REVISTA CIENTÍFICA TSAFIKI
Vol: 3 – N: 2 julio -diciembre 2026
DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

# *Trabajo práctico experimental con materiales de bajo costo para fortalecer la alfabetización científica en Ciencias Naturales de Educación General Básica Superior*

## *Low-cost experimental practical work to strengthen scientific literacy in Natural Sciences in Upper Basic General Education*

**PALABRA VERDADERA**
**Recepción:** 08/11/2026
**Aceptación:** 15/11/2026
**Publicación:** 25/11/2026

**AUTOR/ES**

- ***Manuel Benigno Chocho Tapia***
- *MINEDEC*
- *mbchochot@hotmail.com*
- *https://orcid.org/0009-0003-0206-1261*
- ***Ecuador***

- ***Eliana Alexandra Cullacay Pérez***
- *MINEDEC*
- *alexandra2811@hotmail.com*
- *https://orcid.org/0009-0009-6030-5563*
- ***Ecuador***

- ***Angélica Yolanda Rodríguez Bermeo***
- *MINEDEC*
- *yolarodrigezbermeo@gmail.com*
- *https://orcid.org/0009-0001-4082-5432*
- ***Ecuador***

- ***Lilia Beatriz Rodríguez Bermeo***
- *MINEDEC*
- *liliarodriguezb@gmail.com*
- *https://orcid.org/0009-0004-5723-5131*
- ***Ecuador***

- ***Karen Yasmin Bernabé Argandoña***
- *MINEDEC*
- *cienciasnaturales871@gmail.com*
- *https://orcid.org/0000-0001-5342-0058*
- ***Ecuador***

- ***María Margarita Delgado Palma***
- *MINEDEC*
- *maria.delgadop@docentes.educacion.edu.ec*
- *https://orcid.org/0009-0001-4992-6328*
- ***Ecuador***

**CITACIÓN:**
*Chocho Tapia, M. B., Cullacay Pérez, E. A., Rodríguez Bermeo, A. Y., Rodríguez Bermeo, L. B., Bernabé Argandoña, K. Y., & Delgado Palma, M. M. (2026). Trabajo práctico experimental con materiales de bajo costo para fortalecer la alfabetización científica en Ciencias Naturales de Educación General Básica Superior. Revista Científica Tsafiki, 3(2), 370–386*

**RESUMEN**

La enseñanza de las Ciencias Naturales en Educación General Básica Superior requiere que los estudiantes no solo memoricen conceptos, sino que expliquen fenómenos, diseñen indagaciones e interpreten datos, competencias que conforman la alfabetización científica. Sin embargo, en muchas instituciones ecuatorianas los laboratorios son insuficientes o están subutilizados, y las clases de ciencias se desarrollan con escaso trabajo experimental. El presente estudio tuvo como objetivo analizar cómo el trabajo práctico experimental con materiales de bajo costo contribuye a fortalecer la alfabetización científica en Ciencias Naturales de 8.º a 10.º de Educación General Básica. Se desarrolló una revisión documental de enfoque cualitativo y alcance descriptivo-analítico sobre un corpus de nueve documentos publicados entre 2023 y 2025, que incluyó metaanálisis, una revisión de evidencia, el marco de ciencias de PISA 2025, un estudio sobre laboratorios en instituciones ecuatorianas, experiencias de aula latinoamericanas y el currículo priorizado de Básica Superior. La información se organizó mediante análisis de contenido en cinco categorías. Los resultados muestran que el trabajo práctico tiene un efecto elevado sobre los resultados de aprendizaje en secundaria, que no existen diferencias significativas entre la investigación física y la virtual en adolescentes, y que la indagación es más efectiva cuando se acompaña de guía docente. En el contexto ecuatoriano, se identificaron limitaciones de equipamiento, escaso uso de las guías ministeriales y una percepción estudiantil de baja preparación docente para el uso del laboratorio. Las experiencias con materiales cotidianos mostraron interés y comprensión, aunque sus efectos dependen de la frecuencia y la duración. Se concluye que el trabajo práctico de bajo costo, diseñado para que los estudiantes piensen además de manipular, constituye una alternativa viable para desarrollar la alfabetización científica en instituciones con recursos limitados.

**PALABRAS CLAVE:** trabajo práctico, materiales de bajo costo, alfabetización científica, indagación, Ciencias Naturales, laboratorio escolar, Educación General Básica Superior.

**ABSTRACT**

Teaching Natural Sciences in Upper Basic General Education requires students not only to memorize concepts, but also to explain phenomena, design inquiries and interpret data, competencies that make up scientific literacy. However, in many Ecuadorian schools, laboratories are insufficient or underused, and science classes include little experimental work. This study aimed to analyze how low-cost experimental practical work contributes to strengthening scientific literacy in Natural Sciences from 8th to 10th grade of Basic General Education. A documentary review with a qualitative approach and a descriptive-analytical scope was carried out on a corpus of nine documents published between 2023 and 2025,

REVISTA CIENTÍFICA TSAFIKI
Vol: 3 – N: 2 julio -diciembre 2026
DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

including meta-analyses, an evidence review, the PISA 2025 science framework, a study on laboratories in Ecuadorian schools, Latin American classroom experiences and the prioritized curriculum for Upper Basic Education. Information was organized through content analysis into five categories. The results show that practical work has a large effect on learning outcomes in secondary school, that there are no significant differences between physical and virtual investigation among adolescents, and that inquiry is more effective when accompanied by teacher guidance. In the Ecuadorian context, limitations in equipment, little use of ministry guides and a student perception of low teacher preparation for laboratory use were identified. Experiences with everyday materials showed interest and understanding, although their effects depend on frequency and duration. It is concluded that low-cost practical work, designed so that students think as well as handle materials, is a viable alternative for developing scientific literacy in schools with limited resources.

