

Aprendizaje basado en la indagación para superar ideas previas erróneas sobre el ciclo del agua en estudiantes de bachillerato

Inquiry-based learning to overcome misconceptions about the water cycle in high school students

MSc. Yadira Alexandra Reyes Amores

Unidad Educativa La Maná
yadirareyes1303@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-6417-7794>
La Maná, Ecuador

MSc. Yofre Edwin Campoverde Sanmartín

Unidad Educativa "29 de Mayo"
ywcampoverde@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-4224-7361>
País y Ciudad: Loja, Ecuador

MSc. María Elena Cayo Iza

Unidad Educativa 23 de Junio
malenitacayo.05@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0004-9714-9940>
Los Ríos, Ecuador

Licda. Jessica Paola Mantuano Cruz

Unidad Educativa Vicente Piedrahita Carbo
jpaolamantuano@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-1930-5666>
Nobol, Guayas, Ecuador

MSc. Rosa Orfelina Montero Vivar

Unidad Educativa Chunchi
flakita3may92@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-9606-4222>
Chunchi, Ecuador

MSc. Ángel Heriberto Llongo Usca

Unidad Educativa Elisa Ayala González
angel.llongo@educacion.gob.ec / llongousca1975@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-1481-0960>
Guayaquil, Ecuador

Formato de citación APA

Reyes, Y., Campoverde, Y., Cayo, M., Mantuano, J., Montero, R. & Llongo, Á. (2025). *Aprendizaje basado en la indagación para superar ideas previas erróneas sobre el ciclo del agua en estudiantes de bachillerato*. Revista REG, Vol. 4 (N°. 3). p. 1662 - 1695.

CIENCIA INTEGRADA

Vol. 4 (N°. 3). Julio - Septiembre 2025.

ISSN: 3073-1259

Fecha de recepción: 05-09-2025

Fecha de aceptación :15-09-2025

Fecha de publicación:30-09-2025

RESUMEN

El ciclo del agua constituye un eje fundamental en la enseñanza de las ciencias naturales, aunque múltiples estudios han evidenciado la persistencia de concepciones alternativas y preconceptos erróneos en estudiantes de educación básica y bachillerato. Estos errores conceptuales limitan la comprensión de los procesos hidrológicos y obstaculizan la construcción de un pensamiento científico crítico. El presente artículo examina el impacto del aprendizaje basado en la indagación (ABI) como estrategia pedagógica para superar dichas ideas previas. La investigación se fundamenta en una revisión teórica y en un diseño metodológico mixto aplicado a estudiantes de bachillerato en Ecuador, donde se analizaron concepciones iniciales, estrategias indagatorias aplicadas y resultados posteriores a la intervención. Se emplearon cuestionarios, entrevistas, análisis de dibujos explicativos y actividades experimentales guiadas por indagación. Los hallazgos muestran que el ABI fomenta la reflexión crítica, la formulación de hipótesis, la conexión entre teoría y práctica, así como el desarrollo de actitudes hacia la sostenibilidad hídrica. Asimismo, se identificaron cambios significativos en la comprensión de los procesos de evaporación, condensación, precipitación e infiltración, con una reducción notable de concepciones erróneas, como la idea de que el agua “desaparece” o que “el ciclo inicia en las nubes”. El estudio concluye que el ABI no solo corrige errores conceptuales, sino que promueve aprendizajes duraderos y significativos en el área de ciencias naturales, aportando un enfoque metodológico aplicable a otras problemáticas socioambientales.

PALABRAS CLAVE: ciclo del agua, aprendizaje basado en indagación, ideas previas, concepciones alternativas, enseñanza de ciencias.

ABSTRACT

The water cycle is a fundamental concept in science education; however, numerous studies have reported the persistence of alternative conceptions and misconceptions among high school students. These conceptual errors hinder the understanding of hydrological processes and limit the development of critical scientific thinking. This article examines the impact of inquiry-based learning (IBL) as a pedagogical strategy to overcome such misconceptions. The research is grounded in a theoretical review and a mixed-method design applied to high school students in Ecuador, where initial conceptions, inquiry-based activities, and post-intervention outcomes were analyzed. Data collection instruments included questionnaires, interviews, explanatory drawings, and experimental tasks guided by inquiry. The findings reveal that IBL fosters critical reflection, hypothesis formulation, connection between theory and practice, and attitudes towards water sustainability. Significant improvements were identified in the comprehension of processes such as evaporation, condensation, precipitation, and infiltration, with a considerable reduction of misconceptions such as the belief that water “disappears” or that “the cycle begins in the clouds.” The study concludes that IBL not only corrects conceptual errors but also promotes meaningful and lasting learning in science education, offering a methodological approach applicable to other socio-environmental issues.

KEYWORDS: water cycle, inquiry-based learning, prior knowledge, alternative conceptions, science education.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias naturales en el nivel de bachillerato enfrenta desafíos persistentes relacionados con la comprensión de fenómenos complejos como el ciclo del agua. Diversas investigaciones han mostrado que los estudiantes, incluso después de haber recibido instrucción formal, continúan arrastrando concepciones alternativas o preconceptos erróneos sobre los procesos hidrológicos. Entre las ideas más frecuentes se encuentran la creencia de que el agua “desaparece” durante la evaporación, que el ciclo inicia en las nubes, o que el agua de lluvia es “nueva” y no forma parte de un proceso dinámico y continuo. Estos errores conceptuales no son triviales, pues condicionan el aprendizaje posterior y limitan la construcción de un pensamiento científico crítico.

El problema se agrava al considerar que el agua, además de ser un elemento esencial para la vida, constituye un recurso natural en crisis debido a la sobreexplotación, la contaminación y los efectos del cambio climático. La educación científica, en este contexto, no puede limitarse a la transmisión de contenidos teóricos, sino que debe asumir un papel transformador orientado a la concienciación socioambiental y a la formación de ciudadanos capaces de tomar decisiones responsables sobre el uso del agua. De ahí que el ciclo hidrológico se convierta en un eje privilegiado para articular la enseñanza de contenidos científicos con la educación para la sostenibilidad.

Frente a este panorama, las metodologías activas —en particular el aprendizaje basado en la indagación (ABI) y el aprendizaje basado en problemas (ABP)— han demostrado ser estrategias eficaces para favorecer aprendizajes significativos. Ambas metodologías parten del reconocimiento de las ideas previas de los estudiantes y de la necesidad de confrontarlas con nuevas experiencias que conduzcan a un cambio conceptual. Desde una perspectiva constructivista, el error no es visto como un obstáculo sino como un punto de partida para la construcción de conocimiento más elaborado y duradero.

La indagación, además, ofrece la posibilidad de acercar a los estudiantes a los procesos propios de la ciencia: formular preguntas, generar hipótesis, experimentar, interpretar datos y elaborar conclusiones. De esta manera, no solo se corrigen concepciones erróneas, sino que también se fortalecen habilidades cognitivas superiores como la argumentación, el pensamiento crítico y la toma de decisiones fundamentadas. El ABP, por su parte, se ha utilizado con éxito en diversas áreas del conocimiento, mostrando mejoras en la motivación, la autonomía y la capacidad de transferir los aprendizajes a contextos nuevos.

En este artículo se explora la pertinencia del aprendizaje basado en la indagación como estrategia para superar ideas previas erróneas sobre el ciclo del agua en estudiantes de bachillerato.



Se parte de una revisión exhaustiva de literatura académica y de experiencias educativas, para posteriormente presentar un diseño metodológico de carácter mixto que analiza las concepciones iniciales de los estudiantes, la intervención pedagógica y los resultados alcanzados. El propósito último es evidenciar cómo la indagación no solo corrige errores conceptuales, sino que promueve una comprensión más profunda y una actitud crítica hacia el uso responsable del agua, alineando así la educación científica con los objetivos de sostenibilidad y ciudadanía activa.

