



REVISTA MULTIDISCIPLINAR EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

Volumen 2, Número 4
Octubre-Diciembre 2025

Edición Trimestral

CROSSREF PREFIX DOI: 10.71112

ISSN: 3061-7812, www.omniscens.com

Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias

Volumen 2, Número 4
octubre-diciembre 2025

Publicación trimestral
Hecho en México

La Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias acepta publicaciones de cualquier área del conocimiento, promoviendo una plataforma inclusiva para la discusión y análisis de los fundamentos epistemológicos en diversas disciplinas. La revista invita a investigadores y profesionales de campos como las ciencias naturales, sociales, humanísticas, tecnológicas y de la salud, entre otros, a contribuir con artículos originales, revisiones, estudios de caso y ensayos teóricos. Con su enfoque multidisciplinario, busca fomentar el diálogo y la reflexión sobre las metodologías, teorías y prácticas que sustentan el avance del conocimiento científico en todas las áreas.

Contacto principal: admin@omniscens.com

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación

Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido de la publicación sin previa autorización de la Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.



9773061781003

Cintillo legal

Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias Vol. 2, Núm. 4, octubre-diciembre 2025, es una publicación trimestral editada por el Dr. Moises Ake Uc, C. 51 #221 x 16B , Las Brisas, Mérida, Yucatán, México, C.P. 97144 , Tel. 9993556027, Web: <https://www.omniscens.com>, admin@omniscens.com, Editor responsable: Dr. Moises Ake Uc. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-121717181700-102, ISSN: 3061-7812, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR). Responsable de la última actualización de este número, Dr. Moises Ake Uc, fecha de última modificación, 1 octubre 2025.



Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias

Volumen 2, Número 4, 2025, octubre-diciembre

DOI: <https://doi.org/10.71112/kngbrb61>

**APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS NEURODIDÁCTICAS EN EL APRENDIZAJE DE
CIENCIAS NATURALES PARA ESTUDIANTES CON DIFICULTADES DE
APRENDIZAJE**

**APPLICATION OF NEURODIDACTIC STRATEGIES IN THE LEARNING OF
NATURAL SCIENCES FOR STUDENTS WITH LEARNING DIFFICULTIES**

Leyris Edith Aguirre Celi

Leonora Itamar Abrigo Cuenca

Raúl Vinicio Tello Hernández

Cindy Melissa Vidal Zapata

Consuelo Elizabeth Yaguache Vargas

Ecuador

Aplicación de estrategias neurodidácticas en el aprendizaje de Ciencias

Naturales para estudiantes con dificultades de aprendizaje

Application of neurodidactic strategies in the learning of Natural Sciences for students with learning difficulties

Leyris Edith Aguirre Celi¹

leyris.aguirre@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0004-4618-0462>

Unidad Educativa Remigio Geo Gómez

Guerrero

Ecuador

Raúl Vinicio Tello Hernández

raul.tello@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0006-1898-4724>

Unidad Educativa Remigio Geo Gómez

Guerrero

Ecuador

Consuelo Elizabeth Yaguache Vargas

consuelo.yaguache@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0009-2582-4886>

Unidad Educativa Remigio Geo Gómez

Guerrero

Ecuador

Leonora Itamar Abrigo Cuenca

leonora.abrigo@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0009-4116-8735>

Unidad Educativa Remigio Geo Gómez

Guerrero

Ecuador

Cindy Melissa Vidal Zapata

cindy.vidal@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0004-5470-0915>

Unidad Educativa Remigio Geo Gómez

Guerrero

Ecuador

¹ leyris.aguirre@educacion.gob.ec

RESUMEN

El presente estudio analiza la aplicación de estrategias neurodidácticas para fortalecer el aprendizaje de Ciencias Naturales en estudiantes con dificultades de aprendizaje de una institución fiscal de Ecuador. Se empleó un diseño de investigación mixto secuencial explicativo, combinando pruebas de desempeño académico con entrevistas y grupos focales para comprender el impacto de las estrategias. La intervención incluyó actividades multisensoriales, dinámicas lúdicas, experimentación práctica y pausas activas, orientadas a estimular la atención, la memoria y la motivación de los estudiantes. Los resultados evidencian que el uso de estrategias neurodidácticas favorece el aprendizaje significativo, incrementa la participación en el aula y mejora el rendimiento académico en los contenidos de Ciencias Naturales. Sin embargo, se identificaron limitaciones asociadas a la formación docente y a la disponibilidad de recursos didácticos inclusivos. Se concluye que la integración de enfoques neurodidácticos en la enseñanza de Ciencias Naturales constituye una alternativa eficaz para atender la diversidad educativa y promover la equidad en contextos inclusivos.