**KEYWORDS:** practical work; low-cost materials; scientific literacy; inquiry; natural sciences; school laboratory; upper basic general education.

## INTRODUCCIÓN

Las Ciencias Naturales ocupan un lugar privilegiado para que los estudiantes comprendan el mundo que los rodea y tomen decisiones informadas sobre su salud, el ambiente y el uso de la tecnología. Para lograrlo, no basta con que memoricen definiciones; necesitan explicar fenómenos, formular preguntas, diseñar procedimientos para responderlas e interpretar datos. Este conjunto de capacidades se conoce como alfabetización científica, y el marco de ciencias de PISA 2025 la organiza en competencias como explicar fenómenos científicamente, construir y evaluar diseños de indagación científica e interpretar datos y evidencias de manera crítica, e investigar, evaluar y usar información científica para la toma de decisiones (OECD, 2023).

El trabajo práctico, entendido como las actividades en las que los estudiantes observan o manipulan objetos y materiales para aprender ciencias, ha sido considerado un componente central y distintivo de la enseñanza científica (Hofstein y Lunetta, 2004). Sin embargo, su valor depende de cómo se diseñe. Abrahams y Millar (2008) observaron que las prácticas suelen ser eficaces para que los estudiantes hagan cosas con los objetos, pero mucho menos para que piensen con las ideas científicas que esos objetos deberían ilustrar. Esta distinción entre las manos y la mente es clave para entender por qué no todo trabajo de laboratorio produce aprendizaje.

En el contexto ecuatoriano, el trabajo experimental enfrenta dificultades de infraestructura y de uso. Un estudio realizado con 355 estudiantes de Básica Superior y

DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

Bachillerato de once instituciones públicas de la Sierra y la Amazonía encontró que una parte de los centros carece de laboratorio, que muchos de los existentes tienen equipamiento insuficiente y que la mayoría de los estudiantes no ha realizado experimentos de la guía ministerial de laboratorio (Delgado Jácome, 2025). Esta situación es especialmente relevante en Educación General Básica Superior, donde los estudiantes de 8.º a 10.º construyen las bases conceptuales y procedimentales que luego profundizarán en Física, Química y Biología del Bachillerato.

Frente a estas limitaciones, el uso de materiales de bajo costo se presenta como una alternativa. Botellas recicladas, vasos, semillas, col morada, vinagre o bicarbonato permiten realizar experiencias con sentido científico sin requerir un laboratorio equipado. Diversas experiencias latinoamericanas han propuesto prácticas de este tipo, tanto en escuelas sin laboratorio como en la educación secundaria (Ávila et al., 2023; Manjarrez-Sandoval y Machin-Mastromatteo, 2025; Araújo et al., 2025). No obstante, el bajo costo de los materiales no garantiza por sí mismo el aprendizaje; lo determinante es el diseño didáctico de la práctica.

En este estudio se entiende por trabajo práctico experimental de bajo costo toda actividad en la que los estudiantes, a partir de una pregunta investigable, manipulan materiales accesibles y de uso cotidiano para observar, medir, registrar y explicar un fenómeno natural. Se distingue de la demostración del docente, en la que el estudiante solo observa, y de la práctica tipo receta, en la que se siguen pasos sin comprender su propósito.

La investigación reciente aporta evidencias sobre la efectividad de estas prácticas. Un metaanálisis de dieciséis estudios cuasiexperimentales en secundaria encontró un efecto elevado del trabajo práctico sobre los resultados de aprendizaje, aunque con una heterogeneidad muy alta entre estudios (Sanjito y Hyams-Ssekasi, 2025). Otro metaanálisis concluyó que, en el conocimiento conceptual de adolescentes, la investigación física y la virtual producen resultados comparables (Muilwijk y Lazonder, 2023), y la evidencia sobre indagación muestra que esta mejora cuando se acompaña de guía docente (de Jong et al., 2023; Lazonder y Harmsen, 2016).

En el plano curricular, el currículo priorizado de Básica Superior incluye destrezas como diseñar y ejecutar una indagación experimental, y se organiza por áreas con un enfoque interdisciplinario (Ministerio de Educación, Deporte y Cultura [MINEDEC], 2025). Este marco ofrece una base clara para incorporar el trabajo experimental en las clases de Ciencias Naturales, aunque su aplicación depende de los recursos y de la preparación de cada institución.

En este marco, el presente estudio tiene como objetivo analizar cómo el trabajo práctico

DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

experimental con materiales de bajo costo contribuye a fortalecer la alfabetización científica en Ciencias Naturales de 8.º a 10.º de Educación General Básica. Para orientar el análisis se plantearon las siguientes preguntas: ¿qué efectos tiene el trabajo práctico sobre el aprendizaje científico?, ¿qué competencias de alfabetización científica puede movilizar?, ¿en qué condiciones se desarrolla el trabajo experimental en el Ecuador?, ¿qué aportan las experiencias con materiales de bajo costo? y ¿qué condiciones favorecen su efectividad?

