

MENTOR

Revista de Investigación Educativa y Deportiva

Volume 5

Special
Issue 4

2026

Director: Ph.D. Richar Posso Pacheco

Email: rjposso@revistamentor.ec

Website: <https://revistamentor.ec/>

Editor-in-Chief: Ph.D. Susana Paz Viteri

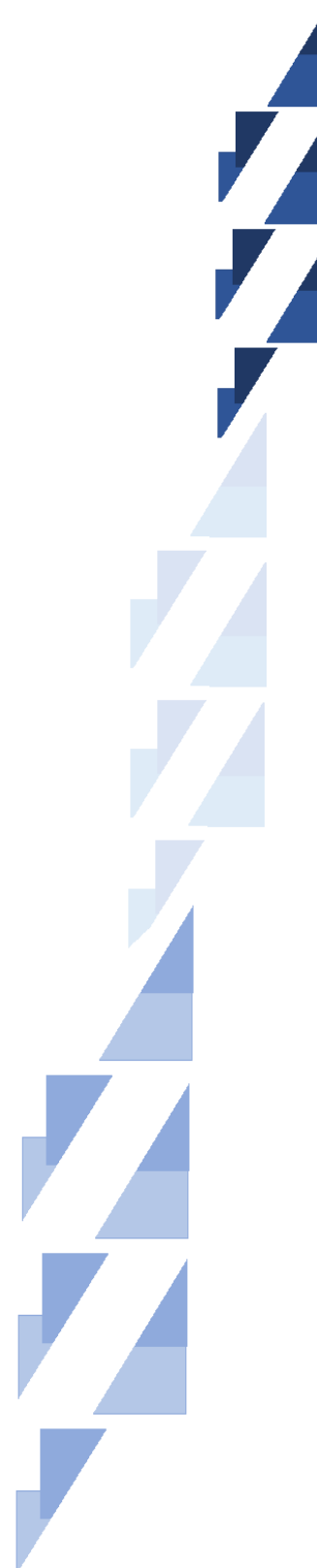
Editorial Coordinator: Ph.D. (c) Josue Marcillo Ñacato

Scientific Committee Coordinator: Ph.D. Laura Barba Miranda

Editorial Supervisor: Ph.D. Isidro Lapuente Álvarez

Editors' Committee Coordinator: Msc. María Gladys Cóndor Chicaiza

Reviewers' Board Coordinator: PhD. Javier Fernández-Rio



Review

Experimentation-Based Learning for the Development of Scientific Competencies in Students

Aprendizaje basado en la experimentación para el desarrollo de competencias científicas en estudiantes

Pablo Andrés López Puga ¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7411-8150>

Karen Stephanie Silva Coloma ¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7456-633X>

Martha Lucía Aucapiña Chillogalli ¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8945-9759>

Yessica Yadira Bautista Timbila ²

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4987-9789>

Cristopher Andrés Zambrano Zambrano ³

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8048-3002>

Melisa Mishel Romero Asimbaya ³

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2743-7058>

Unidad Educativa Fiscomisional Fe y Alegría "La Dolorosa". Quito-Ecuador ¹

Unidad Educativa "Juan Montalvo". Quito-Ecuador ²

Unidad Educativa Fiscomisional "María Augusta Urrutia" Fe y Alegría. Quito-Ecuador ³

Corresponding autor

andreslopezv62@gmail.com

psi.karensilva@outlook.com

martha.aucapina@docentes.educacion.edu.ec

yessicay.baustista@educacion.gob.ec

cristopherzambrano.lit@gmail.com

melisa.romero1998@outlook.com

Received: 10-04-2026

Accepted: 17-07-2026

Available online: 31-07-2026

Abstract

Science education faced the challenge of moving beyond practices centered on content reproduction and demonstrative experiments with limited student intellectual engagement, a situation that restricted the integrated development of scientific competencies. The objective of this study was to analyze the contributions of experimentation-based learning to the development of scientific competencies in students, considering its foundations, pedagogical processes, competencies fostered, implementation conditions, and main limitations identified in the scientific literature. A documentary review was conducted through the consultation and selection of relevant scientific literature, organized in a documentary matrix and analyzed thematically. The development showed that experimentation promoted the formulation of questions and hypotheses, the design of procedures, the analysis of evidence, the explanation of phenomena, argumentation, and scientific communication, especially when teacher mediation and progressive autonomy were present. It was concluded that its educational potential depended mainly on the pedagogical quality of the experiences and on their capacity to turn experimentation into a process of construction, contrast, and communication of scientific knowledge.

Keywords: Experimentation, learning, competencies, science.

Resumen

La enseñanza de las ciencias enfrentó el desafío de superar prácticas centradas en la reproducción de contenidos y en experimentos demostrativos con escasa participación intelectual del estudiante, situación que limitó el desarrollo integrado de competencias científicas. El objetivo de esta investigación fue analizar los aportes del aprendizaje basado en la experimentación para el desarrollo de competencias científicas en estudiantes, considerando sus fundamentos, procesos pedagógicos, competencias favorecidas, condiciones de implementación y principales limitaciones identificadas en la literatura científica. Se desarrolló una revisión documental mediante la consulta y selección de literatura científica pertinente, organizada en una matriz documental y analizada temáticamente. El desarrollo permitió identificar que la experimentación favoreció la formulación de preguntas e hipótesis, el diseño de procedimientos, el análisis de evidencias, la explicación de fenómenos, la argumentación y la comunicación científica, especialmente cuando existió mediación docente y autonomía progresiva. Se concluyó que su potencial formativo dependió principalmente de la calidad pedagógica de las experiencias y de su capacidad para convertir la experimentación en un proceso de construcción, contrastación y comunicación del conocimiento científico.

