánica de reactivos sin anclaje conceptual.

Además, es necesario mencionar las brechas en la formación docente como condición limitante para la efectividad de cualquier propuesta didáctica basada en la indagación. Strat et al. (2024) mostraron que la formación de los profesores de ciencias en enseñanza basada en la indagación es todavía deficiente; esto significa que contar con una buena propuesta didáctica no garantiza su funcionamiento en el aula, por lo que la propuesta formulada incluye una fase de sensibilización docente previa a la realización de las actividades experimentales. Así, la propuesta planteada constituye precisamente una secuencia progresiva de andamiaje docente, tal como encontraron Lazonder y Harmsen (2016): la indagación funciona mejor cuando los profesores ajustan la cantidad de orientación a la experiencia de los estudiantes, sin aplicar el método de manera uniforme y sin considerar el nivel previo; de lo contrario, una indagación demasiado abierta aplicada desde el inicio frustrará en lugar de favorecer la comprensión.

Asimismo, es necesario referirse a la combinación de modelos de indagación y estrategias sistemáticas para la resolución de problemas. Sudchanham y Cojorn (2025) mostraron que, cuando el ciclo 5E se combina con la estrategia FOPS, las habilidades de resolución de problemas estequiométricos mejoran significativamente. Esta convergencia otorga a la propuesta formulada una base empírica particular, dado que la indagación conceptual sin una estrategia de resolución sistemática podría dejar sin atender la dimensión procedimental que la estequiometría, como contenido matemáticamente exigente, también requiere. En contraste con una visión que opone de manera tajante la indagación conceptual y la resolución de problemas algorítmicos, la evidencia revisada muestra un enfoque que combina ambas dimensiones. Panggabean et al. (2023) y Pratiwi et al. (2021) demostraron que los materiales de enseñanza de la estequiometría basados en la indagación desarrollan simultáneamente la comprensión conceptual y las habilidades del proceso científico, sin comprometer el desarrollo de la competencia procedimental necesaria para los cálculos estequiométricos, en cuanto al rendimiento académico como variable central de interés en este estudio, este no debe reducirse a la corrección de resultados numéricos. Chandrasegaran et al. (2007) desarrollaron un instrumento de diagnóstico capaz de diferenciar entre la capacidad de describir y la capacidad de explicar una reacción química; por lo tanto, se requieren instrumentos de evaluación de dos niveles, como los incluidos en la propuesta, que capturen tanto el rendimiento procedimental como la comprensión conceptual.

CONCLUSIÓN

El objetivo de este estudio fue diseñar estrategias para la enseñanza experimental basada en la indagación para la instrucción de la estequiometría y el rendimiento académico en los colegios secundarios ecuatorianos. Los resultados permiten concluir que esto se logra mediante una propuesta que articula cuatro componentes interdependientes: un ciclo de

indagación estructurada en cinco fases, la inclusión sistemática de modelos submicroscópicos, un andamiaje progresivo de la enseñanza adaptado a la experiencia previa de los estudiantes, y una evaluación integrada capaz de diferenciar el rendimiento algorítmico de la comprensión conceptual. Lo analizado muestra que la indagación no garantiza por sí misma mejores resultados de aprendizaje, sino que depende de la estructuración didáctica del proceso, de la articulación explícita entre los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico, y de una formación docente que actualmente resulta muy débil en este aspecto. De esta manera, el enfoque propuesto no reemplaza la resolución algorítmica de problemas estequiométricos, sino que la integra con la dimensión conceptual y experimental, un déficit documentado en la educación secundaria en Ecuador. Así, se concluye que el diseño de estrategias de indagación experimental es viable con los recursos de laboratorio generalmente disponibles en las escuelas del país, y que su viabilidad depende principalmente de la reorganización didáctica de las prácticas y de la formación docente, más que de la inversión en equipos adicionales.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

CONFLICTO DE INTERÉS

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

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central del Ecuador y a la Unidad Educativa Mejía, Quito, Ecuador, por el respaldo institucional para el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

Arifin, Z., Sukarmin, Saputro, S., & Kamari, A. (2025). The effect of inquiry-based learning on students' critical thinking skills in science education: A systematic review and meta-analysis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *21*(3), Article em2592. https://doi.org/10.29333/ejmste/15988

Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, *8*(3), 293-307. https://doi.org/10.1039/B7RP90006F

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, *82*(3), 300-329. https://doi.org/10.3102/0034654312457206

Jaber, L. Z., & BouJaoude, S. (2012). A macro-micro-symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, *34*(7), 973-998. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.569959

Jegstad, K. M. (2024). Inquiry-based chemistry education: A systematic review. *Studies in Science Education*, *60*(2), 251-313. https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2248436

Kimberlin, S., & Yezierski, E. J. (2016). Effectiveness of inquiry-based lessons using particulate level models to develop high school students' understanding of conceptual stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, *93*(6), 1002-1009. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b01010

Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, *86*(3), 681-718. https://doi.org/10.3102/0034654315627366

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(4), 474-496. https://doi.org/10.1002/tea.20347

Panggabean, F. T. M., Silitonga, P. M., Sutiani, A., Purba, J., & Gultom, R. (2023). Inquiry-based learning STEM teaching materials to improve students' thinking skills in stoichiometry. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, *8*(2), 157-164. https://doi.org/10.15575/jtk.v8i2.28870

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, *14*, 47-61. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

Pratiwi, R. D., Sutrisno, & Munzil. (2021). Inquiry-based development of stoichiometry teaching material for strengthen capability (conceptual understanding, science process skills, and attitudes toward science) of high school students. *AIP Conference Proceedings*, *2330*(1), Article 020054. https://doi.org/10.1063/5.0043154

Strat, T. T. S., Henriksen, E. K., & Jegstad, K. M. (2024). Inquiry-based science education in science teacher education: A systematic review. *Studies in Science Education*, *60*(2), 191-249. https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207148

Strippel, C. G., & Sommer, K. (2015). Teaching nature of scientific inquiry in chemistry: How do German chemistry teachers use labwork to teach NOSI? *International Journal of Science Education*, *37*(18), 2965-2986. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1119330

Sudchanham, K., & Cojorn, K. (2025). Enhancing stoichiometry problem-solving skills through 5E inquiry-based learning combined with the FOPS strategy. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, *31*(1), 1-9. https://doi.org/10.17977/um048v31i1p01-09

Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, *33*(2), 179-195. https://doi.org/10.1080/09500690903386435

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