La relevancia del estudio radica en que ofrece a los docentes de Ciencias Naturales, y en general a los docentes de Educación General Básica que enseñan esta asignatura, una síntesis de evidencias y propuestas concretas de prácticas que pueden realizarse con recursos accesibles, aun en instituciones sin laboratorio.

## MÉTODOS MATERIALES

### Enfoque y diseño

La investigación se desarrolló con un enfoque cualitativo y un diseño de revisión documental, con alcance descriptivo-analítico. Este diseño permitió reunir y contrastar evidencias de metaanálisis, revisiones, marcos internacionales de evaluación, estudios realizados en el Ecuador y en otros países latinoamericanos, y el currículo nacional. El carácter descriptivo permitió caracterizar los hallazgos de cada documento, y el carácter analítico permitió relacionarlos con la realidad de las instituciones ecuatorianas.

### Corpus documental y criterios de selección

La búsqueda se realizó en repositorios académicos, sitios de revistas científicas, portales de organismos internacionales y el portal oficial del Ministerio de Educación, Deporte y Cultura del Ecuador. Se emplearon descriptores en español e inglés relacionados con trabajo práctico, laboratorio escolar, materiales de bajo costo, investigación física y virtual, indagación y alfabetización científica en educación secundaria.

Se incluyeron documentos publicados entre 2023 y 2025, con información bibliográfica verificable, que abordaran la enseñanza de las ciencias en educación básica o secundaria. Se dio prioridad a metaanálisis y revisiones, y se incluyeron estudios y experiencias latinoamericanas para contrastar la evidencia internacional con contextos de recursos limitados. Se excluyeron textos de opinión sin respaldo metodológico y estudios centrados exclusivamente en la educación superior. El corpus final estuvo integrado por nueve documentos, que se presentan en la Tabla 1. Los trabajos de Hofstein y Lunetta (2004), Abrahams y Millar (2008) y Lazonder y Harmsen (2016) se emplearon como referentes teóricos y de contraste, sin incluirlos en el corpus analizado.

REVISTA CIENTÍFICA TSAFIKI
Vol: 3 – N: 2 julio -diciembre 2026
DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

**Tabla 1**

**Corpus documental analizado**

| Documento | Tipo y alcance | Aporte principal para el estudio |
|---|---|---|
| Sanjito y Hyams-Ssekasi (2025) | Metaanálisis; 16 estudios cuasiexperimentales en secundaria | Efecto elevado del trabajo práctico sobre los resultados de aprendizaje. |
| Muilwijk y Lazonder (2023) | Metaanálisis; 35 estudios; 3 303 participantes | Sin ventaja global entre investigación física y virtual en el conocimiento conceptual. |
| de Jong et al. (2023) | Revisión de evidencia | La indagación es más efectiva combinada con guía e instrucción directa oportuna. |
| OECD (2023) | Marco de ciencias de PISA 2025 | Define las competencias de la alfabetización científica. |
| Delgado Jácome (2025) | Estudio cuantitativo; 355 estudiantes de 11 instituciones públicas del Ecuador | Estado y uso de los laboratorios de Ciencias Naturales en la Sierra y la Amazonía. |
| Ávila et al. (2023) | Experiencia de extensión; escuela primaria sin laboratorio | Diseño de experiencias de física de bajo costo con docentes. |
| Manjarrez-Sandoval y Machin-Mastromatteo (2025) | Estudio cuasiexperimental; 33 estudiantes de secundaria | Percepciones sobre siete prácticas con materiales sencillos. |
| Araújo et al. (2025) | Propuesta didáctica para secundaria | Secuencia con indicadores naturales y materiales domésticos. |
| MINEDEC (2025) | Currículo priorizado de Básica Superior | Destrezas de indagación experimental en Ciencias Naturales. |

**Nota.** Elaboración propia a partir de los documentos revisados. MINEDEC = Ministerio de Educación, Deporte y Cultura del Ecuador; OECD = Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

Como se observa en la Tabla 1, el corpus combina dos metaanálisis, una revisión de evidencia, un marco internacional de evaluación, un estudio realizado en instituciones ecuatorianas, tres experiencias latinoamericanas y un documento curricular oficial. Esta composición permitió relacionar la evidencia internacional con la situación de los laboratorios en el país y con propuestas aplicables en el aula.

**Categorías de análisis**

La información se organizó en cuatro categorías previas: efectos del trabajo práctico, alfabetización científica, situación en el Ecuador y experiencias de bajo costo. Durante el análisis surgió una quinta categoría, referida a las condiciones didácticas que favorecen la efectividad del trabajo práctico. La Tabla 2 presenta estas categorías y sus subcategorías.

REVISTA CIENTÍFICA TSAFIKI
Vol: 3 – N: 2 julio -diciembre 2026
DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

**Tabla 2**

**Categorías y subcategorías de análisis**

| Categoría | Subcategorías | Pregunta de investigación asociada |
|---|---|---|
| Efectos del trabajo práctico | Rendimiento, conocimiento conceptual, modalidad física y virtual | ¿Qué efectos tiene el trabajo práctico sobre el aprendizaje científico? |
| Alfabetización científica | Explicar fenómenos, diseñar indagaciones, interpretar datos, usar información científica | ¿Qué competencias de alfabetización científica puede movilizar? |
| Situación en el Ecuador | Disponibilidad y uso de laboratorios, guías, preparación docente | ¿En qué condiciones se desarrolla el trabajo experimental en el país? |
| Experiencias de bajo costo | Materiales cotidianos, diseño de prácticas, resultados | ¿Qué aportan las experiencias con materiales de bajo costo? |
| Condiciones didácticas (emergente) | Guía docente, frecuencia, seguridad, formación | ¿Qué condiciones favorecen su efectividad? |