Palabras clave: Experimentación, aprendizaje, competencias, ciencias.

Introduction

La formación científica constituye una necesidad educativa que trasciende la adquisición de conceptos asociados con la biología, la química, la física u otras disciplinas. En los contextos educativos contemporáneos, aprender ciencias implica que los estudiantes sean capaces de comprender fenómenos, formular explicaciones, analizar información, valorar evidencias y utilizar el conocimiento científico para responder a situaciones de su entorno. Esta concepción desplaza el énfasis exclusivo en la reproducción de contenidos hacia el desarrollo de capacidades para pensar y actuar científicamente. El marco de ciencias de PISA 2025 establece como competencias fundamentales explicar fenómenos científicamente; construir y evaluar diseños de investigación e interpretar críticamente datos y evidencias; e investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción (OECD, 2026), las competencias científicas articulan conocimientos conceptuales, procedimentales y epistémicos y requieren experiencias educativas en las que el estudiante pueda emplearlos de manera integrada frente a problemas y fenómenos concretos.

Esta perspectiva implica reconocer que el conocimiento científico no puede comprenderse plenamente cuando se presenta únicamente como un conjunto de resultados terminados (Rhenals-Ramos, 2021). La ciencia se construye mediante procesos de observación, cuestionamiento, formulación de explicaciones provisionales, obtención de evidencias, análisis de datos, contrastación y comunicación de resultados (Ramos-Galarza, 2021). El trabajo experimental ha ocupado históricamente un lugar importante en la educación científica porque permite relacionar los conceptos con fenómenos observables y generar condiciones para aprender no solo conocimientos de ciencia, sino también formas de producir y justificar ese conocimiento (Hofstein & Lunetta, 2004). Esta relación entre conocimiento y actuación resulta especialmente significativa cuando la actividad práctica deja de limitarse a comprobar una información previamente explicada y se convierte en una oportunidad para plantear problemas, tomar decisiones y construir explicaciones sustentadas en evidencias.

La experimentación adquiere, en este sentido, un alcance pedagógico más amplio que la simple ejecución de una práctica de laboratorio (Silva Mesias et al., 2023). Su valor formativo se encuentra en las acciones cognitivas, procedimentales y comunicativas que el estudiante desarrolla antes, durante y después del experimento. Se identifica procesos relacionados con la formulación de preguntas de investigación, el establecimiento de hipótesis, la identificación y control de variables, el diseño de procedimientos, la selección de materiales, la observación, la medición, el registro y representación de datos, la interpretación de resultados, la elaboración de conclusiones y la comunicación argumentada de los hallazgos (Čipková et al., 2026; Pedaste et al., 2015). Estas acciones forman parte de un proceso interrelacionado y potencialmente cíclico en el que los resultados obtenidos pueden generar nuevas preguntas y oportunidades de indagación.

Se comprende el aprendizaje basado en la experimentación como un enfoque didáctico en el que la construcción del aprendizaje se organiza alrededor de la exploración de fenómenos y problemas mediante procesos experimentales que involucran la formulación de preguntas e

hipótesis, la planificación y realización de experiencias, la obtención y análisis de evidencias, la elaboración de conclusiones y la comunicación de resultados (Chaccha Tinoco et al., 2022). Esta conceptualización supone que el experimento no constituye una actividad complementaria realizada después de aprender un contenido, sino un medio para generar preguntas, contrastar ideas, relacionar teoría y evidencia y construir progresivamente conocimiento científico (Causil Vargas & Rodríguez De La Barrera, 2021). El estudiante asume una participación activa en el proceso, mientras el docente orienta, proporciona apoyos y crea las condiciones necesarias para que la actividad experimental conduzca a aprendizajes científicamente fundamentados. La evidencia acumulada sobre aprendizaje por indagación muestra precisamente que sus resultados se fortalecen cuando existe una adecuada orientación pedagógica y no cuando el estudiante debe descubrir de manera completamente autónoma los principios científicos involucrados (Lazonder & Harmsen, 2016)

El potencial educativo de la experimentación se relaciona directamente con el desarrollo de competencias científicas porque sitúa al estudiante ante problemas que requieren movilizar simultáneamente conocimientos y procedimientos. Investigar un fenómeno supone observarlo y explicarlo, pero también determinar qué información se necesita, reconocer variables, elaborar predicciones, diseñar procedimientos que permitan obtener evidencias válidas y valorar si los datos obtenidos respaldan las explicaciones propuestas. Experimentar implica una articulación entre saber científico y práctica científica. Investigaciones recientes destacan que las actividades experimentales pueden favorecer la comprensión conceptual, las habilidades de investigación, el razonamiento científico y el interés por las ciencias, siempre que su diseño propicie una participación cognitiva efectiva del estudiante y no únicamente la manipulación de materiales (Oliveira & Bonito, 2023).

La relación entre experimentación y competencias científicas también se fortalece cuando el proceso incorpora argumentación y comunicación. Obtener datos no garantiza por sí mismo la construcción de conocimiento; es necesario interpretarlos, relacionarlos con las hipótesis y utilizarlos para justificar afirmaciones. En una investigación desarrollada con estudiantes de octavo grado, Eymur & Çetin (2024) encontraron mejores resultados en alfabetización científica cuando las experiencias de laboratorio incorporaron prácticas de indagación orientadas por la argumentación, en comparación con una indagación estructurada centrada principalmente en la recopilación de datos y la obtención de conclusiones.