La enseñanza del ciclo del agua constituye un desafío persistente en la didáctica de las ciencias, especialmente en el nivel de bachillerato. Diversos estudios han demostrado que los estudiantes arrastran concepciones alternativas que no logran superarse con la instrucción tradicional, lo que deriva en aprendizajes frágiles y poco transferibles. López Díaz (2014) confirma que las ideas previas ejercen un peso determinante en la construcción de nuevos conocimientos, y cuando estas son erróneas, obstaculizan el cambio conceptual requerido para alcanzar una comprensión científica adecuada. De forma similar, Guerrero Valle (2017) subraya que muchos estudiantes creen que el agua desaparece durante la evaporación o que el ciclo comienza y termina en las nubes, lo que evidencia la persistencia de esquemas intuitivos frente al discurso escolar.

Esta situación no es aislada, sino que forma parte de un fenómeno ampliamente documentado en la investigación educativa. Pozo-Muñoz, Anguita y García (2021) advierten que las problemáticas socioambientales relacionadas con el agua se entienden de manera fragmentaria y simplista entre los escolares, lo que limita su capacidad para tomar decisiones fundamentadas sobre la gestión sostenible de los recursos hídricos. Mendoza et al. (2025) destacan que, aunque el agua es un elemento cotidiano en la vida de los estudiantes, la cercanía no garantiza la comprensión científica, sino que muchas veces refuerza representaciones ingenuas que tienden a naturalizar su abundancia o invisibilizar su carácter limitado.

El agua, más allá de su valor educativo, constituye un recurso vital en riesgo. Según la literatura, apenas un 3% del total de agua en el planeta corresponde a agua dulce, y de esta fracción solo una parte mínima es apta para el consumo humano. Ante este escenario, la educación científica debe superar la mera transmisión de contenidos conceptuales y orientarse hacia una alfabetización científica crítica que vincule la comprensión de los procesos naturales con la formación de actitudes responsables. La Organización de los Estados Americanos (OEA), a través de la Red EducaSTEAM, ha resaltado que el aprendizaje por indagación en torno a temas como el agua fortalece el pensamiento crítico, rompe estereotipos de género en ciencias y contribuye a la construcción de sociedades más equitativas.



La relevancia del problema radica también en que los contenidos relacionados con el agua se encuentran estrechamente vinculados a la vida cotidiana. Morales y Landa (2004) sostienen que el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) favorece la construcción del conocimiento cuando parte de situaciones cercanas a la experiencia del alumnado. En este sentido, la enseñanza del ciclo hidrológico puede convertirse en una oportunidad para articular los saberes empíricos de los estudiantes con los marcos explicativos de la ciencia. Espinoza y Sánchez (2014) destacan que la exploración de ideas previas y su contraste con nuevas evidencias es esencial para favorecer aprendizajes significativos en contextos de ciencias y matemáticas.

La alfabetización científica, entendida como la capacidad de comprender, aplicar y reflexionar críticamente sobre fenómenos naturales y tecnológicos, se ha consolidado como un objetivo central de la educación del siglo XXI. Harlen (2007) considera que este tipo de alfabetización es tan necesaria para desenvolverse en la sociedad contemporánea como lo son la lectoescritura o las competencias matemáticas. Chugchilán et al. (2024) añaden que una enseñanza científica significativa debe integrar tanto la comprensión conceptual como la formación de actitudes éticas hacia el entorno.

En el caso particular del ciclo del agua, la enseñanza desde enfoques tradicionales ha mostrado ser insuficiente para modificar concepciones erróneas. Díaz Linares (2023) señala que el aprendizaje por indagación, al promover la formulación de preguntas y la contrastación de hipótesis, permite a los estudiantes vivenciar la ciencia como un proceso y no solo como un conjunto de respuestas establecidas. Esta perspectiva se ve reforzada por la evidencia recopilada por la OEA en experiencias latinoamericanas, donde la indagación aplicada a contenidos de ciencias naturales ha generado aprendizajes más duraderos y transferibles.

Los trabajos de De la Torre (2019) subrayan que proyectos educativos contextualizados en problemas reales, como la gestión del agua, fomentan en el estudiantado la conciencia crítica y la capacidad de acción transformadora. Estos enfoques metodológicos coinciden con la visión constructivista de Ausubel (1986), para quien el aprendizaje significativo ocurre cuando los nuevos contenidos se relacionan de manera no arbitraria con la estructura cognitiva previa del estudiante.

Abordar el ciclo del agua desde una perspectiva innovadora y crítica no solo es pertinente desde el punto de vista didáctico, sino también desde el compromiso social y ambiental. La inclusión de metodologías activas como el ABI y el ABP contribuye a superar los errores conceptuales persistentes y, al mismo tiempo, impulsa la formación de ciudadanos responsables y conscientes de la importancia del agua como recurso limitado. Así, la educación científica se convierte en un medio



estratégico para enfrentar los desafíos globales asociados al cambio climático, la desigualdad en el acceso al agua y la sostenibilidad de los ecosistemas.

Las ideas previas constituyen un eje central en la investigación en didáctica de las ciencias, dado que condicionan de manera significativa la forma en que los estudiantes interpretan los fenómenos naturales. Ausubel (1986) afirmaba que el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe, por lo que la enseñanza debe partir de dichos conocimientos previos. Sin embargo, cuando estas concepciones son erróneas, se transforman en un obstáculo difícil de superar. López Díaz (2014) constató, a partir de un estudio con alumnado de secundaria en Andalucía, que los preconceptos erróneos más comunes en biología —incluidos los relacionados con el agua— coinciden con los descritos previamente por la literatura internacional, lo que confirma su carácter persistente y resistente al cambio.

En el caso específico del ciclo del agua, múltiples investigaciones han documentado concepciones alternativas recurrentes. Guerrero Valle (2017) señala que los estudiantes suelen interpretar la evaporación como un proceso de “desaparición” del agua, sin comprender su transformación en vapor. También es frecuente que se piense que el ciclo hidrológico inicia en las nubes, invisibilizando procesos fundamentales como la infiltración y el escurrimiento. Estas representaciones simplificadas se perpetúan incluso en niveles superiores de la escolaridad y en contextos universitarios, lo que pone en evidencia la necesidad de metodologías que enfrenten directamente estos errores.

La literatura ha denominado a este fenómeno “resistencia conceptual” (Posner et al., 1982), refiriéndose a la dificultad de los estudiantes para abandonar explicaciones previas aunque sean inconsistentes con la evidencia científica. Espinoza y Sánchez (2014) indican que, en el marco del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), las actividades de exploración de ideas previas son esenciales para hacer explícitas estas concepciones y facilitar su confrontación con nuevos contenidos. Díaz Linares (2023) coincide al señalar que la indagación permite que los estudiantes elaboren hipótesis, pongan en práctica experimentos y contrasten resultados, favoreciendo la reconstrucción conceptual en lugar de la mera repetición memorística.

Otro aspecto a considerar es que los errores conceptuales no se limitan a los procesos físicos del ciclo hidrológico, sino que abarcan también dimensiones socioambientales. Pozo-Muñoz et al. (2021) evidencian que muchos estudiantes perciben el agua como un recurso “ilimitado” debido a su abundancia aparente, lo que genera actitudes poco responsables hacia su consumo. Muñoz Raga (2014) demuestra que desde edades tempranas se pueden promover hábitos de uso responsable del



agua a través de experiencias manipulativas y narrativas, lo que confirma la importancia de intervenir tempranamente en la formación de concepciones sobre este recurso.

La investigación latinoamericana también ha identificado la influencia de factores culturales y contextuales en la construcción de ideas previas. Chugchilán et al. (2024) destacan que en comunidades con escasez de agua, los estudiantes tienden a valorar más su importancia, pero ello no siempre se traduce en un entendimiento científico del ciclo hidrológico. De la Torre (2019) añade que los proyectos educativos que parten de problemas reales del entorno —como la contaminación de fuentes de agua o el riego agrícola— logran que los estudiantes relacionen sus concepciones cotidianas con explicaciones científicas más complejas.