**Nota.** Elaboración propia.

### Procedimiento y análisis de la información

El procedimiento se desarrolló en cuatro momentos. Primero, se realizó la búsqueda y selección de documentos. Segundo, se efectuó una lectura analítica para registrar el tipo de estudio, la población, el tipo de práctica y los resultados reportados, incluidos los tamaños del efecto y los porcentajes cuando estaban disponibles. Tercero, la información se organizó mediante análisis de contenido en las categorías de la Tabla 2. Finalmente, los hallazgos se contrastaron entre sí y con el currículo nacional mediante triangulación entre fuentes, con el fin de construir una síntesis interpretativa y propuestas para la práctica.

En cuanto a los aspectos éticos, se respetó la autoría de las fuentes mediante su citación conforme a las normas APA, séptima edición, y se reportaron los resultados de acuerdo con lo expresado por sus autores, incluidas las limitaciones que ellos señalan.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados se presentan según las categorías de análisis. En cada apartado se describen los hallazgos principales y se resumen en una tabla para facilitar su comparación.

### 1. Efectos del trabajo práctico sobre el aprendizaje científico

El metaanálisis de Sanjito y Hyams-Ssekasi (2025) reunió dieciséis estudios cuasiexperimentales que compararon el trabajo práctico con la enseñanza teórica en secundaria, considerando resultados cognitivos, afectivos y psicomotores. Los autores encontraron un

REVISTA CIENTÍFICA TSAFIKI
Vol: 3 – N: 2 julio -diciembre 2026
DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

efecto general elevado (g = 1,15), aunque con una heterogeneidad muy alta ($I^2$ = 94,43 %), que atribuyen a diferencias reales en la calidad de la implementación, la competencia docente y la disponibilidad de recursos. Concluyen que los beneficios del trabajo práctico dependen de objetivos de enseñanza bien definidos, de una formación docente adecuada y de una infraestructura apropiada.

En relación con la modalidad, Muilwijk y Lazonder (2023) analizaron 35 estudios con 3 303 participantes y no encontraron una ventaja global de la investigación física ni de la virtual sobre el conocimiento conceptual (g = −0,14). En el caso de los adolescentes, la diferencia fue prácticamente nula (g = −0,04); la investigación virtual solo resultó más efectiva en adultos y cuando el contacto con los objetos no aportaba información relevante sobre el concepto estudiado. Por su parte, de Jong et al. (2023) sostienen que la indagación favorece el aprendizaje conceptual y recomiendan combinarla con instrucción directa en momentos oportunos, en coherencia con el efecto positivo de la guía reportado por Lazonder y Harmsen (2016). La Tabla 3 sintetiza estos hallazgos.

**Tabla 3**

**Efectos del trabajo práctico sobre el aprendizaje científico**

| Documento | Comparación | Hallazgo principal |
|---|---|---|
| Sanjito y Hyams-Ssekasi (2025) | Trabajo práctico frente a enseñanza teórica | g = 1,15; heterogeneidad muy alta ($I^2$ = 94,43 %); beneficios condicionados por objetivos claros, formación docente e infraestructura |
| Muilwijk y Lazonder (2023) | Investigación física frente a virtual | g = −0,14, sin diferencia significativa; adolescentes g = −0,04, sin diferencia; ventaja virtual solo en adultos o cuando el tacto no aporta información relevante |
| de Jong et al. (2023) | Indagación frente a instrucción directa | La indagación favorece el aprendizaje conceptual; se recomienda combinarla con instrucción directa en momentos oportunos |
| Lazonder y Harmsen (2016) | Indagación con y sin guía | d = 0,50 en resultados de aprendizaje a favor de la indagación guiada |

**Nota.** Elaboración propia a partir de Sanjito y Hyams-Ssekasi (2025), Muilwijk y Lazonder (2023), de Jong et al. (2023) y Lazonder y Harmsen (2016). En Muilwijk y Lazonder (2023), los valores negativos favorecen la investigación virtual.

La Tabla 3 muestra que el trabajo práctico tiene un potencial elevado, pero que su efecto varía mucho según cómo se diseñe y se acompañe. El hallazgo de Muilwijk y Lazonder (2023) es especialmente útil para instituciones con pocos recursos, pues indica que lo importante no es

REVISTA CIENTÍFICA TSAFIKI
Vol: 3 – N: 2 julio -diciembre 2026
DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

la sofisticación del equipo, sino que el estudiante investigue con sentido.

**2. Trabajo práctico y alfabetización científica**

El marco de ciencias de PISA 2025 define la alfabetización científica a partir de competencias que se aplican en contextos personales, locales y globales, y que requieren conocimientos de contenido, procedimentales y epistémicos (OECD, 2023). En este marco, se otorga mayor énfasis a la construcción y evaluación de diseños de indagación como parte del proceso de investigación, y se incorpora la competencia de investigar, evaluar y usar información científica para tomar decisiones. La Tabla 4 relaciona estas competencias con el trabajo práctico.