El desarrollo tecnológico ha ampliado además las posibilidades de experimentar en los procesos educativos. A las experiencias realizadas con materiales y fenómenos físicos se han incorporado simulaciones, laboratorios virtuales y entornos digitales que permiten manipular variables, representar procesos y explorar situaciones difíciles de reproducir en un laboratorio escolar. La evidencia muestra que los experimentos reales y virtuales pueden contribuir a la comprensión conceptual y que su combinación puede ofrecer ventajas cuando cada recurso se utiliza de acuerdo con los objetivos de aprendizaje (Wörner et al., 2022). Esta ampliación resulta relevante porque permite concebir la experimentación como una estrategia adaptable a diferentes

condiciones educativas y no exclusivamente como una práctica dependiente de laboratorios altamente equipados. La disponibilidad tecnológica tampoco garantiza por sí misma la formación científica, pues el valor pedagógico continúa dependiendo de las preguntas planteadas, las decisiones que asume el estudiante, el análisis de evidencias y la mediación desarrollada por el docente.

La revisión realizada por Oliveira & Bonito (2023) evidenció que uno de los principales problemas del trabajo práctico radica precisamente en la forma en que se implementa, debido a que algunas actividades escolares mantienen una distancia considerable respecto de las prácticas utilizadas para producir conocimiento científico. Un experimento reducido al seguimiento mecánico de instrucciones puede desarrollar destrezas manipulativas, pero limita las oportunidades para formular preguntas, decidir procedimientos, interpretar evidencias o argumentar conclusiones. Las condiciones de infraestructura, disponibilidad de materiales y preparación del profesorado pueden condicionar la frecuencia y calidad de las experiencias prácticas, generando diferencias en las oportunidades de aprendizaje científico disponibles para los estudiantes.

A ello se añade un problema conceptual en la literatura disponible. Los estudios han utilizado denominaciones como trabajo práctico, aprendizaje por indagación, actividades de laboratorio, experimentación real o virtual y diseño experimental para estudiar procesos que comparten diferentes componentes. Al mismo tiempo, algunas investigaciones analizan de manera separada habilidades como formular hipótesis, controlar variables, medir o interpretar datos, aunque durante la experimentación estas actuaciones forman un sistema interdependiente. Čipková et al. (2026) advierten precisamente que numerosas investigaciones han abordado las habilidades experimentales como componentes aislados, cuando su funcionamiento durante la práctica científica requiere una comprensión integrada. Esta dispersión dificulta precisar de qué manera el aprendizaje organizado alrededor de la experimentación contribuye al conjunto de competencias que permiten al estudiante explicar fenómenos, investigar científicamente, analizar evidencias y comunicar conclusiones fundamentadas.

Aunque existe abundante conocimiento sobre trabajo práctico, indagación y actividades experimentales, permanece la necesidad de integrar conceptualmente sus aportes para comprender la relación entre los procesos que conforman el aprendizaje basado en la experimentación y el desarrollo de competencias científicas. Esto resulta relevante porque permite superar una visión restringida del experimento como procedimiento demostrativo y analizarlo como una experiencia de aprendizaje en la que convergen la problematización, el diseño experimental, la obtención de evidencias, el razonamiento, la interpretación y la comunicación científica. Esta integración puede ofrecer referentes para orientar prácticas pedagógicas en las que experimentar signifique involucrar al estudiante en procesos intelectuales próximos a la construcción del conocimiento científico y no únicamente reproducir procedimientos establecidos.

A partir de esta problemática se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿qué aportes, procesos pedagógicos, condiciones de implementación y limitaciones del aprendizaje basado en la experimentación se identifican en la literatura científica para el desarrollo de

competencias científicas en estudiantes? En correspondencia con esta interrogante, el objetivo del estudio fue analizar los aportes del aprendizaje basado en la experimentación para el desarrollo de competencias científicas en estudiantes, considerando sus fundamentos, procesos pedagógicos, competencias favorecidas, condiciones de implementación y principales limitaciones identificadas en la literatura científica.

Para responder a la pregunta planteada y alcanzar el objetivo del estudio, se desarrolló una revisión documental de la literatura científica, orientada a identificar, analizar e integrar aportes relacionados con el aprendizaje basado en la experimentación y su contribución al desarrollo de competencias científicas en estudiantes. La búsqueda documental consideró artículos científicos y trabajos académicos pertinentes localizados en bases de datos y repositorios especializados, seleccionados de acuerdo con su relación directa con las categorías de análisis del estudio. La información recopilada se organizó mediante una matriz documental y se examinó a través de un análisis temático, a partir del cual se establecieron categorías relacionadas con los fundamentos del aprendizaje basado en la experimentación, los procesos pedagógicos y experimentales que lo caracterizan, las competencias científicas favorecidas, las condiciones para su implementación y las principales limitaciones identificadas en la literatura. Este procedimiento permitió integrar y contrastar los aportes de las fuentes seleccionadas para estructurar el desarrollo del estudio.

Development

Fundamentos del aprendizaje basado en la experimentación

La literatura sobre enseñanza de las ciencias emplea diferentes expresiones para referirse a experiencias en las que el estudiante aprende mediante el contacto directo o mediado con fenómenos científicos (Estrada Maldonado et al., 2022). Entre ellas aparecen trabajo experimental, actividades prácticas de laboratorio, aprendizaje por indagación, experimentación guiada y laboratorios reales o virtuales. Aunque estas denominaciones responden a tradiciones pedagógicas diferentes, comparten un principio central: el aprendizaje científico adquiere mayor profundidad cuando el estudiante participa en procesos dirigidos a observar fenómenos, plantear interrogantes, obtener evidencias y utilizar esas evidencias para construir o revisar explicaciones (Parra Almeida et al., 2026). El aprendizaje basado en la experimentación puede entenderse como una organización del proceso educativo en la cual la experimentación constituye el eje desde el que se articulan la comprensión conceptual y las prácticas propias de la actividad científica.