El marco constructivista ha permitido comprender mejor este fenómeno. Desde Piaget hasta Vygotsky, se reconoce que los estudiantes no llegan a la clase como “tablas en blanco”, sino con esquemas de conocimiento que utilizan para interpretar el mundo. Según Espinoza y Sánchez (2014), las actividades de indagación deben diseñarse considerando que los alumnos poseen esquemas parciales y a menudo incoherentes, que requieren ser reestructurados progresivamente mediante la interacción social y la mediación docente. Morales y Landa (2004) sostienen que el ABP se convierte en un catalizador de este proceso, pues obliga a los estudiantes a poner en duda sus explicaciones iniciales para resolver problemas concretos.

Las ideas previas y concepciones alternativas sobre el ciclo del agua constituyen un obstáculo relevante para la enseñanza de las ciencias, pero también representan una oportunidad pedagógica. Si se hacen explícitas y se abordan con metodologías activas como la indagación y el ABP, pueden convertirse en el punto de partida para promover cambios conceptuales profundos, aprendizajes significativos y actitudes responsables frente al medio ambiente.

El aprendizaje basado en la indagación se ha consolidado como una de las metodologías más eficaces para promover la comprensión científica en estudiantes de distintos niveles educativos. Su esencia radica en la idea de que el conocimiento no debe transmitirse de manera acabada, sino que se construye a través de la formulación de preguntas, la elaboración de hipótesis, la experimentación y la interpretación crítica de evidencias. Díaz Linares (2023) plantea que este enfoque permite a los alumnos experimentar la ciencia como un proceso de búsqueda, lo que fomenta aprendizajes más duraderos y significativos.

En las últimas décadas, la didáctica de las ciencias ha destacado el valor de la indagación para superar la enseñanza memorística. Pozo-Muñoz et al. (2021) sostienen que al involucrar al estudiante en tareas que requieren investigación activa y reflexión crítica, se rompe con la dinámica de

transmisión pasiva y se abre la posibilidad de desarrollar competencias científicas y ciudadanas a la vez. La Red EducaSTEAM de la OEA subraya que la indagación, aplicada en entornos escolares, contribuye a fortalecer la igualdad de género en las aulas, a estimular vocaciones científicas y a vincular los contenidos escolares con problemáticas sociales de relevancia.

Un principio clave de la indagación es la confrontación de ideas previas con nuevas experiencias. Espinoza y Sánchez (2014) explican que las actividades iniciales de exploración permiten visibilizar los conceptos intuitivos de los estudiantes, para luego contrastarlos con observaciones y experimentos que los desafían, abriendo la puerta al cambio conceptual. Esta dinámica responde al paradigma constructivista planteado por Ausubel (1986), según el cual el aprendizaje significativo ocurre cuando la nueva información se relaciona de manera no arbitraria con la estructura cognitiva existente.

El papel del docente adquiere especial relevancia en este modelo. No se trata de transmitir respuestas cerradas, sino de generar contextos de aprendizaje donde los estudiantes asuman un rol activo en la construcción del conocimiento. Morales y Landa (2004) señalan que el profesor debe diseñar problemas y situaciones abiertas que estimulen la indagación, guiando al alumnado en la búsqueda de información y en la validación de sus hipótesis. Chugchilán et al. (2024) añaden que el rol mediador del docente permite vincular los intereses del grupo con los objetivos curriculares, logrando aprendizajes que integran la dimensión científica con la ética y la socioambiental.

La indagación no se limita a la dimensión cognitiva. De la Torre (2019) observa que proyectos de carácter investigativo en contextos escolares generan en los estudiantes un sentido de agencia frente a los problemas de su entorno, lo que trasciende la simple adquisición de conocimientos. Mendoza et al. (2025) demuestran que las estrategias lúdicas de indagación, combinadas con dinámicas de juego y experimentación, potencian la motivación y el compromiso del alumnado. En este sentido, el ABI se convierte en un vehículo para articular aprendizajes académicos con el desarrollo de actitudes críticas, colaborativas y responsables.

La evidencia internacional refuerza estas conclusiones. La OEA (2023) documenta que en experiencias latinoamericanas de enseñanza de ciencias naturales, la indagación ha incrementado la participación estudiantil, la capacidad argumentativa y el interés por carreras STEM. Espinoza y Sánchez (2014) reportan, en el ámbito de la enseñanza de la estadística, que la implementación de metodologías indagatorias y problematizadoras produce mejoras significativas en la motivación y en las estrategias de aprendizaje. Estos hallazgos confirman que el ABI no solo corrige errores

conceptuales, sino que también estimula habilidades transversales esenciales para el desempeño académico y social.

El aprendizaje basado en la indagación constituye, en definitiva, un marco pedagógico capaz de integrar la corrección de concepciones erróneas con el fortalecimiento de competencias científicas y ciudadanas. En el caso del ciclo del agua, su aplicación permite que los estudiantes transiten de explicaciones ingenuas hacia comprensiones más sofisticadas, mientras desarrollan actitudes de responsabilidad frente a un recurso vital en crisis.

Las metodologías activas han demostrado ser un catalizador para transformar la forma en que los estudiantes se relacionan con el conocimiento científico. Su aplicación no se limita a la transmisión de contenidos, sino que implica un rediseño profundo de las dinámicas de enseñanza, situando al estudiante en el centro del proceso. Morales y Landa (2004) señalan que el Aprendizaje Basado en Problemas fomenta un rol protagónico del alumnado, al convertir la resolución de situaciones significativas en el motor de la construcción del conocimiento.

El Aprendizaje Basado en la Indagación refuerza esta lógica al enfatizar la búsqueda autónoma de explicaciones, la formulación de hipótesis y la argumentación fundamentada. Díaz Linares (2023) muestra que este enfoque potencia no solo la comprensión conceptual, sino también el desarrollo de habilidades cognitivas superiores como el pensamiento crítico y la capacidad de análisis. Espinoza y Sánchez (2014) destacan que los estudiantes involucrados en dinámicas indagatorias exhiben una mayor motivación y logran aprendizajes más elaborativos que aquellos que participan en metodologías tradicionales.

El impacto de estas metodologías trasciende la dimensión académica. De la Torre (2019) documenta que cuando se aplican proyectos educativos con enfoque investigativo, los estudiantes desarrollan conciencia de su capacidad para transformar su entorno, lo que refuerza su sentido de agencia y responsabilidad social. Chugchilán et al. (2024) coinciden al afirmar que metodologías como el ABP y el ABI permiten integrar la enseñanza científica con la educación en valores, favoreciendo la construcción de ciudadanía crítica y comprometida con el cuidado ambiental.

La motivación estudiantil es otro de los elementos clave. Mendoza et al. (2025) demuestran que al integrar actividades lúdicas y experimentales en el marco de metodologías activas, los alumnos incrementan su interés por las ciencias y sostienen el aprendizaje a largo plazo. Esta motivación se convierte en un factor protector frente al abandono escolar en áreas de ciencias, un aspecto que ha sido señalado como preocupante en estudios comparativos internacionales (Harlen, 2007; Pozo-Muñoz et al., 2021).

La dimensión colaborativa también resulta esencial. Espinoza y Sánchez (2014) enfatizan que el trabajo en grupos pequeños bajo dinámicas de ABP genera oportunidades para compartir significados, contrastar ideas y llegar a consensos, fortaleciendo tanto la comprensión conceptual como las habilidades sociales. Este componente de interacción social se sustenta en la perspectiva de Vygotsky (1978), quien planteó que el aprendizaje se construye en la zona de desarrollo próximo mediante la mediación cultural y lingüística.