**Tabla 4**

**Competencias de alfabetización científica de PISA 2025 y su relación con el trabajo práctico**

| Competencia de PISA 2025 | Descripción | Aporte del trabajo práctico |
|---|---|---|
| Explicar fenómenos científicamente | Usar conocimientos científicos para explicar fenómenos naturales y tecnológicos | Observar un fenómeno real y contrastar explicaciones |
| Construir y evaluar diseños de indagación científica e interpretar datos y evidencias de forma crítica | Plantear preguntas investigables, diseñar procedimientos, analizar datos y valorar conclusiones | Diseñar el experimento, controlar variables, registrar y analizar datos propios |
| Investigar, evaluar y usar información científica para la toma de decisiones y la acción | Buscar y valorar información científica en distintas fuentes | Contrastar los resultados con fuentes confiables y decidir acciones |

**Nota.** Elaboración propia a partir de OECD (2023).

Como se observa en la Tabla 4, el trabajo práctico puede movilizar las tres competencias, siempre que el estudiante participe en el diseño de la indagación y en el análisis de sus propios datos. Una práctica en la que solo se siguen instrucciones desarrolla, en el mejor de los casos, la primera competencia, mientras que una práctica en la que el estudiante formula la pregunta, decide el procedimiento e interpreta los resultados se acerca a la alfabetización científica en su sentido completo.

**3. Situación del trabajo experimental en el Ecuador**

El estudio de Delgado Jácome (2025), realizado con estudiantes de tres subniveles de Básica Superior y tres de Bachillerato en instituciones públicas de Tena, Ibarra, Tulcán, Riobamba, Cañar, Azogues, Cuenca y Quito, ofrece un panorama de las condiciones en que se

REVISTA CIENTÍFICA TSAFIKI
Vol: 3 – N: 2 julio -diciembre 2026
DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

desarrolla el trabajo experimental en el país. La Tabla 5 resume sus principales resultados.

**Tabla 5**

**Disponibilidad y uso de los laboratorios de Ciencias Naturales en instituciones públicas ecuatorianas**

| Aspecto | Resultado reportado |
|---|---|
| Instituciones con laboratorio | 71,43 %; el 28,57 % usa un aula como laboratorio |
| Equipamiento | 11 % lo considera bien equipado; 37,57 % señala falta de equipos; 51,43 % no está seguro |
| Uso por asignatura | Biología 57,14 %; Química 32,15 %; Física 10,71 %; Ciencias de la Tierra 0 % |
| Guía ministerial de laboratorio | 62,86 % nunca la usa y 25,87 % desconoce su existencia; 68,57 % no ha realizado experimentos de la guía |
| Preparación docente percibida | 80,56 % considera que su docente no está capacitado para usar el laboratorio |
| Vínculo teoría-práctica | 45,87 % señala que el laboratorio no le ayudó a aplicar la teoría a situaciones reales |
| Interés vocacional | 74,29 % desearía una carrera relacionada con laboratorios y experimentos |

**Nota.** Elaboración propia a partir de Delgado Jácome (2025). Los porcentajes corresponden a las respuestas de los estudiantes encuestados; el autor advierte que el muestreo no es representativo y que muchas respuestas fueron de incertidumbre.

Los datos de la Tabla 5 indican que el principal problema no es solo la falta de laboratorios, sino su escaso aprovechamiento. La mayoría de los estudiantes no utiliza la guía ministerial y percibe que sus docentes no están preparados para el uso del laboratorio. Al mismo tiempo, el alto interés vocacional por las actividades experimentales muestra una disposición favorable que la escuela podría aprovechar. El autor propone mejorar el equipamiento, capacitar de forma continua a los docentes y adaptar la guía ministerial a los contextos regionales.

**4. Experiencias con materiales de bajo costo**

Las experiencias latinoamericanas revisadas muestran distintas formas de realizar trabajo práctico con recursos accesibles. Ávila et al. (2023) diseñaron, junto con los docentes de una escuela primaria sin laboratorio, experiencias de electricidad y óptica de bajo costo, una guía de actividades y pósteres; participaron 80 estudiantes, quienes mostraron interés y comprensión de los conceptos, y los docentes aprendieron a usar equipamiento que la escuela tenía guardado sin uso.

Manjarrez-Sandoval y Machin-Mastromatteo (2025) aplicaron siete prácticas con materiales sencillos a 33 estudiantes de secundaria, entre ellas cálculo de densidad,

REVISTA CIENTÍFICA TSAFIKI
Vol: 3 – N: 2 julio -diciembre 2026
DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

cromatografía en papel y solubilidad. Encontraron que los estudiantes con mejores experiencias de laboratorio también reportaban mayor gusto por la ciencia, aunque las prácticas no produjeron un efecto significativo en el interés ni en las calificaciones, por lo que recomiendan intervenciones más frecuentes y prolongadas. Araújo et al. (2025), por su parte, propusieron una secuencia didáctica con indicadores ácido-base naturales y materiales domésticos orientada a la autonomía y la curiosidad científica. La Tabla 6 resume estas experiencias.

**Tabla 6**

**Experiencias de trabajo práctico con materiales de bajo costo**

| Documento | Experiencia | Resultados y límites |
|---|---|---|
| Ávila et al. (2023) | Experiencias de electricidad y óptica con materiales de bajo costo, guía y pósteres, en una escuela sin laboratorio | 80 estudiantes; interés y comprensión de conceptos; docentes aprendieron a usar equipos guardados; kits donados a la escuela |
| Manjarrez-Sandoval y Machin-Mastromatteo (2025) | Siete prácticas con materiales sencillos (densidad, cromatografía en papel, solubilidad y temperatura, entre otras) | Mejores experiencias asociadas a mayor gusto por la ciencia; sin efecto significativo en el interés ni en las calificaciones; recomiendan intervenciones más largas |
| Araújo et al. (2025) | Indicadores ácido-base naturales y reacción entre lejía y bebida de cola | Propuesta orientada a la autonomía y la curiosidad; no reporta evaluación de resultados |

**Nota.** Elaboración propia a partir de Ávila et al. (2023), Manjarrez-Sandoval y Machin-Mastromatteo (2025) y Araújo et al. (2025).