Esta concepción permite diferenciar el aprendizaje basado en la experimentación de la realización ocasional de experimentos. La presencia de materiales, instrumentos o procedimientos experimentales no convierte automáticamente una experiencia en una oportunidad para desarrollar pensamiento científico. Abrahams & Millar (2008) al analizar actividades prácticas desarrolladas en clases de ciencias, encontraron que estas podían ser eficaces para lograr que los estudiantes manipularan objetos y ejecutaran las acciones previstas, pero resultaban menos eficaces cuando se esperaba que relacionaran lo observado con las ideas científicas que explicaban el fenómeno. Este

hallazgo evidencia que el aprendizaje no procede de la manipulación en sí misma, sino de la actividad intelectual que acompaña a la experiencia y permite transformar una observación en evidencia susceptible de ser interpretada.

La experimentación adquiere carácter formativo cuando supera la lógica demostrativa en la que el estudiante reproduce instrucciones destinadas a confirmar un resultado conocido. Desde una perspectiva más activa, la situación experimental comienza con un fenómeno, problema o pregunta que requiere ser comprendido (Cabezas Caicedo, 2024). El estudiante necesita anticipar posibles explicaciones, establecer relaciones entre variables, seleccionar procedimientos, realizar observaciones o mediciones, registrar datos y determinar posteriormente qué significado tienen los resultados obtenidos. Montero Bonilla et al. (2025) al integrar diferentes modelos de aprendizaje por indagación, identificaron cinco fases generales: orientación, conceptualización, investigación, conclusión y discusión. Estas fases no constituyen una secuencia rígida, sino un proceso que admite retornos y conexiones entre sus componentes conforme aparecen nuevos interrogantes o evidencias.

Aplicado al aprendizaje basado en la experimentación, este carácter cíclico permite reconocer un proceso compuesto por la problematización del fenómeno, planificación de la experiencia, ejecución y obtención de evidencias, interpretación de los resultados y comunicación y reflexión sobre lo aprendido. La problematización moviliza la curiosidad y orienta la formulación de preguntas; la planificación exige establecer hipótesis, variables y procedimientos; la ejecución permite interactuar con los fenómenos y obtener datos; la interpretación relaciona esos datos con las explicaciones iniciales; y la comunicación demanda justificar las conclusiones a partir de las evidencias disponibles. Experimentar se convierte en una forma de aprender ciencia y, simultáneamente, de aproximarse a la manera en que el conocimiento científico se construye, somete a prueba y comunica.

Procesos experimentales y construcción del conocimiento científico

Uno de los aportes fundamentales de la experimentación reside en la posibilidad de vincular conocimientos conceptuales, procedimentales y epistémicos. El estudiante no solamente necesita conocer conceptos para interpretar un fenómeno, sino comprender cómo puede producirse evidencia acerca de este, qué procedimiento permite obtenerla y bajo qué condiciones una conclusión puede considerarse suficientemente sustentada. Esta relación coincide con el actual marco de ciencias de PISA, en el que las competencias científicas requieren movilizar conocimiento del contenido, conocimiento procedimental y conocimiento epistémico para explicar fenómenos, evaluar investigaciones e interpretar evidencias (OECD, 2026).

La observación constituye uno de los primeros procesos implicados, pero su significado educativo va más allá de percibir características visibles. Observar científicamente requiere identificar elementos relevantes del fenómeno, establecer comparaciones, reconocer cambios, registrar información y comenzar a generar preguntas susceptibles de investigación. Pineda

Amórtegui et al. (2026) desarrollaron rutas de experimentación reportaron progresos en habilidades relacionadas con la observación y la formulación de preguntas. Se muestra que incluso desde edades tempranas la actividad experimental puede utilizarse para transformar la curiosidad espontánea en interrogantes progresivamente más orientados hacia la indagación.

La formulación de preguntas conduce a otro componente esencial: la construcción de hipótesis o explicaciones anticipadas. La hipótesis no debe concebirse únicamente como una frase que el estudiante completa antes del experimento, sino como una proposición que orienta la búsqueda de evidencias. Para que desempeñe esta función es necesario que pueda relacionarse con variables observables y con un procedimiento capaz de aportar información para aceptarla provisionalmente, modificarla o descartarla. En consecuencia, aprender a experimentar exige comprender qué se modifica, qué se observa o mide y qué condiciones deben mantenerse relativamente constantes para que los resultados puedan interpretarse razonablemente.

Cuando todos los elementos son definidos anticipadamente por el docente, el estudiante puede aprender técnicas e identificar determinados fenómenos, pero dispone de pocas oportunidades para decidir cómo obtener la evidencia necesaria. En contraste, permitir grados progresivos de participación en la elección de materiales, definición de variables, organización de procedimientos o formas de registro transforma la experiencia en un problema de diseño. Esta diferencia resulta especialmente relevante porque una parte sustancial de la competencia científica consiste precisamente en comprender si un procedimiento es adecuado para responder una pregunta y si las evidencias producidas permiten justificar una conclusión.

La investigación de Čipková et al. (2026) pone de manifiesto que estas habilidades no se desarrollan simplemente por haber tenido contacto previo con actividades prácticas. Al evaluar competencias experimentales de estudiantes al finalizar la educación secundaria inferior, encontraron un promedio general de éxito cercano al 50 %. Los estudiantes presentaron mejor desempeño en algunas tareas de diseño del procedimiento y transformación de resultados, mientras que las dificultades más marcadas se localizaron en la formulación de preguntas de investigación y el montaje experimental. Los autores también identificaron problemas relacionados con el trabajo con variables. Estos resultados muestran que las competencias experimentales requieren una enseñanza intencionada y progresiva y que la exposición a prácticas de laboratorio no garantiza por sí sola el dominio de los procesos científicos implicados.