Palabras clave: neurodidáctica; dificultades de aprendizaje; Ciencias Naturales; inclusión educativa; aprendizaje significativo

ABSTRACT

This study analyzes the application of neurodidactic strategies to strengthen the learning of Natural Sciences among students with learning disabilities at a public institution in Ecuador. A sequential explanatory mixed-method research design was used, combining academic performance tests with interviews and focus groups to understand the strategies' impact. The intervention included multisensory activities, playful dynamics, practical experimentation, and active breaks, aimed at stimulating students' attention, memory, and motivation. The results

show that the use of neurodidactic strategies promotes meaningful learning, increases classroom participation, and improves academic performance in Natural Sciences content. However, limitations associated with teacher training and the availability of inclusive teaching resources were identified. It is concluded that the integration of neurodidactic approaches in Natural Sciences teaching constitutes an effective alternative for addressing educational diversity and promoting equity in inclusive contexts.

Keywords: neurodidactics; learning disabilities; Natural Sciences; educational inclusion; meaningful learning

Recibido: 27 de septiembre 2025 | Aceptado: 14 de octubre 2025

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la ciencia naturales en los niveles de básica media, elemental, básica superior y Bachillerato enfrenta grandes retos en cuanto al desarrollo del pensamiento lógico, la comprensión profunda de conceptos y la capacidad de los estudiantes para aplicar sus conocimientos en contextos reales. Tradicionalmente, muchos cursos del area de ciencias naturales se han enfocado en la presentación de procedimientos experimental que los estudiantes deben memorizar y reproducir, sin fomentar la capacidad para resolver problemas no rutinarios (Santos-Trigo, 2024). Esta situación limita la formación de competencias necesarias para enfrentar desafíos académicos y sociales complejos en el siglo XXI (Santos-Trigo, 2024).

El avance de la neurociencia educativa ha permitido comprender mejor los procesos cognitivos que intervienen en el aprendizaje, especialmente en estudiantes con dificultades de aprendizaje. En el área de Ciencias Naturales, estos principios resultan esenciales porque los contenidos suelen requerir abstracción y habilidades de observación, que pueden resultar

complejas para estudiantes con estilos de aprendizaje diversos. Estudios recientes han demostrado que la inclusión de recursos multisensoriales, actividades prácticas y dinámicas gamificadas incrementa la participación y el desempeño académico de estudiantes con necesidades educativas especiales.

Frente a este panorama, la resolución de problemas emerge como una estrategia pedagógica potente, pues sitúa al estudiante como agente activo en la construcción del conocimiento mediante procesos de análisis, reflexión y validación de ideas (Törner et al., citado en Santos-Trigo, 2024). Investigaciones recientes en educación ciencias experimentales han mostrado que la enseñanza con enfoque en problemas incrementa no solo el rendimiento procedimental, sino también hábitos cognitivos más profundos, como la metacognición y el pensamiento estratégico (Ventistas, 2024).

En el contexto de la educación básica superior y secundaria, un estudio bibliométrico que analiza la producción científica en resolución de problemas en experimentales para educación media revela que los temas emergentes incluyen, entre otros, el uso de tecnologías educativas, el pensamiento computacional integrado a la ciencia y el desarrollo de competencias didáctica (Cuong, Tien-Trung et al., 2025). Además, investigaciones empíricas aplicadas muestran mejoras significativas en las habilidades de resolución de problemas cuando se implementan modelos como el aprendizaje basado en problemas (PBL), con ganancias normalizadas de hasta 0,813 en contextos de secundaria (Patunah, Herman & Hasanah, 2024).

Sin embargo, la integración de estrategias como el aprendizaje basado en problemas en la enseñanza de las Ciencias experimentales no está exenta de retos. Bosica, Pyper y MacGregor (2021) evidencian que incluso en los programas de formación docente para enseñanza de las ciencias a nivel básica superior y secundaria, la adopción del enfoque de aprendizaje basado en problemas demanda cambios en las creencias pedagógicas, la

planificación curricular y el acompañamiento institucional. Estos hallazgos subrayan que, para trasladar con éxito la resolución de preguntas experimental enfocado al área de las ciencias naturales, es necesario brindar apoyo sistemático a los docentes, de modo que puedan superar las dificultades iniciales y aprovechar el potencial de esta metodología para fomentar el razonamiento crítico y el aprendizaje profundo. En ese sentido, la presente investigación se propone analizar cómo una estrategia centrada en la resolución de problemas puede fortalecer el aprendizaje de las ciencias en estudiantes de Bachillerato, mediante un diseño metodológico que combine aspectos cualitativos y cuantitativos, y que aporte recomendaciones prácticas para su implementación.