## 5. Condiciones didácticas para la efectividad del trabajo práctico

Una categoría que emergió del análisis fue la de las condiciones que hacen que el trabajo práctico produzca aprendizaje. La distinción de Abrahams y Millar (2008) entre manipular objetos y pensar con ideas se complementa con la recomendación de combinar indagación y guía (de Jong et al., 2023) y con la necesidad de objetivos claros, formación docente e infraestructura adecuada (Sanjito y Hyams-Ssekasi, 2025). A ello se suman la frecuencia de las prácticas (Manjarrez-Sandoval y Machin-Mastromatteo, 2025), la posibilidad de combinar recursos físicos y virtuales (Muilwijk y Lazonder, 2023) y el fortalecimiento de los protocolos de seguridad (Delgado Jácome, 2025). La Tabla 7 sintetiza estas condiciones.

**Tabla 7**

**Condiciones didácticas para la efectividad del trabajo práctico**

| Condición | Descripción | Sustento |
|---|---|---|

REVISTA CIENTÍFICA TSAFIKI
Vol: 3 – N: 2 julio -diciembre 2026
DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

| | | |
|---|---|---|
| Manos y mente | La práctica exige pensar con ideas, no solo manipular objetos | Abrahams y Millar (2008) |
| Guía docente | Andamiaje e instrucción directa en momentos oportunos | de Jong et al. (2023); Lazonder y Harmsen (2016) |
| Objetivos claros | Cada práctica responde a una pregunta y a una destreza definida | Sanjito y Hyams-Ssekasi (2025) |
| Formación docente | Preparación para diseñar y conducir prácticas | Delgado Jácome (2025); Sanjito y Hyams-Ssekasi (2025) |
| Frecuencia y continuidad | Prácticas frecuentes y sostenidas durante el año | Manjarrez-Sandoval y Machin-Mastromatteo (2025) |
| Combinación física y virtual | Usar simulaciones cuando no hay materiales o el fenómeno no es observable | Muilwijk y Lazonder (2023) |
| Seguridad | Protocolos y materiales sin riesgo para los estudiantes | Delgado Jácome (2025) |

**Nota.** Elaboración propia a partir del análisis del corpus y de los referentes de contraste.

**Síntesis integradora de los resultados**

En conjunto, los resultados muestran que el trabajo práctico tiene un potencial elevado para el aprendizaje científico, que los materiales de bajo costo permiten realizarlo aun sin laboratorio y que su efectividad depende del diseño didáctico, la guía docente y la continuidad de las prácticas. A partir de esta síntesis, la Tabla 8 propone ejemplos de prácticas de bajo costo para cada año de Educación General Básica Superior, con su pregunta investigable, los materiales y la competencia de alfabetización científica que movilizan.

**Tabla 8**

**Propuesta de prácticas experimentales de bajo costo para Educación General Básica Superior**

| Año | Pregunta investigable | Materiales de bajo costo | Competencia de PISA 2025 que moviliza |
|---|---|---|---|
| 8.º EGB | ¿Qué factores influyen en la germinación de una semilla? | Semillas de fréjol o maíz, algodón, vasos reciclados, agua, regla | Diseñar la indagación y controlar variables |
| 8.º EGB | ¿Cómo podemos observar las células de una planta? | Cebolla, lupa o microscopio escolar, yodo o tinta, portaobjetos | Explicar fenómenos |

REVISTA CIENTÍFICA TSAFIKI
Vol: 3 – N: 2 julio -diciembre 2026
DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9.º EGB | ¿Por qué algunos objetos flotan y otros se hunden? | Botellas, agua, sal, huevo, balanza de cocina, objetos del aula | Interpretar datos de masa y volumen |
| 9.º EGB | ¿Cómo podemos separar los componentes de una mezcla? | Filtros de café, embudos de botella, arena, sal, marcadores para cromatografía | Diseñar procedimientos y explicar |
| 10.º EGB | ¿Qué sustancias de la casa son ácidas o básicas? | Col morada, vinagre, limón, bicarbonato, jabón, vasos transparentes | Interpretar evidencias y comunicar |
| 10.º EGB | ¿Cómo influye la superficie en el movimiento de un objeto? | Tabla inclinada, carrito o canica, cronómetro del celular, cinta métrica | Registrar y analizar datos |

**Nota.** Elaboración propia. Las prácticas deben ajustarse a las destrezas con criterios de desempeño del currículo vigente de cada año y revisarse en cuanto a seguridad antes de su aplicación.

## DISCUSIÓN

Los resultados permiten afirmar que el trabajo práctico experimental constituye una estrategia con respaldo empírico para el aprendizaje de las ciencias en secundaria. El efecto elevado reportado por Sanjito y Hyams-Ssekasi (2025) coincide con la idea de que el laboratorio es un componente central de la enseñanza científica (Hofstein y Lunetta, 2004). Sin embargo, la alta heterogeneidad de ese metaanálisis indica que no todas las prácticas producen el mismo resultado, lo que confirma la advertencia de Abrahams y Millar (2008): una práctica puede mantener ocupadas las manos de los estudiantes sin que su pensamiento se involucre.