En el primer caso, el éxito puede estar asociado con completar correctamente una serie de pasos y obtener el resultado esperado; en el segundo, el estudiante debe comprender por qué se realiza cada acción, qué información produce, qué limitaciones posee y cómo contribuye a responder el problema inicial. Esta segunda orientación resulta más coherente con el desarrollo de competencias científicas, puesto que desplaza la atención del producto final hacia las decisiones, razonamientos y evidencias que permiten llegar a él.

Competencias científicas favorecidas mediante la experimentación

La relación entre experimentación y competencias científicas puede analizarse a partir de las actuaciones que se movilizan durante la resolución de una situación experimental. El marco PISA 2025, publicado dentro del marco de evaluación de OECD (2026), identifica tres grandes competencias: explicar fenómenos científicamente; construir y evaluar diseños para la investigación científica e interpretar datos y evidencias de forma crítica; e investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción. La experimentación mantiene una relación especialmente directa con las dos primeras, aunque puede contribuir también a la tercera cuando la actividad incorpora búsqueda de información, valoración de fuentes, argumentación y aplicación de los resultados a problemas contextualizados.

La competencia para explicar fenómenos se fortalece cuando los resultados experimentales permiten confrontar las ideas iniciales con comportamientos observables. Una predicción que no coincide con los datos puede generar la necesidad de revisar la explicación, mientras que una evidencia concordante requiere determinar por qué respalda determinada interpretación y no limitarse a señalar que el experimento “funcionó”. De esta forma, la experimentación crea un espacio de articulación entre teoría y evidencia. Su potencial radica en que los conceptos dejan de aparecer exclusivamente como información proporcionada por el docente y comienzan a utilizarse como herramientas para explicar lo que ocurre.

Una relación todavía más directa aparece con la competencia para construir y evaluar investigaciones. Formular hipótesis, identificar variables, decidir procedimientos, medir, registrar datos, representar información, reconocer posibles errores, interpretar resultados y elaborar conclusiones constituyen acciones recurrentemente asociadas con las habilidades de proceso científico Chengere et al. (2025) compararon actividades tradicionales de laboratorio con una propuesta de experimentación enriquecida mediante indagación guiada en estudiantes de décimo grado. Después de ocho semanas, el grupo que participó en actividades en las que debía investigar, formular hipótesis, diseñar experimentos, interpretar datos y establecer conclusiones obtuvo resultados superiores en las habilidades de proceso científico. La intervención incluía, además, planificación experimental, discusión entre pares, realización de la experiencia, presentación de conclusiones y vinculación de los resultados con los conocimientos teóricos.

La evidencia anterior permite señalar que el beneficio no procede exclusivamente del componente manipulativo, puesto que ambos grupos podían estar expuestos a experiencias relacionadas con el laboratorio. La diferencia reside en el nivel de participación intelectual que exige la actividad. Cuando el procedimiento concede al estudiante oportunidades para tomar decisiones, anticipar resultados, contrastar explicaciones y justificar conclusiones, la experimentación se convierte en un contexto para movilizar competencias de mayor complejidad. Las prácticas experimentales deberían diseñarse considerando qué tendrá que pensar, decidir, analizar y explicar durante el proceso.

Los datos obtenidos experimentalmente no constituyen por sí mismos una explicación; adquieren significado cuando se utilizan para sustentar, cuestionar o modificar una afirmación. Eymur & Çetin (2024) compararon actividades de indagación estructurada con un modelo de indagación basada en argumentación en estudiantes de octavo grado. Los estudiantes que participaron en el segundo modelo obtuvieron mejores resultados en dimensiones de alfabetización científica. El trabajo experimental incorporó formulación de argumentos, discusión entre pares, elaboración de informes y revisión de las explicaciones, lo que permitió articular las dimensiones empírica y comunicativa de la práctica científica.

La actividad experimental puede favorecer observación, medición o control de variables, pero alcanza un nivel más completo cuando el estudiante debe transformar los resultados en una explicación defendible. La secuencia evidencia–interpretación–argumento exige distinguir entre aquello que fue observado y aquello que se infiere, valorar la suficiencia de los datos y reconocer que una conclusión puede ser cuestionada. De esta manera se desarrollan no solamente competencias procedimentales, sino también elementos del pensamiento crítico y de la comprensión epistémica de la ciencia.

La comunicación de los resultados debe entenderse como parte del proceso experimental y no como una tarea posterior de carácter formal. Elaborar tablas y gráficos, describir procedimientos, presentar resultados, justificar conclusiones y discutir explicaciones obliga al estudiante a organizar su pensamiento y reconocer la diferencia entre dato, interpretación y afirmación. La experimentación adquiere así una dimensión social similar a la práctica científica, en la que las explicaciones necesitan ser comunicadas y examinadas por otros antes de ser aceptadas provisionalmente.

Mediación docente, autonomía y evaluación del aprendizaje experimental

Una de las principales coincidencias de la literatura es que las experiencias de indagación requieren diferentes grados de orientación en función de la complejidad de la tarea y de la experiencia previa de quienes aprenden. Lazonder & Harmsen (2016), en un metaanálisis de 72 estudios sobre aprendizaje por indagación, encontraron efectos favorables de la orientación sobre las actividades de aprendizaje, el desempeño durante la tarea y los resultados de aprendizaje. Estos hallazgos cuestionan la idea de que una experiencia experimental es más formativa cuanto menor sea la intervención del profesor.