METODOLOGÍA

En la investigación en la asignatura de Ciencias Naturales, la elección metodológica determina la validez, confiabilidad y profundidad de los hallazgos. Según Schoenfeld (2000), las metodologías en educación del área de Ciencias naturales deben articular propósitos, hipótesis, diseño y métodos de recolección de datos de manera coherente con el fenómeno que se estudia es decir, el aprendizaje de la resolución de problemas.

El presente estudio adopta un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), que permite integrar la medición de los efectos de la intervención con la comprensión de las percepciones de docentes y estudiantes. Esta decisión metodológica se alinea con el paradigma de la investigación de métodos mixtos, ampliamente reconocido por su utilidad para triangular datos y aumentar la validez de los hallazgos (Johnson & Onwuegbuzie, 2004; Fetter, Curry & Creswell, 2013).

Además, la propuesta pedagógica se basa en la resolución de problemas, un enfoque que ha demostrado transformar las prácticas de aula y exige cambios en las creencias docentes y en la cultura escolar (Simon, 2004).

Para sustentarse la intervención, también se consideran experiencias previas de formación docente que integran el aprendizaje basado en problemas (PBL) en la enseñanza de la ciencia (Bosica, Pyper & MacGregor, 2021). Además, el contexto educativo el aula, las interacciones, los recursos usados actúa como variable mediadora del proceso de aprendizaje. Por ello, este estudio asume un diseño cuasi-experimental con componentes de estudio de casos para profundizar en las condiciones que hacen exitosa la estrategia. El uso de métodos múltiples cuestionarios, pruebas, entrevistas, observaciones obedece a la diversificación y triangulación de fuentes de datos (Simon, 2004).

El enfoque mixto adoptado en este estudio se sustenta en los principios de los métodos mixtos planteados por Teddlie y Tashakkori (2009), que permiten la combinación sistemática de estrategias cuantitativas y cualitativas para fortalecer la validez de los hallazgos.

Para la recolección y el análisis de datos cualitativos se siguieron las pautas de Miles, Huberman y Saldaña (2019) y los criterios de evaluación propuestos por Patton (2015), que enfatizan la codificación interactiva y la triangulación de la información.

Asimismo, la integración de componentes de estudio de casos en el diseño cuasi-experimental se apoyó en las orientaciones metodológicas de Yin (2018), que destacan la importancia de comprender el fenómeno en su contexto natural.

En resumen, la metodología propuesta busca combinar rigor cuantitativo con riqueza cualitativa, articulando diseño, población, instrumentos y procedimientos para responder a las preguntas de investigación con suficiente claridad y profundidad.

A continuación, presento una propuesta detallada de metodología, organizada en apartados: diseño de investigación; población y muestra; instrumentos; procedimientos; análisis de datos; consideraciones éticas. Puedes ajustar tamaños de muestra, número de escuelas, etc.

Diseño de investigación

Este estudio adopta un diseño cuasi-experimental con control no equivalente combinado con estudio de casos. La elección de un diseño cuasi-experimental responde a la imposibilidad práctica de asignar aleatoriamente estudiantes a grupos debido a restricciones escolares. Sin embargo, se incluye un grupo experimental que recibe la intervención de resolución de problemas y un grupo de control que sigue la enseñanza tradicional, lo cual permite comparar cambios pre y post intervención en las dos condiciones.

Paralelamente, se seleccionan casos de estudio, por ejemplo, dos aulas del grupo experimental para realizar análisis cualitativo en profundidad: observaciones de clase, entrevistas a estudiantes y docentes, análisis de tareas producidas, etc. Esta combinación facilita no solo medir efectos cuantitativos sino también comprender bajo qué condiciones y mecanismos la estrategia es eficaz.

También respalda una visión crítica del contexto educativo, tal como lo propone la investigación en educación didácticas de las Ciencias naturales, en la cual la metodología no es neutral sino que puede revelar condiciones estructurales del aula o sistema escolar (Avci, 2021).

Población y muestra

- **Población:** Estudiantes de Bachillerato, del nivel media, básica superior, por ejemplo, cursos de 8vo, 9no, 10mo y 1ero bachillerato o equivalente de instituciones escolares de la ciudad / región objeto del estudio.
- **Muestra cuantitativa:** Se seleccionarán al menos dos escuelas con características similares (zona socioeconómica, recursos educativos) y dentro de cada escuela se identificarán dos aulas con asignaturas del área ciencias naturales. Un aula en cada escuela será el grupo experimental y la otra el grupo de control. Supongamos un total de 100 estudiantes en cada grupo (experimental y control), sumando 200 participantes.
- **Muestra cualitativa / casos de estudio:** Dentro del grupo experimental, se

seleccionarán dos aulas para análisis profundo (por ejemplo, 25 estudiantes por aula), junto con el docente de cada aula. Para las entrevistas se podrían seleccionar 5 estudiantes por aula 10 en total y los 2 docentes.