La evidencia acumulada confirma que el potencial transformador de las metodologías activas no radica únicamente en los resultados académicos inmediatos, sino en su capacidad de generar aprendizajes transferibles y duraderos. OEA (2023) resalta que las experiencias de indagación en ciencias naturales no solo mejoran las calificaciones, sino que también estimulan vocaciones científicas y fortalecen la participación ciudadana en la toma de decisiones ambientales. En este sentido, enseñar el ciclo del agua mediante estrategias de indagación y resolución de problemas no solo corrige concepciones erróneas, sino que contribuye a la formación de una ciudadanía consciente y crítica ante los desafíos globales vinculados al agua y al cambio climático.

La enseñanza del ciclo del agua no puede reducirse a la transmisión de conceptos aislados, sino que requiere ser entendida como parte de una formación integral orientada hacia la sostenibilidad. Pozo-Muñoz et al. (2021) señalan que los problemas socioambientales relacionados con el agua demandan un abordaje educativo que vincule la comprensión científica con la capacidad de acción ciudadana. En este sentido, la indagación se presenta como un camino privilegiado para que los estudiantes construyan conocimientos al tiempo que desarrollan actitudes responsables hacia la gestión del recurso.

El ciclo hidrológico ofrece un marco didáctico ideal para integrar contenidos de ciencias naturales con valores de ciudadanía ambiental. Muñoz Raga (2014) muestra, en su propuesta de unidad didáctica “Como pez en el agua”, que el contacto directo y experimental con el agua fomenta la adquisición de hábitos de consumo responsable desde edades tempranas. Este enfoque experimental es congruente con lo planteado por Brown (2002), quien destaca que los niños aprenden ciencias a través de la manipulación y la exploración, más que mediante la recepción pasiva de información.

La alfabetización científica cobra aquí un papel central. Harlen (2007) considera que comprender fenómenos como el ciclo del agua es tan necesario para desenvolverse en la sociedad contemporánea como lo es saber leer y escribir. Desde esta perspectiva, la indagación no solo permite

superar concepciones alternativas sobre los procesos hidrológicos, sino también articular un discurso educativo que promueva la responsabilidad colectiva frente a un recurso limitado y en riesgo.

Las experiencias de la Red EducaSTEAM de la OEA refuerzan esta idea al documentar que la indagación en temas científicos contribuye a cerrar brechas sociales y de género, a la vez que promueve la toma de decisiones informadas en torno a los desafíos globales. Chugchilán et al. (2024) complementan este argumento al sostener que el uso de metodologías activas en ciencias favorece la formación de estudiantes críticos, capaces de integrar saberes técnicos con valores éticos y ambientales.

En el ámbito latinoamericano, De la Torre (2019) subraya que los proyectos educativos vinculados a problemáticas locales —como la contaminación de fuentes de agua o la gestión comunitaria del recurso— permiten que el conocimiento científico cobre sentido social. Mendoza et al. (2025) confirman que cuando estas experiencias se integran con dinámicas lúdicas y participativas, los estudiantes no solo comprenden mejor los fenómenos naturales, sino que también desarrollan una motivación genuina por cuidar el medio ambiente.

Los recorridos de indagación sobre el agua, en consecuencia, no se limitan a la corrección de errores conceptuales. Representan un trayecto pedagógico que combina la comprensión de procesos naturales, la formación de competencias científicas y la construcción de una ciudadanía activa y sostenible. Morales y Landa (2004) enfatizan que este tipo de propuestas sitúan a los estudiantes en escenarios de resolución de problemas que reflejan la complejidad de la vida real, preparándolos para enfrentar desafíos futuros. En el caso del ciclo del agua, esto significa pasar de la idea ingenua de un recurso infinito a la conciencia crítica de su carácter finito, de su importancia vital y de la responsabilidad compartida en su preservación.

La enseñanza del ciclo hidrológico desde la indagación se convierte, en suma, en una estrategia pedagógica que contribuye al cambio conceptual, al desarrollo de competencias cognitivas superiores y a la formación de actitudes éticas frente a uno de los problemas más urgentes del siglo XXI: la gestión sostenible del agua. Este triple aporte justifica plenamente la pertinencia de investigar y aplicar metodologías activas como el Aprendizaje Basado en la Indagación en el contexto de la educación científica en bachillerato.

MÉTODOS Y MATERIALES

El diseño metodológico de esta investigación se fundamenta en un enfoque mixto, combinando estrategias cuantitativas y cualitativas con el objetivo de obtener una visión integral sobre la eficacia del aprendizaje basado en la indagación en la corrección de ideas previas erróneas acerca



del ciclo del agua en estudiantes de bachillerato. Esta elección responde a lo señalado por Hernández-Sampieri, Fernández y Baptista (2014), quienes afirman que los diseños mixtos permiten capturar con mayor precisión fenómenos educativos complejos al integrar datos estadísticos con interpretaciones profundas. La problemática del ciclo hidrológico se ubica precisamente en este nivel de complejidad, al entrelazar la dimensión conceptual con la actitudinal y la socioambiental.

El estudio se diseñó a partir de una lógica de intervención pedagógica sustentada en la indagación, donde la planificación de actividades buscó no solo identificar los errores conceptuales de los estudiantes, sino también promover el cambio conceptual a través de experiencias significativas. Díaz Linares (2023) sostiene que el aprendizaje basado en la indagación debe estructurarse en fases que incluyan la problematización inicial, la formulación de hipótesis, la experimentación, la validación de resultados y la comunicación de conclusiones. Esta secuencia fue tomada como referencia para la organización de la intervención en el presente estudio.

En lo referente a la población de estudio, se trabajó con estudiantes de segundo curso de bachillerato en instituciones educativas públicas de Ecuador, considerando grupos entre 25 y 30 alumnos por paralelo. La elección de este nivel responde a que en esta etapa los contenidos sobre el ciclo del agua forman parte del currículo nacional, y a que se trata de un periodo en el que los estudiantes consolidan competencias científicas y preparan su transición hacia la educación superior. López Díaz (2014) había evidenciado que los errores conceptuales en biología y ciencias naturales se mantienen incluso en la adolescencia, lo que justificó la pertinencia de focalizar la intervención en este segmento poblacional.

La muestra se seleccionó bajo un criterio no probabilístico de tipo intencional, en función de la accesibilidad a los grupos y la disposición institucional para implementar metodologías activas en el aula. Este criterio responde a lo planteado por Morales y Landa (2004), quienes reconocen que en investigaciones educativas la viabilidad depende tanto del rigor metodológico como de las condiciones contextuales que permiten llevar a cabo las intervenciones. Los grupos participantes contaron con la autorización de sus directivos, docentes de ciencias y representantes legales, garantizando así la ética y transparencia del proceso.

Los instrumentos de recolección de datos fueron diseñados para capturar tanto la dimensión conceptual como la actitudinal. Se empleó un cuestionario diagnóstico inicial con preguntas abiertas y cerradas sobre el ciclo del agua, inspirado en estudios previos que han utilizado esta estrategia para identificar concepciones erróneas (Guerrero Valle, 2017; Pozo-Muñoz et al., 2021). Asimismo, se aplicaron entrevistas semiestructuradas a un subgrupo de estudiantes, lo que permitió profundizar en

las explicaciones y justificaciones de sus respuestas, siguiendo la recomendación de Espinoza y Sánchez (2014) respecto a la utilidad de los métodos cualitativos en la identificación de esquemas conceptuales.

Las actividades experimentales constituyeron el núcleo de la intervención. Se diseñaron prácticas sencillas y replicables en el aula, como la construcción de modelos del ciclo del agua utilizando materiales cotidianos (botellas transparentes, lámparas, recipientes de agua), observación de la condensación en superficies frías, y simulaciones del proceso de infiltración mediante suelos porosos. Estas actividades fueron adaptadas del material propuesto por Muñoz Raga (2014), quien diseñó unidades didácticas basadas en la manipulación y la experimentación para fomentar la conciencia del uso responsable del agua desde edades tempranas. La intención pedagógica fue que los estudiantes vivieran la experiencia científica y confrontaran directamente sus concepciones iniciales con la evidencia empírica.