La función docente consiste, por tanto, en proporcionar apoyos que permitan al estudiante asumir decisiones que todavía no podría gestionar completamente de manera independiente. Estos apoyos pueden manifestarse mediante preguntas orientadoras, modelos iniciales, criterios para identificar variables, ejemplos de representación de datos, recordatorios sobre seguridad, retroalimentación sobre los procedimientos o preguntas destinadas a relacionar resultados y explicaciones. El objetivo no debería ser sustituir las decisiones del estudiante, sino hacer posible que progresivamente pueda asumirlas.

Puede establecerse una progresión desde actividades experimentales altamente estructuradas hacia experiencias de mayor apertura. En etapas iniciales, el docente puede proporcionar el problema y parte del procedimiento mientras el estudiante se concentra en observar, medir e interpretar. Pueden dejarse abiertas determinadas decisiones, como la elección de variables, la organización del registro o el diseño del procedimiento. Finalmente, cuando existen conocimientos y habilidades suficientes, los estudiantes pueden formular problemas y proponer diseños con mayores niveles de autonomía. Esta progresión evita dos extremos: el laboratorio reducido a seguir una receta y la indagación completamente abierta para la que el estudiante todavía no dispone de los conocimientos necesarios.

Si las competencias científicas involucran formular preguntas, diseñar investigaciones, producir e interpretar evidencias y argumentar conclusiones, una evaluación centrada exclusivamente en recordar conceptos resulta insuficiente para determinar su desarrollo. Es necesario considerar producciones y actuaciones generadas durante el proceso, como preguntas formuladas, diseños experimentales, identificación de variables, registros, tablas, gráficos, interpretaciones, conclusiones e informes, el propósito es valorar la calidad de las decisiones y razonamientos utilizados para alcanzarlo.

Un resultado diferente del esperado no debería considerarse automáticamente evidencia de fracaso, ya que puede propiciar el análisis de procedimientos, variables no controladas, precisión de las mediciones o limitaciones del diseño. Aprender a revisar las condiciones bajo las cuales se produjo un resultado aproxima al estudiante a una característica esencial del conocimiento científico: las afirmaciones dependen de la calidad de las evidencias y están abiertas a revisión cuando aparecen nuevos datos. En consecuencia, la retroalimentación docente debe dirigir la atención hacia la interpretación del proceso y no exclusivamente hacia la obtención de una respuesta considerada correcta.

Recursos, entornos experimentales y condiciones de implementación

Los recursos utilizados pueden incluir materiales escolares y cotidianos, kits experimentales, instrumentos de medición, sensores, laboratorios virtuales y simulaciones. Lo determinante es que el recurso permita desarrollar las acciones científicas previstas y sea coherente con el propósito de aprendizaje. En consecuencia, la selección tecnológica o material debe realizarse después de definir qué fenómeno se estudiará, qué evidencia necesita producir el estudiante y qué competencia se pretende movilizar.

Los laboratorios físicos poseen una contribución específica porque permiten interactuar con objetos y materiales reales, manejar instrumentos, afrontar variaciones y errores de medición y reconocer restricciones que forman parte de cualquier procedimiento experimental. Los entornos virtuales, en cambio, posibilitan repetir experiencias, modificar variables con rapidez, representar procesos no observables directamente y explorar situaciones difíciles, costosas o inseguras de reproducir en el aula. De Jong et al. (2013) sostuvieron que laboratorios físicos y virtuales

presentan potencialidades diferentes y que su combinación puede fortalecer el aprendizaje cuando cada entorno se utiliza de acuerdo con aquello que permite aprender mejor.

La expansión de los laboratorios virtuales confirma que la experimentación educativa ha dejado de estar vinculada exclusivamente con instalaciones físicas. Campos Mera & Benarroch Benarroch (2024) al revisar investigaciones sobre laboratorios virtuales en ciencias experimentales en educación secundaria, identificaron 38 estudios y observaron una presencia destacada de PhET, una mayor concentración de investigaciones en Física y una atención frecuente a estudiantes alrededor de los 16 años. Estos recursos amplían las oportunidades para experimentar, particularmente cuando determinadas condiciones materiales limitan la realización de experiencias presenciales. Sin embargo, su utilidad debe valorarse a partir de los objetivos educativos y no bajo la suposición de que la virtualización reproduce todas las experiencias asociadas al trabajo con materiales e instrumentos reales.

Chonillo Sislema (2025) en una revisión centrada en enseñanza de la química, encontró que estos recursos pueden favorecer habilidades relacionadas con observación, formulación de hipótesis, manejo de instrumentos, interpretación de resultados y análisis de datos cuantitativos y cualitativos. El estudio destacó igualmente que los resultados dependen de condiciones como los costos, la disponibilidad de los materiales y su incorporación efectiva dentro de la planificación curricular. Parte de los kits analizados podía elaborarse con materiales accesibles, lo que muestra posibilidades de adaptación para instituciones con recursos limitados.

Estas posibilidades permiten superar la asociación entre experimentación y equipamiento sofisticado. No obstante, la utilización de recursos sencillos tampoco debería reducir las exigencias del proceso científico. Una experiencia realizada con materiales cotidianos puede involucrar formulación de hipótesis, control de variables, medición y análisis riguroso, mientras que una actividad efectuada en un laboratorio altamente equipado puede limitarse a seguir instrucciones. En consecuencia, la calidad pedagógica de la experimentación depende más del diseño de la experiencia y de las actuaciones cognitivas que promueve que de la complejidad tecnológica de los recursos utilizados.

Las condiciones institucionales también influyen significativamente. La disponibilidad de materiales y espacios, el tamaño de los grupos, el tiempo asignado, las condiciones de seguridad, la formación del profesorado y las posibilidades de acompañamiento pueden facilitar o restringir el desarrollo de actividades experimentales. Chengere et al. (2025) señalan que la falta de equipamiento, las clases numerosas y una preparación limitada para desarrollar indagación pueden conducir a prácticas centradas en demostraciones o procedimientos altamente dirigidos. Esto implica que promover aprendizaje basado en la experimentación requiere no solamente incorporar actividades en el currículo, sino generar condiciones pedagógicas para que el estudiante pueda participar efectivamente en ellas.