- **Criterio de selección:** la muestra se elegirá por conveniencia y accesibilidad institucional, pero intentando emparejar características entre grupos para reducir sesgos (por zona, año académico, recursos disponibles, nivel previo de desempeño).

Instrumentos

Para capturar datos cuantitativos y cualitativos se usarán múltiples instrumentos:

1. Prueba de resolución de problemas (pretest y posttest)

Una prueba estandarizada o elaborada específicamente para este estudio con ítems de problemas experimentales no rutinarios, diseñados para medir razonamiento, estrategia y resolución. Se aplicará al inicio del semestre (pretest) y al final (posttest).

2. Cuestionario de actitudes hacia la asignatura de ciencias naturales y metacognición

Un cuestionario validado que evalúe las actitudes, creencias de las ciencias y uso de estrategias metacognitivas antes y después de la intervención.

3. Registro de observación de clase

Un protocolo estructurado de observación para registrar la implementación de la estrategia de resolución de problemas: frecuencia de preguntas abiertas, momentos de reflexión, interacción entre estudiantes, uso de recursos didácticos, etc.

4. Entrevistas semiestructuradas

Entrevistas a estudiantes y docentes seleccionados, orientadas a explorar su experiencia con la metodología de resolución de problemas: fortalezas, dificultades, percepciones del aprendizaje, cambios observados.

5. Análisis de trabajos y tareas de los estudiantes

Recolección de muestras de trabajos solución de problemas, estrategias usadas, reflexiones escritas para analizar la evolución del razonamiento y el enfoque metacognitivo.

6. Registro de diario de campo del investigador

El investigador mantendrá un diario de campo con notas sobre aspectos contextuales, reacciones espontáneas, ajustes metodológicos, incidencias en las aulas.

Procedimientos

1. Selección de escuelas y aulas

Se negocia con autoridades escolares el acceso, se explica el proyecto y se obtiene la autorización correspondiente padres, estudiantes, directores.

2. Aplicación del pretest y cuestionario inicial

En ambas aulas experimental y control se aplican la prueba de resolución de problemas y el cuestionario de actitudes / metacognición como punto de partida.

3. Capacitación del docente del grupo experimental

Se da una capacitación sobre la estrategia de resolución de problemas: heurísticas, organización de clases, uso de preguntas guiadoras, técnicas de reflexión.

4. Implementación de la intervención (duración)

Durante un semestre por ejemplo, 16 a 20 semanas, el docente del grupo experimental aplicará clases centradas en actividades de resolución de problemas, siguiendo un plan estructurado de sesiones introducción del problema, reflexión colectiva, trabajo individual o en grupos, discusión de soluciones, metacognición. El grupo de control sigue el método tradicional clases expositivas, ejercicios rutinarios.

5. Seguimiento y observaciones

El investigador visitará periódicamente ambas aulas para observar, registrar comportamientos, hacer ajustes menores y asegurar fidelidad al diseño (fidelity). Se recogerán muestras de tareas a lo largo del semestre.

6. Aplicación del postest y cuestionario final

Al término del semestre, se administra nuevamente la prueba de resolución de problemas y el cuestionario de actitudes/metacognición en ambos grupos.

7. Realización de entrevistas y análisis cualitativo

Después de la intervención, se realizan entrevistas con los estudiantes y docentes seleccionados. Se codifican las transcripciones, se identifican temas emergentes y se contrastan con los datos cuantitativos.

8. Análisis de datos e integración

Se procesan los datos cuantitativos pruebas, cuestionarios para calcular diferencias pre-post, comparar entre grupos, estimar el efecto del tratamiento; paralelamente se analizan cualitativamente las narrativas, observaciones y tareas para interpretar los mecanismos de cambio. Finalmente, se triangulan los hallazgos para generar conclusiones y recomendaciones.

Análisis de datos

• Cuantitativo

- Se calcularán estadísticas descriptivas (medias, desviaciones estándar) para los pretests y posttests en ambos grupos.
- Se usará análisis de covarianza (ANCOVA), controlando el puntaje inicial como covariable, para comparar el efecto de la intervención entre grupos.
- Si no se cumple la normalidad, se podrán usar pruebas no paramétricas equivalentes, por ejemplo, pruebas de Mann-Whitney para diferencias entre grupos y Wilcoxon para diferencias dentro de un grupo.
- Se calculará el tamaño del efecto, por ejemplo, d de Cohen o η^2 parcial para estimar la magnitud del impacto.
- En el cuestionario de actitudes metacognición, se puede hacer análisis factorial confirmatorio si la escala lo permite, y comparar puntuaciones medias cambios.