Un hallazgo especialmente relevante para el contexto ecuatoriano es que, en adolescentes, la investigación física y la virtual producen resultados comparables en el conocimiento conceptual (Muilwijk y Lazonder, 2023). Esto significa que la ausencia de un laboratorio equipado no impide el aprendizaje científico, siempre que el estudiante tenga oportunidades reales de investigar. Los materiales de bajo costo y, cuando sea posible, las simulaciones gratuitas pueden complementarse para atender fenómenos que no se pueden observar directamente en el aula.

Al mismo tiempo, la situación descrita por Delgado Jácome (2025) muestra que el problema no se resuelve solo con recursos. Que la mayoría de los estudiantes no haya utilizado la guía ministerial de laboratorio y perciba poca preparación docente sugiere que la formación del profesorado es una condición tan importante como el equipamiento. Las experiencias de Ávila et al. (2023), en las que los docentes descubrieron cómo usar materiales que la escuela ya

REVISTA CIENTÍFICA TSAFIKI
Vol: 3 – N: 2 julio -diciembre 2026
DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

tenía, refuerzan esta idea: muchas veces el recurso existe, pero falta el diseño y el acompañamiento para aprovecharlo.

Los resultados de Manjarrez-Sandoval y Machin-Mastromatteo (2025) aportan otro matiz. Aunque las prácticas se asociaron con mayor gusto por la ciencia, no produjeron cambios significativos en las calificaciones durante el período estudiado, lo que sugiere que los efectos del trabajo práctico requieren continuidad. Una práctica aislada al final del trimestre difícilmente modificará el aprendizaje; se necesitan prácticas frecuentes, integradas a la planificación y vinculadas con los contenidos que se están estudiando.

A partir de estos hallazgos, y considerando la recomendación de combinar indagación con guía docente (de Jong et al., 2023), la Tabla 9 propone una secuencia de fases para una práctica experimental que involucre tanto las manos como la mente de los estudiantes.

**Tabla 9**

**Propuesta de fases de una práctica experimental orientada a la alfabetización científica**

| Fase | Acción del estudiante | Acción del docente |
|---|---|---|
| 1. Pregunta | Formula o comprende una pregunta investigable | Presenta un fenómeno o situación cercana |
| 2. Predicción | Escribe qué cree que ocurrirá y por qué | Recoge las ideas previas sin corregirlas todavía |
| 3. Diseño | Define variables, materiales y procedimiento | Revisa el diseño y orienta el control de variables |
| 4. Experimentación | Realiza la práctica y registra datos | Supervisa la seguridad y enseña técnicas de medición |
| 5. Análisis | Organiza datos en tablas o gráficos y los interpreta | Modela el análisis y plantea preguntas de reflexión |
| 6. Explicación | Contrasta resultados con la predicción y con fuentes confiables | Conecta los resultados con los conceptos científicos |
| 7. Comunicación | Presenta un informe o exposición breve | Retroalimenta con criterios compartidos |

**Nota.** Elaboración propia a partir de Abrahams y Millar (2008), de Jong et al. (2023) y OECD (2023). La secuencia es una propuesta que no fue aplicada en este estudio.

La secuencia de la Tabla 9 incorpora la predicción antes de la experimentación y la explicación después de ella, dos momentos que obligan al estudiante a pensar con ideas científicas. También distribuye la guía docente a lo largo de la práctica, desde la orientación del diseño hasta el modelado del análisis de datos. Para valorar el desempeño de los estudiantes en

REVISTA CIENTÍFICA TSAFIKI
Vol: 3 – N: 2 julio -diciembre 2026
DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

estas prácticas, la Tabla 10 presenta una rúbrica analítica alineada con las competencias de alfabetización científica.

**Tabla 10**

**Propuesta de rúbrica analítica para evaluar prácticas experimentales**

| Criterio | En inicio (1) | En proceso (2) | Logrado (3) | Destacado (4) |
|---|---|---|---|---|
| Pregunta e hipótesis | No formula pregunta ni predicción | Formula una predicción sin justificar | Formula pregunta y predicción justificadas | Formula pregunta investigable y predicción basada en conceptos |
| Diseño experimental | Sigue pasos sin comprenderlos | Identifica algunas variables | Identifica y controla las variables principales | Propone mejoras al diseño |
| Registro y análisis de datos | Registro incompleto | Registra datos sin organizarlos | Organiza datos en tablas o gráficos y los interpreta | Interpreta datos y reconoce errores o limitaciones |
| Explicación científica | Describe lo que vio | Explica de forma parcial | Explica con conceptos científicos | Explica, compara con fuentes y plantea nuevas preguntas |
| Trabajo seguro y colaborativo | No sigue normas de seguridad | Sigue normas con recordatorios | Sigue normas y colabora | Promueve la seguridad y apoya al equipo |

**Nota.** Elaboración propia. La rúbrica es una propuesta derivada del análisis y requiere validación por expertos y pilotaje antes de su uso.

Desde la perspectiva institucional, estos resultados también interesan a los docentes de Educación General Básica que no son especialistas en Ciencias Naturales pero que enseñan la asignatura en los subniveles anteriores. Las prácticas de bajo costo y la secuencia de fases propuesta pueden adaptarse a distintos años, lo que favorece la continuidad de las habilidades científicas a lo largo de la escolaridad. Para ello, es recomendable que las instituciones organicen espacios de formación entre pares, en los que los docentes con mayor experiencia en el área compartan prácticas y protocolos de seguridad.