Alcances y limitaciones del aprendizaje basado en la experimentación

Los aportes identificados permiten considerar la experimentación como una vía favorable para desarrollar competencias científicas, pero la literatura también advierte que sus efectos dependen de la manera en que se organiza pedagógicamente. La primera limitación aparece cuando el experimento se reduce a la confirmación de contenidos previamente explicados. En este tipo de práctica, el estudiante conoce de antemano qué resultado debe obtener, recibe el procedimiento completo y concentra su atención en ejecutar correctamente una serie de operaciones. Aunque esta modalidad puede ser útil para adquirir determinadas técnicas, ofrece oportunidades reducidas para formular problemas, diseñar procedimientos o valorar críticamente evidencias. El problema no reside, por tanto, en que existan protocolos, sino en que estos constituyan permanentemente la única forma de actividad experimental.

La segunda limitación se relaciona con la creencia de que la experimentación produce aprendizaje de manera automática. El estudio clásico de Abrahams & Millar (2008) mostró precisamente la dificultad que tienen los estudiantes para establecer conexiones entre lo observable y las ideas científicas que deberían explicar lo observado. Esta distancia entre hacer y comprender continúa siendo relevante: una actividad atractiva o manipulativa puede generar participación sin que necesariamente se produzca un razonamiento científico profundo. Para evitarlo, el diseño pedagógico debe incluir momentos explícitos para anticipar, justificar, comparar, interpretar y revisar explicaciones.

Una tercera dificultad consiste en considerar las competencias experimentales como capacidades generales que, una vez adquiridas, pueden transferirse automáticamente a cualquier situación. Formular una hipótesis, reconocer variables o interpretar datos depende también del conocimiento que el estudiante posee sobre el fenómeno investigado. La experimentación exige, por ello, una interacción continua entre saber conceptual y saber procedimental. Un estudiante puede conocer formalmente qué es una variable independiente y, sin embargo, no identificarla correctamente cuando enfrenta un fenómeno desconocido. Los resultados de Čipková et al. (2026) muestran precisamente dificultades persistentes en componentes del trabajo experimental al finalizar la educación secundaria inferior y respaldan la necesidad de desarrollar estas habilidades de forma sistemática a través de diferentes contenidos y niveles educativos.

El análisis de la literatura permite advertir que no toda actividad experimental desarrolla todas las competencias científicas con igual intensidad. Una experiencia centrada en medición puede fortalecer precisión, registro e interpretación de datos, pero aportar poco a la evaluación de fuentes de información. Una investigación abierta puede favorecer diseño experimental, pero requerir apoyos adicionales para construir explicaciones conceptualmente correctas. Una actividad argumentativa puede contribuir significativamente a justificar conclusiones, siempre que existan evidencias suficientes para hacerlo. La relación entre experimentación y competencia científica no debe formularse de manera general o automática, sino atendiendo a las actuaciones concretas que cada experiencia exige al estudiante.

El aprendizaje basado en la experimentación puede caracterizarse como una propuesta en la que el fenómeno genera una pregunta; la pregunta orienta una posible explicación; la explicación

conduce al diseño de una experiencia; la experiencia produce evidencias; las evidencias son analizadas para elaborar conclusiones; y las conclusiones se comunican, contrastan y pueden originar nuevas preguntas. Esta articulación constituye su principal valor para el desarrollo de competencias científicas porque transforma el experimento de una actividad de comprobación en un proceso de construcción y evaluación del conocimiento.

Su potencial formativo depende de cinco condiciones interrelacionadas: que las experiencias partan de fenómenos o problemas que requieran explicación; que el estudiante disponga de oportunidades progresivas para tomar decisiones experimentales; que los datos obtenidos sean utilizados como evidencias y no solamente registrados; que las conclusiones deban explicarse y argumentarse; y que exista una mediación docente ajustada al nivel de autonomía y conocimientos del estudiante. Bajo estas condiciones, experimentar deja de significar únicamente observar lo que ocurre y pasa a constituir una experiencia para preguntar, investigar, razonar con evidencias, explicar y comunicar científicamente, procesos que conforman el núcleo del desarrollo de las competencias científicas.

Conclusions

El aprendizaje basado en la experimentación se configura como una alternativa pedagógica con capacidad para transformar la enseñanza de las ciencias cuando la experiencia deja de orientarse exclusivamente a comprobar contenidos y se convierte en un espacio para construir conocimiento. Su principal aporte radica en favorecer una relación más activa entre el estudiante, los fenómenos estudiados y las evidencias obtenidas, lo que permite avanzar desde una comprensión reproductiva de la ciencia hacia formas de aprendizaje sustentadas en el razonamiento, la toma de decisiones y la explicación fundamentada.

El desarrollo de competencias científicas mediante la experimentación depende menos de la sofisticación de los recursos empleados que de la calidad pedagógica de las situaciones propuestas. Las experiencias con mayor potencial formativo son aquellas que conceden al estudiante oportunidades reales de asumir responsabilidades intelectuales progresivas y, al mismo tiempo, cuentan con una mediación docente capaz de ajustar los apoyos según sus conocimientos y nivel de autonomía. Esto implica que la experimentación debe planificarse como una trayectoria gradual de aprendizaje y no como una sucesión aislada de prácticas de laboratorio.