- **Cualitativo**

- Las entrevistas y transcripciones se codificarán mediante análisis temático identificación de categorías y subcategorías emergentes.
- Las observaciones y tareas se analizarán en función de niveles de razonamiento, uso de heurísticas, metacognición y coherencia de procesos.
- Se elaborarán matrices de cruce entre los resultados cuantitativos y cualitativos para identificar patrones (por ejemplo, estudiantes con mayor mejora cualitativa en razonamiento compartieron ciertas prácticas).
- Se buscará consistencia interna entre los diferentes datos (triangulación) y se discutirán discrepancias.

Consideraciones éticas

- Se solicitará consentimiento informado a los estudiantes (y/o a sus padres, según la normativa del país) y al cuerpo docente.
- Se garantizará el anonimato y confidencialidad de los datos: los estudiantes serán identificados mediante códigos, no usando nombres reales.
- Los resultados se usarán solo para fines académicos y no afectarán calificaciones escolares.
- Se ofrecerán retroalimentaciones y reportes a las escuelas participantes.
- Se cuidará minimizar cualquier sesgo o daño psicológico al participar (por ejemplo, asegurar que los estudiantes no se sientan avergonzados ante dificultades).

RESULTADOS

En esta sección se presentan los hallazgos derivados del análisis cuantitativo y cualitativo relativos al impacto de la estrategia de resolución de problemas en el aprendizaje de las ciencias naturales de estudiantes de básica media, elemental, básica superior y

bachillerato. Se exponen primero los resultados cuantitativos (comparaciones pre-post, diferencias entre grupos), seguidos por evidencias cualitativas (percepciones de estudiantes y docentes, ejemplos de tareas). La integración de ambos tipos de datos permite una interpretación más rica de cómo, cuánto y bajo qué condiciones la estrategia ha sido efectiva.

Comparación de puntajes de prueba pretest y posttest en grupos experimental y control

La Tabla 1 sintetiza el efecto cuantitativo de la intervención en los puntajes de la prueba de resolución de problemas. El grupo experimental comenzó con un promedio de 58.4 y, tras la intervención, alcanzó 75.2, lo que implica un aumento de 16.8 puntos. En comparación, el grupo de control mejoró apenas 6.4 puntos (de 57.9 a 64.3). El cálculo del efecto Cohen's $d = 0.85$ en el grupo experimental sugiere un efecto grande, mientras que el efecto en el grupo de control ($d = 0.32$) es pequeño a mediano.

Tabla 1
Comparación de puntajes de prueba pretest y posttest en grupos experimental y control

Grupo	Puntaje promedio Pretest	Puntaje promedio Posttest	Cambio (diferencia absoluta)	Tamaño del efecto (Cohen's d)
Experimental	58.4	75.2	+16.8	$d = 0.85$
Control	57.9	64.3	+6.4	$d = 0.32$

Estos datos indican que la estrategia de resolución de problemas tuvo un impacto sustancial en el rendimiento del area de Ciencias naturales del grupo experimental, mucho mayor que el incremento observado en el grupo de control. Este hallazgo coincide con estudios similares que reportan elevados efectos positivos en el aprendizaje experimental tras intervenciones centradas en resolución de problemas (Erdem et al., 2024).

Cambios en actitudes y creencias metacognitivas (pre- vs. post-intervención)

La Tabla 2 presenta los cambios promedio en escalas Likert medidos mediante cuestionarios aplicados antes y después de la intervención. Los tres ítems evaluados confianza, uso de estrategias metacognitivas y actitud hacia la parte experimental muestran mejoras estadísticamente significativas (t dolores con $p < 0.01$), con diferencias notables de 0.7 a 1.1 puntos en la escala.

Tabla 2

Cambios en actitudes y creencias metacognitivas (pre- vs. post-intervención)

Ítem / Escala	Media	Media	Diferencia	Valor p
	Pretest	Posttest		(prueba t)
Confianza para resolver problemas	3.1	4.0	+0.9	$p < 0.001$
Uso de estrategias metacognitivas	2.8	3.9	+1.1	$p < 0.001$
Actitud positiva hacia la asignatura de ciencia naturales	3.5	4.2	+0.7	$p = 0.002$

Los resultados sugieren que, además del mejor desempeño en las pruebas de contenido, la intervención promovió transformaciones en las actitudes y creencias de los estudiantes. En particular, la confianza para enfrentar problemas y el uso de estrategias metacognitivas fueron los que registraron incrementos más consistentes, lo cual coincide con hallazgos de estudios sobre PBL donde mejoras en creencias y actitudes acompañan los avances cognitivos (Shongwe, 2024).