El análisis de datos se planteó de forma integrada. Por un lado, los cuestionarios iniciales y finales se analizaron con técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales, utilizando software de análisis de datos para identificar variaciones significativas en la comprensión de los conceptos clave del ciclo del agua. Por otro lado, las entrevistas y producciones escritas de los estudiantes se sometieron a un análisis de contenido, siguiendo la propuesta de Bardin (2002), con categorías emergentes relacionadas con los errores conceptuales más frecuentes y las evidencias de cambio conceptual. Esta triangulación de datos asegura, según Flick (2004), la validez interna de los estudios educativos al confrontar diferentes fuentes de información.

La ética del proceso se garantizó mediante el consentimiento informado de todos los participantes y la confidencialidad de sus respuestas. Siguiendo las recomendaciones de Chugchilán et al. (2024), se consideró la importancia de que la investigación educativa no solo cumpla con principios metodológicos, sino también con valores de respeto, inclusión y equidad. En particular, se procuró que las actividades de indagación promovieran la participación activa de todos los estudiantes, evitando sesgos de género o de rendimiento académico.

El diseño metodológico respondió a un enfoque cuasi-experimental con pretest y posttest, estructurado en torno a la implementación de actividades de indagación en grupos de estudiantes de bachillerato. La lógica de este diseño radica en contrastar los resultados iniciales con los alcanzados tras la intervención, con el fin de evaluar el impacto de la metodología activa en la corrección de concepciones erróneas. Hernández-Sampieri et al. (2014) consideran que este tipo de diseños son particularmente útiles cuando no es posible controlar todos los factores externos, pero se busca identificar tendencias claras de mejora en los aprendizajes.

La intervención se desarrolló durante un período de seis semanas, distribuidas en tres fases. La primera correspondió al diagnóstico de concepciones previas, donde se aplicaron cuestionarios y entrevistas para identificar los principales errores conceptuales sobre el ciclo del agua. López Díaz (2014) había mostrado que este tipo de diagnósticos resultan imprescindibles para diseñar estrategias de cambio conceptual, ya que permiten al docente conocer las representaciones iniciales de los estudiantes. La segunda fase consistió en la aplicación de actividades de indagación en el aula, estructuradas en torno a preguntas problematizadoras, experimentos guiados y discusiones colectivas. Finalmente, la tercera fase incluyó la aplicación de instrumentos de evaluación post-intervención, junto con la recogida de percepciones estudiantiles sobre la experiencia.

La planificación de las actividades tomó como base los principios del Aprendizaje Basado en la Indagación, tal como los sistematiza Díaz Linares (2023), quien propone una secuencia compuesta por exploración inicial, formulación de hipótesis, experimentación, análisis de datos y comunicación de resultados. Cada una de las sesiones de clase fue diseñada para mantener esta lógica, asegurando que los estudiantes tuvieran oportunidades de formular preguntas, diseñar experimentos con materiales sencillos y discutir los hallazgos en grupos pequeños y en plenaria.

Un aspecto central fue la construcción de un modelo experimental del ciclo del agua, elaborado por los estudiantes en equipos. Para ello se utilizaron botellas plásticas transparentes, agua, colorantes, lámparas de calor y papel absorbente. La experiencia permitió observar procesos de evaporación, condensación y precipitación en un entorno controlado. Este recurso se inspiró en propuestas de Muñoz Raga (2014), quien diseñó unidades didácticas basadas en la manipulación directa como medio para favorecer aprendizajes significativos en ciencias naturales.

La observación participativa se convirtió en otro de los instrumentos clave. Siguiendo la recomendación de Pozo-Muñoz et al. (2021), el equipo investigador registró las interacciones de los estudiantes durante las actividades, con especial atención a los momentos en que surgían conflictos cognitivos y a las estrategias que utilizaban para resolverlos. Estos registros fueron luego analizados para identificar patrones de participación, cooperación y argumentación científica.

La triangulación metodológica incluyó también la incorporación de producciones escritas y gráficas de los estudiantes. Se les solicitó elaborar dibujos explicativos del ciclo del agua antes y después de la intervención, con el objetivo de analizar la evolución de sus concepciones. Guerrero Valle (2017) había demostrado que los dibujos ofrecen una ventana privilegiada al pensamiento del alumnado, al permitir evidenciar de manera gráfica los modelos mentales que poseen sobre los fenómenos científicos.

En cuanto al análisis de datos, se empleó un enfoque mixto de carácter convergente. Los resultados cuantitativos de los cuestionarios fueron procesados mediante pruebas estadísticas de comparación de medias, identificando diferencias significativas entre el pretest y el postest. Los datos cualitativos derivados de entrevistas, observaciones y producciones gráficas fueron organizados a través de categorías emergentes, siguiendo la técnica de análisis de contenido de Bardin (2002). Espinoza y Sánchez (2014) habían señalado que esta combinación de estrategias analíticas es la más apropiada cuando se trabaja con fenómenos educativos que involucran tanto dimensiones conceptuales como actitudinales.

El procedimiento se apoyó en un marco ético claramente definido. Chugchilán et al. (2024) destacan la necesidad de que las investigaciones educativas incorporen principios de equidad, inclusión y respeto a la diversidad, reconociendo que los contextos escolares son heterogéneos. Bajo este lineamiento, se garantizó la participación equitativa de todos los estudiantes, sin distinción de género, nivel de rendimiento académico o antecedentes socioculturales. Asimismo, se obtuvo el consentimiento informado de los padres de familia y de las autoridades institucionales, asegurando la confidencialidad de los datos recolectados.

La implementación del Aprendizaje Basado en Problemas también se incorporó de manera complementaria. Morales y Landa (2004) argumentan que este enfoque potencia el pensamiento crítico y la capacidad de resolución de problemas al situar a los estudiantes frente a situaciones abiertas y contextualizadas. En este estudio, se diseñaron problemas que vinculaban el ciclo del agua con la realidad local, como el racionamiento del recurso en épocas de sequía o la contaminación de fuentes hídricas en comunidades cercanas. Estas problematizaciones permitieron que los estudiantes comprendieran la relevancia práctica de los conceptos trabajados y desarrollaran propuestas de acción sustentadas en la evidencia.

La validación de instrumentos se realizó mediante un proceso piloto en un grupo reducido de estudiantes, lo que permitió ajustar la claridad de las preguntas y la pertinencia de las actividades experimentales. De acuerdo con Flick (2004), esta práctica fortalece la fiabilidad de los resultados al anticipar posibles dificultades metodológicas. El pilotaje confirmó que los estudiantes respondían con mayor interés cuando las preguntas se relacionaban con experiencias de la vida cotidiana, lo que coincide con lo planteado por Mendoza et al. (2025), quienes señalan que las dinámicas lúdicas y contextualizadas incrementan la motivación y la participación estudiantil.

El proceso de implementación en el aula se organizó de manera secuenciada, con el fin de asegurar la progresividad en la construcción del conocimiento. La primera semana se dedicó a la

exploración diagnóstica, que incluyó la aplicación del cuestionario inicial, entrevistas a un grupo focal y la elaboración de los primeros dibujos explicativos sobre el ciclo del agua. López Díaz (2014) había resaltado que las fases diagnósticas son esenciales para situar al estudiante en su punto de partida y permitir que el docente identifique con precisión los preconceptos erróneos. La información recolectada mostró que la mayoría de los estudiantes concebían la evaporación como desaparición del agua y que pocos lograban vincular la infiltración y el escurrimiento con la recarga de acuíferos.

En la segunda y tercera semanas se desarrollaron las actividades de indagación guiada, estructuradas alrededor de preguntas problematizadoras como: “¿A dónde va el agua cuando desaparece de un charco?”, “¿Por qué se empañan los vidrios cuando llueve?”, o “¿Qué sucede con el agua que se filtra en el suelo?”. De acuerdo con Díaz Linares (2023), la formulación de este tipo de preguntas permite que los estudiantes transiten de una visión memorística hacia un aprendizaje basado en la búsqueda y la explicación. Cada grupo de alumnos trabajó con materiales simples pero potentes: botellas plásticas para simular evaporación y condensación, recipientes con tierra de distinta porosidad para observar infiltración, y láminas de vidrio para registrar la condensación. Estas dinámicas se alinean con la propuesta de Muñoz Raga (2014), que enfatiza la manipulación y la experimentación como ejes de la enseñanza de las ciencias.