La revisión permitió establecer que uno de los desafíos para consolidar este enfoque consiste en fortalecer la articulación entre las diferentes competencias implicadas en la actividad experimental y su evaluación dentro de situaciones auténticas de aprendizaje. Se requiere avanzar hacia propuestas educativas y nuevas investigaciones que examinen de manera integrada cómo evolucionan estas competencias a lo largo de la escolaridad, bajo diferentes condiciones de enseñanza y mediante diversos entornos experimentales. Esta perspectiva permitiría disponer de referentes más consistentes para orientar la experimentación como componente permanente de una educación científica centrada en la comprensión y utilización del conocimiento.

References

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Cabezas Caicedo, S. A. (2024). La experimentación pedagógica como estrategia didáctica en la enseñanza de las Ciencias Naturales y el desarrollo del pensamiento científico en la sede Institucional Unión Victoria. *Miradas*, 19(1), 157–179. <https://doi.org/10.22517/25393812.25538>
- Campos Mera, G., & Benarroch Benarroch, A. (2024). Laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias: Una revisión sistemática. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 42(2), 109–129. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6040>
- Causil Vargas, L. A., & Rodríguez De La Barrera, A. E. (2021). Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): Experimentación en laboratorio, una metodología de enseñanza de las Ciencias Naturales. *Plumilla Educativa*, 27(1), 105–128. <https://doi.org/10.30554/pe.1.4204.2021>
- Chaccha Tinoco, E., Guerreros Lazo, J. L., Álvarez Sierra, G. L., & Palomino Carhuallanqui, K. R. (2022). Aprendizaje experiencial de Kolb en estudiantes de la Facultad de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales de la Universidad Nacional del Centro del Perú. *Prospectiva Universitaria*, 18(1), 99–109. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2021.18.1634>
- Chengere, A. M., Bono, B. D., Zinabu, S. A., & Jilo, K. W. (2025). Enhancing secondary school students' science process skills through guided inquiry-based laboratory activities in biology. *PLOS ONE*, 20(4), e0320692. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0320692>
- Chonillo Sisleya, L. O. (2025). Impacto de los kits experimentales en la formación de habilidades científicas y prácticas en alumnos de química: Una revisión sistemática (2018-2023). *Revista Científica UISRAEL*, 12(1), 147–168. <https://doi.org/10.35290/rcui.v12n1.2025.1257>
- Čipková, E., Fuchs, M., Husárová, K., & Trško, L. (2026). Ready to experiment? A closer look at students' scientific skills in lower secondary education. *International Journal of Science Education*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/09500693.2026.2617918>
- De Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. *Science*, 340(6130), 305–308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>
- Estrada Maldonado, A. D. J., Reséndiz Balderas, E., & Cervantes Castro, R. D. (2022). Enseñanza de la ciencia: Sesiones prácticas bajo el enfoque de investigación dirigida para el

- fortalecimiento de competencias científicas. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 12(24).
<https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1156>
- Eymur, G., & Çetin, P. S. (2024). Investigating the role of an inquiry-based science lab on students' scientific literacy. *Instructional Science*, 52(5), 743–760. <https://doi.org/10.1007/s11251-024-09672-w>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/scs.10106>
- 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>
- Montero Bonilla, M. J., Nuñez Averos, L. M., Fernández Cobas, L. C., & Vergel Parejo, E. E. (2025). Estrategias didácticas para fomentar el pensamiento crítico en ciencias naturales en estudiantes de educación básica: Teaching strategies to foster critical thinking in natural sciences among elementary school students. *Revista Científica Multidisciplinar G-Nerando*, 6(2). <https://doi.org/10.60100/rcmg.v6i2.897>
- OECD. (2026). *PISA 2025 Assessment and Analytical Framework*. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/86c36975-en>
- Oliveira, H., & Bonito, J. (2023). Practical work in science education: A systematic literature review. *Frontiers in Education*, 8, 1151641. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1151641>
- Parra Almeida, A. M., Balcázar Tandazo, Y. D. C., Yáñez Narváez, D. A., Ruiz Cárdenas, M. J., Baque Curay, M. T., & Moreira Moreira, G. D. (2026). Análisis de las estrategias docentes para el desarrollo de destrezas ambientales del EDS y las brechas en su aplicación metodológica. *Revista Científica Multidisciplinaria Tsafiki*, 3(1), 283–295.
<https://doi.org/10.70577/tb84a917>
- 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>
- Pineda Amórtégui, C. M., Valencia Caballero, L. Y., & Bendeck Soto, J. H. (2026). Desarrollo de Competencias Científicas y Matemáticas: Una Revisión Aplicada en la Básica Primaria y Secundaria. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 6(1), 6677–6713.
<https://doi.org/10.61384/r.c.a.v6i1.1659>
- Ramos-Galarza, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>

Rhenals-Ramos, J. C. (2021). Contribuciones de la Neuropsicología a nivel educativo: Un análisis teórico y reflexivo. *Ciencia y Educación*, 5(3), 117–127. <https://doi.org/10.22206/cyed.2021.v5i3.pp117-127>

Silva Mesias, J. G., Coello Bone, J. E., Loja Loja, C. M., Serrano Ortega, G. F., & Castillo Pindo, B. M. (2023). Importancia de la experimentación en el proceso de enseñanza aprendizaje en los niveles de educación básica y bachillerato para potenciar el pensamiento crítico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 4825–4836. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6514

Wörner, S., Kuhn, J., & Scheiter, K. (2022). The Best of Two Worlds: A Systematic Review on Combining Real and Virtual Experiments in Science Education. *Review of Educational Research*, 92(6), 911–952. <https://doi.org/10.3102/00346543221079417>

Funding

The authors received no funding for the development of the research.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

Author Contributions

The authors contributed to the development of the manuscript.