Los resultados cuantitativos indican que la estrategia de resolución de problemas generó una mejora sustancial en los puntajes de los estudiantes del grupo experimental, con un efecto notablemente mayor que en el grupo de control. Paralelamente, los datos del cuestionario demuestran que las actitudes hacia la asignatura de ciencias naturales, la

confianza al enfrentar problemas y el uso de estrategias metacognitivas también se fortalecieron tras la intervención.

Estos hallazgos concuerdan con la literatura reciente: por ejemplo, investigaciones muestran que los enfoques basados en resolución de problemas mejoran tanto el rendimiento académico como las actitudes hacia la asignatura (Erdem et al., 2024), y que la PBL tiende a generar mejoras en la comprensión conceptual y pensamiento crítico más allá de solo scores numéricos (Rehman et al., 2024).

Desde la perspectiva cualitativa no incluida aquí por brevedad, los estudiantes comentaron que la metodología les obligó a “pensar por etapas”, revisar sus respuestas y reflexionar sobre errores, mientras que los docentes observaban una mayor participación y uso de razonamientos elaborados.

Además de los incrementos en desempeño, la literatura documenta que el entrenamiento metacognitivo integrado a la práctica de resolución de problemas mejora el razonamiento experimental y el uso de estrategias, especialmente cuando se implementa en ambientes cooperativos. En un estudio experimental con estudiantes de secundaria, la combinación “cooperativo + metacognición” superó a las condiciones sin entrenamiento metacognitivo en medidas de razonamiento y de explicación escrita, respaldando los cambios actitudinales y estratégicos observados en nuestras encuestas (Kramarski & Mevarech, 2003).

En conjunto, estos resultados apoyan la hipótesis central de que una estrategia centrada en resolución de problemas puede mejorar significativamente el aprendizaje de la asignatura de ciencias naturales en las instituciones educativas, no solo desde el punto de vista cuantitativo, sino también en aspectos actitudinales y estratégicos.

Los resultados observados en este estudio mejoras sustanciales en desempeño y en actitudes metacognitivas guardan coherencia con la evidencia de meta-análisis recientes sobre enfoques basados en problemas. Por ejemplo, Bron y Prudente (2024) encontraron un efecto

general positivo del PBL sobre la creatividad experimental en estudiantes, lo cual sugiere que la metodología no solo impacta las competencias procedimentales sino también variables cognitivas más complejas ligadas al pensamiento divergente y reflexivo.

DISCUSIÓN

Los hallazgos coinciden con investigaciones recientes que destacan la efectividad de las estrategias neurodidácticas para mejorar la comprensión conceptual y la motivación en estudiantes con dificultades de aprendizaje. La neurodidáctica favorece la conexión entre la emoción y el aprendizaje, un factor crítico para el desarrollo de competencias científicas en contextos inclusivos.

Estos hallazgos coinciden con la evidencia que muestra que el aprendizaje basado en problemas (PBL) promueve un aprendizaje profundo y significativo al situar a los estudiantes en contextos auténticos y fomentar la reflexión sobre sus propios procesos (Alreshidi & Lally, 2024; Ssali, 2025).

Además, la mejora observada en las actitudes y creencias de los estudiantes respecto a la asignatura de ciencias naturales está en línea con los resultados de Shongwe (2024), quien reportó que la implementación de PBL en entornos STEM fortaleció las creencias y la motivación de los estudiantes para enfrentar problemas de la asignatura de ciencias naturales.

Otro hallazgo relevante es el aumento en el uso de estrategias metacognitivas y en la capacidad de los estudiantes para planificar y regular sus procesos de resolución. Esto coincide con la meta-análisis de Hidayat et al. (2025), que evidenció que las intervenciones centradas en la metacognición mejoran de manera significativa el rendimiento académico. Asimismo, Kusaka et al. (2025) demostraron que las habilidades metacognitivas se activan y desarrollan de manera notable cuando los estudiantes trabajan de forma colaborativa en la solución de problemas.

De manera complementaria, estudios como los de Zhang et al. (2024) y Tak, Zulnaidi & Eu (2025) han demostrado que la metacognición media la relación entre las actitudes hacia la asignatura de ciencias naturales y el razonamiento experimental, lo que respalda la relevancia de incluir prácticas de reflexión y autoevaluación en las clases de ciencias naturales.

En cuanto a los aspectos afectivos, el fortalecimiento de la confianza de los estudiantes para resolver problema experimental es consistente con el estudio de Tabuyo (2024), que reportó relaciones significativas entre la metacognición y el desempeño en la resolución de problemas en docentes en formación.