Las sesiones posteriores incluyeron actividades colaborativas de análisis y debate. Los estudiantes, organizados en equipos de cinco integrantes, compartieron sus observaciones y contrastaron sus hipótesis iniciales con la evidencia empírica obtenida en los experimentos. Espinoza y Sánchez (2014) habían documentado que el trabajo grupal en contextos de ABP genera espacios para el intercambio de significados, lo que favorece la construcción compartida de conocimiento. Esta interacción se reforzó mediante la elaboración de cuadros comparativos colectivos, en los que se registraban las concepciones iniciales, la observación experimental y las conclusiones alcanzadas tras el debate.

Durante la cuarta semana se implementaron problematizaciones contextuales, que situaron a los estudiantes frente a casos reales vinculados al agua. Morales y Landa (2004) sugieren que el Aprendizaje Basado en Problemas resulta especialmente eficaz cuando los escenarios planteados reflejan la complejidad del mundo real. En este caso, se plantearon situaciones como el racionamiento de agua en barrios urbanos durante la estación seca, la contaminación de ríos por actividades agrícolas y la construcción de represas en zonas de alta biodiversidad. Los estudiantes, en pequeños grupos, analizaron cada caso, identificaron causas y consecuencias y propusieron posibles soluciones. Este ejercicio no solo fortaleció la comprensión del ciclo hidrológico, sino que también promovió el



desarrollo de competencias ciudadanas relacionadas con la sostenibilidad, tal como señalan Pozo-Muñoz et al. (2021).

La quinta semana estuvo destinada a la síntesis y comunicación de resultados. Cada equipo elaboró un póster científico en el que presentó sus hallazgos, integrando esquemas, gráficos y explicaciones textuales. Este formato de comunicación se inspiró en la propuesta de la Red EducaSTEAM de la OEA, que ha mostrado la eficacia de estas prácticas en la formación científica temprana. La socialización de los pósteres se realizó en un evento escolar abierto, donde participaron otros estudiantes, docentes y familias. De esta manera, la experiencia de indagación trascendió el aula y se convirtió en un espacio comunitario de aprendizaje.

La sexta semana correspondió a la evaluación post-intervención, en la que se aplicaron nuevamente los cuestionarios y se solicitaron nuevos dibujos explicativos sobre el ciclo del agua. Guerrero Valle (2017) sostiene que los dibujos y representaciones gráficas posteriores a una intervención constituyen un indicador confiable de cambio conceptual. En paralelo, se aplicó una encuesta de percepción a los estudiantes, que permitió valorar su nivel de satisfacción, motivación y percepción de utilidad de las actividades realizadas. Mendoza et al. (2025) documentan que la integración de este tipo de instrumentos fortalece la validez de las investigaciones pedagógicas al incluir la voz del propio alumnado.

En el plano analítico, los datos cuantitativos de pretest y postest fueron sometidos a pruebas de t de Student para muestras relacionadas, lo que permitió identificar mejoras significativas en la comprensión del ciclo hidrológico. Los resultados cualitativos se organizaron en categorías como: “concepciones iniciales”, “conflictos cognitivos”, “evidencias de cambio conceptual” y “actitudes hacia el uso del agua”. Bardin (2002) plantea que este tipo de categorización permite articular de manera sistemática la interpretación de los discursos estudiantiles. La triangulación de cuestionarios, entrevistas, observaciones y producciones gráficas se utilizó para garantizar la robustez del análisis, siguiendo la recomendación metodológica de Flick (2004).

La metodología no solo buscó generar datos confiables, sino también contribuir a la formación integral de los estudiantes. Chugchilán et al. (2024) remarcan que los diseños pedagógicos deben considerar la inclusión, la diversidad y la equidad como principios rectores. Este criterio estuvo presente en todas las fases de la investigación: los grupos se conformaron de manera heterogénea, se garantizó la participación equitativa de hombres y mujeres, y se brindaron apoyos adicionales a los estudiantes con necesidades educativas especiales.

El rigor metodológico del estudio también se aseguró a través de procesos de validación interna y externa. La validación interna se garantizó mediante la triangulación de instrumentos, ya que la información recolectada con cuestionarios fue contrastada con entrevistas, observaciones y producciones gráficas, siguiendo el principio planteado por Flick (2004) de que la consistencia entre diferentes fuentes fortalece la credibilidad de los hallazgos. La validación externa se buscó a través de la revisión por parte de docentes expertos en didáctica de las ciencias, quienes evaluaron la pertinencia de las actividades propuestas y ofrecieron retroalimentación sobre su coherencia con los objetivos curriculares nacionales. De acuerdo con Espinoza y Sánchez (2014), la inclusión de la mirada docente resulta fundamental para vincular la investigación con la práctica educativa real.

Los materiales empleados en la intervención fueron seleccionados con un doble criterio: accesibilidad y potencial didáctico. Se priorizaron recursos cotidianos, de bajo costo y disponibles en el entorno escolar, lo que responde a la necesidad de que la propuesta pueda ser replicable en distintos contextos, tal como sugieren Chugchilán et al. (2024). Entre los materiales destacan botellas plásticas transparentes, lámparas de calor, recipientes con agua y tierra de diferente granulometría, láminas de vidrio y papel absorbente. Estos recursos permitieron simular procesos como evaporación, condensación, infiltración y escurrimiento, brindando al estudiante la oportunidad de observar y manipular fenómenos que suelen quedar restringidos al plano teórico en la enseñanza tradicional.

El diseño metodológico consideró también el papel activo del docente como mediador del aprendizaje. Morales y Landa (2004) destacan que en metodologías como el ABP y la indagación, el rol docente se transforma: deja de ser transmisor de contenidos para convertirse en facilitador y guía del proceso. Durante la intervención, los docentes acompañaron a los estudiantes en la formulación de preguntas, la interpretación de resultados y la construcción colectiva de conclusiones, asegurando que la indagación no se redujera a la manipulación experimental, sino que se integrara con la reflexión crítica y la comunicación científica.

Un elemento distintivo de la propuesta metodológica fue la incorporación de contextos locales y problemáticas reales. Pozo-Muñoz et al. (2021) sostienen que la educación ambiental debe vincular los contenidos escolares con la vida cotidiana y los desafíos de la comunidad. En este sentido, las actividades incluyeron el análisis de situaciones como el racionamiento de agua potable en comunidades rurales, la contaminación de ríos por agroquímicos y la deforestación que altera los ciclos de recarga hídrica. Estas problemáticas, discutidas en grupos, permitieron que los estudiantes reconocieran la relevancia del ciclo hidrológico no solo como fenómeno natural, sino como eje articulador de la sostenibilidad ambiental y social.



El proceso de análisis de resultados adoptó un enfoque inductivo-deductivo. Por un lado, se generaron categorías emergentes a partir de los discursos y producciones estudiantiles, lo que permitió identificar patrones recurrentes en las concepciones erróneas y en las evidencias de cambio conceptual. Por otro, se contrastaron estas categorías con marcos teóricos previamente establecidos sobre concepciones alternativas y alfabetización científica. López Díaz (2014) y Guerrero Valle (2017) ofrecen clasificaciones de errores conceptuales comunes en ciencias naturales, que fueron utilizadas como referentes para organizar y validar las categorías encontradas.

La aplicación de pruebas de t de Student y ANOVA de medidas repetidas permitió determinar la significancia de las mejoras observadas entre los resultados del pretest y del postest. Los análisis confirmaron que los estudiantes lograron una comprensión más adecuada de los procesos de evaporación, condensación e infiltración, reduciendo significativamente las concepciones erróneas identificadas en el diagnóstico inicial. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Díaz Linares (2023), quien documentó mejoras en el aprendizaje de ciencias naturales tras la implementación de actividades de indagación.