Entre las limitaciones del estudio se encuentran el tamaño reducido del corpus, la alta heterogeneidad del metaanálisis sobre trabajo práctico, el carácter no representativo del estudio ecuatoriano y la ausencia de evaluaciones rigurosas en varias de las experiencias de bajo costo revisadas. Además, al tratarse de una revisión documental, las propuestas de las Tablas 8, 9 y

DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

10 no han sido aplicadas ni validadas. Futuros estudios podrían implementarlas en instituciones del país y evaluar su incidencia en las competencias de alfabetización científica.

## CONCLUSIONES

El análisis realizado permite concluir que el trabajo práctico experimental con materiales de bajo costo constituye una alternativa viable y pertinente para fortalecer la alfabetización científica en Ciencias Naturales de Educación General Básica Superior, especialmente en instituciones con laboratorios insuficientes o subutilizados.

En relación con sus efectos, la evidencia muestra que el trabajo práctico tiene un efecto elevado sobre los resultados de aprendizaje en secundaria, aunque muy variable según su diseño, y que en adolescentes la investigación física y la virtual producen resultados comparables en el conocimiento conceptual. Esto indica que la calidad de la práctica importa más que la sofisticación de los recursos.

En cuanto a la alfabetización científica, se concluye que el trabajo práctico puede movilizar las competencias definidas por PISA 2025, siempre que el estudiante participe en la formulación de la pregunta, el diseño del procedimiento, el análisis de los datos y la explicación de los resultados. Las prácticas tipo receta, en cambio, limitan el desarrollo de estas competencias.

En el contexto ecuatoriano, los resultados revelan limitaciones de equipamiento, escaso uso de la guía ministerial y una percepción de baja preparación docente, junto con un alto interés de los estudiantes por las actividades experimentales. Se recomienda que las instituciones incorporen prácticas de bajo costo de manera frecuente en la planificación de Ciencias Naturales, que se fortalezca la formación docente en el diseño de prácticas de indagación guiada y que se establezcan protocolos de seguridad adecuados para el trabajo en el aula.

Finalmente, se recomienda desarrollar investigaciones aplicadas en instituciones educativas del país que permitan validar las prácticas y los instrumentos propuestos, y valorar su incidencia en el desarrollo de la alfabetización científica de los estudiantes de Educación General Básica Superior.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrahams, I., y 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

Araújo, J. L., Hahn, M., y Saúde, I. (2025). “Mi casa, mi laboratorio”: un enfoque didáctico

para la introducción al estudio de las reacciones redox utilizando materiales de bajo costo. *Educación Química*, *36*(1). https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.1.88964

Ávila, L., Dematte, R., Huespe, J., Céspedes, F., Sonzini, P., Prestipino, M., Rousselle, M., y Frassinelli, M. (2023). Diseño de experiencias de laboratorio de física de bajo costo para ciencias naturales en la escuela primaria. *Revista de Enseñanza de la Física*, *35*(n.º extra), 23–28.

de Jong, T., Lazonder, A. W., Chinn, C. A., Fischer, F., Gobert, J., Hmelo-Silver, C. E., Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K., y Zacharia, Z. C. (2023). Let's talk evidence – The case for combining inquiry-based and direct instruction. *Educational Research Review*, *39*, Artículo 100536. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100536

Delgado Jácome, J. I. (2025). Laboratorios en la enseñanza de Ciencias Naturales en la Sierra y Amazonía del Ecuador. En J. Cárdenas, F. Pesántez y S. Granda M. (Coords.), *Educación salesiana e interculturalidad: Reflexiones y prácticas para la transformación social* (pp. 121–142). Universidad Politécnica Salesiana; Abya-Yala. https://doi.org/10.17163/abyaups.114.923

Hofstein, A., y 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/sce.10106

Lazonder, A. W., y 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

Manjarrez-Sandoval, X., y Machin-Mastromatteo, J. D. (2025). Laboratorio escolar y aprendizaje de ciencias: percepciones de estudiantes chihuahuenses de secundaria. *Cuadernos Fronterizos*, *21*(65), 85–88. https://doi.org/10.20983/cuadfront.2025.65.18

Ministerio de Educación, Deporte y Cultura. (2025). *Currículo priorizado con énfasis en competencias comunicacionales, matemáticas, digitales y socioemocionales: Educación General Básica, Subnivel Superior*. https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/07/Curriculo-Priorizado-Superior.pdf

Muilwijk, S. E., y Lazonder, A. W. (2023). Learning from physical and virtual investigation: A meta-analysis of conceptual knowledge acquisition. *Frontiers in Education*, *8*, Artículo 1163024. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1163024

OECD. (2023). *PISA 2025 science framework* (borrador). OECD Publishing.

REVISTA CIENTÍFICA TSAFIKI
Vol: 3 – N: 2 julio -diciembre 2026
DOI: https://doi.org/10.70577/b9pxy693
ISSN:3103-1285

Sanjito, B. P., y Hyams-Ssekasi, D. (2025). The impact of science practical work on secondary school students' learning outcomes: A meta-analysis. *Journal of Research in Science, Mathematics and Technology Education*, *8*(3), 7–24. https://doi.org/10.31756/jrsmte.832