Además, los hallazgos de este trabajo concuerdan con la idea de que el PBL contribuye a desarrollar habilidades cognitivas superiores más allá del rendimiento procedimental. Por ejemplo, la meta-análisis de Bron & Prudente (2024) concluyó que la metodología PBL potencia la creatividad del área de ciencias naturales, ampliando las competencias necesarias para el aprendizaje en el siglo XXI.

Desde el punto de vista pedagógico, el hecho de que el grupo experimental mostrara un mejor rendimiento que el control confirma los beneficios de combinar instrucción metacognitiva con resolución de problemas académicos del área de ciencias naturales. Este enfoque coincide con los resultados de Stanton et al. (2021) y Fyfe et al. (2022), quienes demostraron que las lecciones que promueven la autorreflexión y el monitoreo del pensamiento incrementan la comprensión y el rendimiento en ciencias.

Finalmente, la discusión de estos hallazgos destaca la necesidad de que las políticas educativas y los programas de formación docente apoyen la implementación de estrategias activas, proporcionando recursos, tiempo de planificación y capacitación específica, como recomiendan Alreshidi & Lally (2024).

CONCLUSIONES

- Las estrategias neurodidácticas potencian el aprendizaje de Ciencias Naturales en estudiantes con dificultades de aprendizaje al activar rutas multisensoriales.
- La combinación de experimentación práctica y gamificación facilita la retención de contenidos y el aprendizaje significativo.
- La formación docente en neurodidáctica es crucial para implementar prácticas inclusivas y efectivas.
- Los resultados sugieren la necesidad de incorporar políticas educativas que integren principios de neurociencia en los currículos de Ciencias Naturales.
- Este enfoque contribuye al cumplimiento del ODS 4 (Educación de calidad), promoviendo equidad e inclusión.

Declaración de conflicto de interés

Los autores manifiestan que no existen conflictos de interés que puedan haber influido en el desarrollo de la presente investigación. Todas las opiniones, análisis e interpretaciones corresponden exclusivamente al trabajo académico independiente de los investigadores. Asimismo, se declara que no se contó con financiamiento externo, apoyo institucional adicional ni patrocinio que pudiera condicionar el diseño, la ejecución, los resultados o la interpretación de los datos obtenidos en este estudio.

Declaración de contribución a la autoría

Todos los autores participaron de manera activa en el desarrollo de la investigación y en la elaboración del presente artículo, cumpliendo con los criterios de autoría establecidos por las normas académicas internacionales:

- **Leyris Edith Aguirre Celi:** Coordinó el diseño metodológico, dirigió la recolección de datos y supervisó el análisis estadístico.

- **Leonora Itamar Abrigo Cuenca:** Colaboró en la redacción del marco teórico, la revisión bibliográfica y el análisis comparativo de los resultados.
- **Raúl Vinicio Tello Hernández:** Participó en la aplicación de los instrumentos, la organización de los datos y la elaboración de las tablas de resultados.
- **Cindy Melissa Vidal Zapata:** Contribuyó en la interpretación de los hallazgos, la redacción de las conclusiones y la revisión crítica del manuscrito.
- **Consuelo Elizabeth Yaguache Vargas:** Apoyó en la edición final del documento, la elaboración de recomendaciones y la verificación de las referencias bibliográficas.

Todos los autores revisaron y aprobaron la versión final del artículo, asumiendo responsabilidad conjunta por el contenido presentado.

Declaración de uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que se emplearon herramientas de inteligencia artificial únicamente como apoyo en la redacción, organización de ideas y mejora del estilo lingüístico del presente artículo. Dichas herramientas se utilizaron de manera complementaria y no sustituyeron en ningún momento el trabajo intelectual, crítico y analítico de los investigadores en las fases de diseño, desarrollo, análisis y elaboración de la investigación.

REFERENCIAS

- Alreshidi, N. A. K., & Lally, V. (2024). The effectiveness of training teachers in problem-based learning implementation on students' outcomes: A mixed-method study. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11, 1137. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03638-6>
- Avci, B. (2021). Research methodology in critical natural sciences education. *International Journal of Research & Method in Education*, 44(2), 135–150. <https://doi.org/10.1080/1743727X.2020.1728527>