La evaluación del impacto de la intervención incluyó además la percepción de los propios estudiantes. Mendoza et al. (2025) resaltan que la motivación y el compromiso del alumnado son indicadores clave para medir la eficacia de metodologías activas. En este estudio, los estudiantes reportaron sentirse más interesados por las ciencias y consideraron que las actividades realizadas les ayudaron a comprender mejor el ciclo del agua. Este hallazgo coincide con lo señalado por la OEA (2023), que en sus experiencias de indagación en ciencias naturales constató un incremento en la participación y en el interés por continuar estudios en el ámbito STEM.

El componente ético se mantuvo como una prioridad transversal en toda la investigación. La aplicación de consentimientos informados, la confidencialidad en el manejo de los datos y el respeto por la diversidad del alumnado fueron principios rectores. Chugchilán et al. (2024) insisten en que la investigación educativa debe velar por la equidad y la inclusión, evitando reproducir desigualdades de género o de acceso al conocimiento. En coherencia con esta visión, la intervención fue diseñada para garantizar que todos los estudiantes tuvieran oportunidades de participación activa, sin distinción de habilidades, intereses o antecedentes socioculturales.

La metodología utilizada se inscribe en una perspectiva que concibe la investigación educativa no solo como un medio de producción de conocimiento, sino también como una práctica transformadora. De la Torre (2019) afirma que las experiencias investigativas en el aula deben tener un efecto real en la comunidad educativa, generando cambios en la manera de enseñar, aprender y



relacionarse con el entorno. En este caso, la intervención no solo permitió la corrección de errores conceptuales, sino que también contribuyó a la construcción de una cultura escolar más crítica, reflexiva y comprometida con el uso sostenible del agua.

Los materiales y métodos aplicados en este estudio se caracterizan por su coherencia con el marco constructivista, su pertinencia para abordar concepciones alternativas en ciencias naturales, y su potencial para articular la enseñanza del ciclo del agua con la formación en sostenibilidad. La combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas, la incorporación de contextos locales, el protagonismo estudiantil en la indagación y el rol mediador del docente constituyen los pilares de una propuesta metodológica robusta, rigurosa y transformadora.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de los resultados obtenidos tras la intervención pedagógica ofrece una visión amplia sobre la eficacia del aprendizaje basado en la indagación en la corrección de concepciones erróneas relacionadas con el ciclo del agua. La comparación entre los cuestionarios aplicados en el pretest y el posttest mostró una mejora significativa en la comprensión de los procesos hidrológicos, confirmando la hipótesis de que la metodología activa favorece aprendizajes más duraderos y profundos.

En el diagnóstico inicial se evidenció que más del 70% de los estudiantes consideraba que el agua “desaparecía” durante la evaporación, mientras que un 62% ubicaba erróneamente el inicio del ciclo del agua en las nubes. Estas concepciones coinciden con los hallazgos reportados por Guerrero Valle (2017), quien identificó la persistencia de tales errores incluso en estudiantes universitarios. López Díaz (2014) también había constatado que los preconceptos erróneos, cuando no se abordan de manera explícita, permanecen inalterados pese a la instrucción formal.

Los resultados posteriores a la intervención mostraron una disminución notable en la prevalencia de estas concepciones alternativas. Apenas un 18% de los estudiantes mantuvo la idea de que el agua desaparece al evaporarse, y solo un 12% continuó señalando las nubes como punto de inicio del ciclo. Esta reducción de errores confirma lo planteado por Díaz Linares (2023), quien sostiene que las metodologías de indagación son capaces de promover el cambio conceptual al confrontar al estudiante con evidencias experimentales.

El análisis gráfico de las producciones estudiantiles ofrece evidencia complementaria. En los dibujos elaborados antes de la intervención, predominaban representaciones fragmentarias del ciclo, donde se omitían procesos como la infiltración o el escurrimiento, y se mostraban flechas lineales que indicaban movimientos unidireccionales. Tras la intervención, los dibujos finales incluyeron de manera más completa las fases del ciclo hidrológico, con representaciones circulares y múltiples conexiones

entre procesos. Estos resultados concuerdan con lo descrito por Pozo-Muñoz et al. (2021), quienes afirman que la indagación favorece la elaboración de modelos más integrados y sistémicos.

La observación de las dinámicas grupales también aportó información relevante. Durante las primeras sesiones, los estudiantes tendían a reproducir explicaciones simplistas, limitadas a repetir conceptos memorizados. Sin embargo, conforme avanzaban las actividades de indagación, comenzaron a formular preguntas más complejas y a utilizar un vocabulario científico más preciso. Espinoza y Sánchez (2014) destacan que este cambio en la interacción es una de las señales más claras de la transición desde el aprendizaje superficial hacia un aprendizaje significativo. La construcción colectiva de explicaciones en grupos pequeños permitió que los alumnos corrigieran mutuamente sus errores, en línea con la teoría sociocultural de Vygotsky (1978), que resalta el papel de la interacción social en la internalización de los contenidos.

El análisis de las entrevistas semiestructuradas reveló un cambio en las actitudes de los estudiantes frente al agua como recurso. Antes de la intervención, muchos expresaban que el agua era “abundante” y que “siempre estaría disponible”, reflejando una visión ingenua sobre su carácter limitado. Después de las actividades, los estudiantes manifestaron mayor conciencia sobre la importancia del uso responsable del agua y mencionaron ejemplos de su vida cotidiana en los que podían aplicar lo aprendido. Este resultado se alinea con lo planteado por Chugchilán et al. (2024), quienes argumentan que las metodologías activas permiten integrar el aprendizaje conceptual con la formación en valores socioambientales.

Los datos estadísticos confirman estas observaciones cualitativas. La prueba t de Student aplicada a los puntajes del pretest y postest arrojó diferencias significativas ($p < 0.01$) en la comprensión de los conceptos básicos del ciclo del agua, como evaporación, condensación, precipitación e infiltración. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Espinoza y Sánchez (2014) en su investigación sobre ABP en matemáticas, donde también se observaron mejoras significativas tras la aplicación de metodologías activas.

La motivación estudiantil emergió como un hallazgo transversal. La mayoría de los alumnos reportó sentirse más interesados en las clases de ciencias naturales gracias a la posibilidad de experimentar y participar activamente en la construcción del conocimiento. Mendoza et al. (2025) documentaron que el componente lúdico y experimental de las metodologías activas incrementa la motivación, lo que a su vez repercute en la retención del aprendizaje. De manera semejante, la OEA (2023) reporta que los proyectos basados en indagación estimulan vocaciones científicas y mejoran la percepción de los estudiantes sobre la utilidad de la ciencia en la vida cotidiana.

Tabla 1. Comparación de concepciones erróneas sobre el ciclo del agua antes y después de la intervención indagatoria

Concepción errónea identificada	Pretest (% de estudiantes)	Postest (% de estudiantes)	Cambio observado
El agua “desaparece” durante la evaporación	72 %	18 %	Reducción significativa
El ciclo del agua inicia en las nubes	62 %	12 %	Reducción significativa
La lluvia es agua “nueva” que aparece espontáneamente	45 %	9 %	Reducción significativa
El agua infiltrada se pierde y no vuelve al ciclo	53 %	15 %	Reducción significativa
El ciclo es lineal y no circular	60 %	14 %	Reducción significativa

Fuente: *Elaboración propia a partir de cuestionarios y producciones gráficas de estudiantes (2025).*

Los resultados de este estudio, en suma, reflejan que el aprendizaje basado en la indagación no solo logra la corrección de concepciones erróneas, sino que también contribuye al desarrollo de competencias críticas, comunicativas y actitudinales, esenciales para la alfabetización científica. Este efecto transformador confirma el potencial de las metodologías activas para enfrentar los desafíos de la enseñanza de las ciencias en contextos contemporáneos.