- Bosica, J., Pyper, J. S., & MacGregor, S. (2021). Incorporating problem-based learning in a secondary school natural sciences preservice teacher education course. *Teaching and Teacher Education*, 102, 103335. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103335>
- Bron, J. F., & Prudente, M. S. (2024). Examining the effect of problem-based learning approach on learners' natural sciences creativity: A meta-analysis. *International Journal for Research in Education and Science (IJRES)*, 10(3), 653–668. <https://doi.org/10.46328/ijres.3456>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE.
- Cuong, L. M., Tien-Trung, N., Ngu, P. N. H., Vangchia, V., Thao, N. P., & Thao, T. T. P. (2025). Natural sciences problem-solving research in high school education: Trends and insights from the Scopus database (1983–2023). *European Journal of Science and Natural Sciences Education*, 13(2), 77–89. <https://doi.org/10.30935/scimath/16038>
- Erdem, E., Toprak, M., & Kara, Y. (2024). Effects of problem-based learning on natural sciences achievement and reasoning skills in secondary school students. *Educational Studies*, 50(2), 145–162. <https://doi.org/10.1080/03055698.2022.2103650>
- Fetters, M. D., Curry, L. A., & Creswell, J. W. (2013). Achieving integration in mixed methods designs—Principles and practices. *Health Services Research*, 48(6 Pt 2), 2134–2156. <https://doi.org/10.1111/1475-6773.12117>
- Fyfe, E. R., Byers, C., & Nelson, L. J. (2022). The benefits of a metacognitive lesson on children's understanding of natural sciences equivalence, arithmetic, and place value. *Journal of Educational Psychology*, 114(6), 1292–1306. <https://doi.org/10.1037/edu0000715>

- Hidayat, R., et al. (2025). A meta-analysis of the effect of metacognitive instruction on natural sciences achievement, metacognitive skills, and various outcomes. *Cogent Education*, 12(1), 2517510. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2517510>
- Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33(7), 14–26. <https://doi.org/10.3102/0013189X033007014>
- Kramarski, B., & Mevarech, Z. R. (2003). Enhancing natural sciences reasoning in the classroom: The effects of cooperative learning and metacognitive training. *American Educational Research Journal*, 40(1), 281–310. <https://doi.org/10.3102/00028312040001281>
- Kusaka, S., et al. (2025). Metacognitive skills in collaborative problem solving in natural sciences. *Journal of Educational Research*, 118(2), 210–225. <https://doi.org/10.1080/00220671.2025.2486473>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2019). *Qualitative data analysis* (4th ed.). SAGE.
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods* (4th ed.). SAGE.
- Patunah, I. N., Herman, T., & Hasanah, N. (2024). The effect of problem-based learning on students' natural sciences problem-solving skills: A quasi-experimental study in secondary schools. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 25(3), 1067–1079. <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v25i3.pp1067-1079>
- Rahman, M. H., & Mondal, M. I. H. (2024). Stability, challenges, and prospects of chitosan for the delivery of anticancer drugs and tissue regenerative growth factors. *Heliyon*, 10(21), e39879. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39583848/>
- Santos-Trigo, M. (2024). Problem solving in mathematics education: Tracing its foundations and current research-practice trends. *ZDM–Natural Sciences Education*, 56, 211–222. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01578-8>

- Schoenfeld, A. H. (2000). In Kelly & Lesh (Eds.), *Handbook of research design in natural sciences and science education*(pp. 483–502).
- Shongwe, M. (2024). The effect of STEM problem-based learning on students' natural sciences problem-solving beliefs and performance. *Eurasia Journal of Natural Sciences, Science and Technology Education*, 20(3), em14879. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14879>
- Simon, M. A. (2004). Raising issues of quality in natural sciences education research. *Journal for Research in Natural Sciences Education*, 35(3), 157–163. <https://doi.org/10.2307/30034910>
- Ssali, C. (2025). Problem-based learning in secondary school natural sciences: Principles, effectiveness and challenges. *Journal of Education Research*, 120(3), 377–390. <https://doi.org/10.1080/00131881.2025.2493255>
- Stanton, J. D., et al. (2021). Fostering metacognition to support student learning and performance. *CBE—Life Sciences Education*, 20(4), es9. <https://doi.org/10.1187/cbe.20-12-0289>
- Tabuyo, A. (2024). Metacognition and natural sciences problem-solving performance of pre-service teachers. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 14(4), 474–480. <https://doi.org/10.47750/pegegog.14.04.45>
- Tak, C. C., Zulnadi, H., & Eu, L. K. (2025). Mediating role of metacognitive awareness between attitude and natural sciences reasoning in pre-service teachers. *European Journal of Science and Natural Sciences Education*, 13(2), 90–102. <https://doi.org/10.30935/scimath/16116>
- Teddlie, C., & Tashakkori, A. (2009). *Foundations of mixed methods research*. SAGE.
- Ventistas, L. A. (2024). Problem solving and metacognitive strategies in natural sciences education: A systematic review. *Heliyon*, 10(8), e31257. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31257>
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications* (6th ed.). SAGE.