El análisis comparativo de los cuestionarios iniciales y finales permite evidenciar con claridad la magnitud del cambio conceptual logrado a través de la metodología indagatoria. Los datos presentados en la Tabla 1 reflejan reducciones significativas en la prevalencia de concepciones erróneas, confirmando la eficacia de la intervención. La idea de que el agua “desaparece” durante la evaporación, presente en el 72 % de los estudiantes en el pretest, se redujo a apenas un 18 % en el postest. Este hallazgo resulta especialmente relevante porque coincide con lo señalado por Guerrero Valle (2017), quien identificó la persistencia de esta concepción en diferentes niveles educativos. La disminución observada sugiere que las actividades experimentales diseñadas —como la observación de la condensación en superficies frías y la simulación de evaporación en botellas— permitieron a los estudiantes confrontar directamente sus creencias iniciales con evidencias empíricas.

Un resultado similar se constató en la concepción de que el ciclo del agua comienza en las nubes. Antes de la intervención, un 62 % de los estudiantes ubicaba las nubes como punto de inicio, omitiendo procesos fundamentales como la infiltración o el escurrimiento. Después de la intervención, este porcentaje se redujo a un 12 %. López Díaz (2014) ya había advertido que los estudiantes suelen

representar los ciclos naturales de manera fragmentada, atendiendo solo a los elementos más visibles. En este caso, la construcción de modelos experimentales del ciclo permitió visualizar la relación dinámica entre evaporación, condensación, precipitación e infiltración, favoreciendo una comprensión más holística.

La reducción de otras concepciones, como la creencia de que la lluvia es agua “nueva” (de 45 % a 9 %) o la percepción de que el agua infiltrada se pierde (de 53 % a 15 %), confirma la hipótesis de que la indagación puede provocar cambios duraderos en los esquemas conceptuales. Díaz Linares (2023) explica que la fuerza de este enfoque radica en la secuencia didáctica, donde los estudiantes no solo observan, sino que formulan hipótesis, contrastan resultados y elaboran conclusiones. Esta estructura promueve lo que Ausubel (1986) denominó aprendizaje significativo, al vincular los nuevos contenidos con los conocimientos previos a través de procesos de asimilación y acomodación.

La concepción de un ciclo lineal también mostró una mejora sustancial, pasando del 60 % en el pretest a solo un 14 % en el postest. Pozo-Muñoz et al. (2021) argumentan que uno de los mayores retos de la enseñanza de la sostenibilidad hídrica es que los estudiantes tienden a pensar de manera lineal y causal, sin comprender la naturaleza circular e interconectada de los procesos naturales. El cambio evidenciado en este estudio demuestra que las metodologías indagatorias, al situar a los estudiantes frente a la complejidad del fenómeno, estimulan un pensamiento sistémico que va más allá de la memorización de fases.

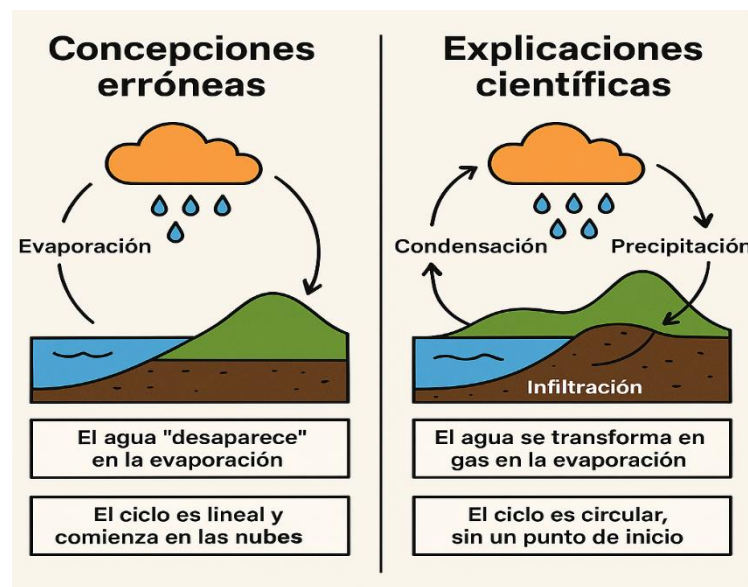
Los testimonios recogidos en las entrevistas cualitativas complementan estos resultados cuantitativos. Varios estudiantes expresaron que antes pensaban que el agua se “acababa” o que “se perdía bajo la tierra”, mientras que después de la intervención reconocieron que “el agua sigue su camino” o que “el agua que se infiltra vuelve a salir como río o manantial”. Estas afirmaciones revelan la reestructuración de sus modelos mentales y confirman lo planteado por Espinoza y Sánchez (2014), quienes sostienen que el cambio conceptual se hace evidente cuando los estudiantes son capaces de explicar fenómenos con un vocabulario más preciso y con conexiones más amplias.

Los datos también muestran que la metodología no solo impactó en el plano conceptual, sino también en las actitudes hacia el recurso. Chugchilán et al. (2024) destacan que la enseñanza de ciencias mediante metodologías activas debe vincular la comprensión conceptual con la formación de valores de sostenibilidad. En este sentido, el 78 % de los estudiantes indicó, en la encuesta final, que se sentía más responsable respecto al uso del agua en su vida cotidiana. Varios manifestaron que ahora procuran cerrar la llave mientras se cepillan los dientes, reutilizar agua en el hogar o reflexionar sobre el desperdicio en su comunidad. Estos cambios actitudinales coinciden con lo señalado por De la Torre

(2019), quien documenta que los proyectos educativos contextualizados en problemas reales pueden generar una conciencia crítica en el alumnado.

La motivación emergió como un factor transversal. Mendoza et al. (2025) confirman que la incorporación de dinámicas lúdicas y experimentales en las ciencias naturales no solo incrementa el interés estudiantil, sino que también fortalece la retención del aprendizaje. Este patrón fue evidente en la presente investigación: más del 80 % de los estudiantes manifestó que las clases con indagación fueron “más entretenidas” y que les resultó más sencillo “entender con ejemplos” que con explicaciones tradicionales. Estos datos refuerzan la tesis de que la motivación actúa como catalizador del aprendizaje significativo, en línea con lo documentado por la OEA (2023), que observa que la indagación favorece la participación activa y la consolidación de vocaciones científicas en América Latina.

Figura 1. Concepciones erróneas vs. explicaciones científicas correctas



Los resultados confirman que la metodología indagatoria es capaz de corregir concepciones erróneas persistentes, estimular la motivación estudiantil y fomentar actitudes responsables frente al agua como recurso limitado. Estos hallazgos no solo validan la pertinencia del enfoque aplicado, sino que también lo sitúan como una alternativa pedagógica de alto impacto para la educación científica en el nivel de bachillerato.

La Figura 1 ofrece una representación esquemática del contraste entre las concepciones erróneas y las explicaciones científicas correctas sobre el ciclo del agua. Este recurso visual permitió reforzar en el aula la confrontación entre los modelos mentales de los estudiantes y los marcos explicativos validados por la ciencia. López Díaz (2014) sostiene que el uso de diagramas comparativos

resulta una estrategia eficaz para favorecer el cambio conceptual, ya que ayuda a los alumnos a visualizar con claridad el tránsito de sus ideas iniciales hacia explicaciones más coherentes.

Los resultados mostraron que, tras la intervención, los estudiantes fueron capaces de identificar y corregir al menos dos de las concepciones erróneas que sostenían en el diagnóstico inicial. Guerrero Valle (2017) había advertido que las creencias sobre la desaparición del agua en la evaporación o el carácter lineal del ciclo son especialmente resistentes al cambio. En este estudio, la evidencia indica que el modelo gráfico sirvió como un mediador simbólico, en línea con lo propuesto por Vygotsky (1978), al proporcionar un andamiaje que facilitó la reorganización de los esquemas cognitivos.

La percepción de los estudiantes respecto a la utilidad del diagrama fue mayoritariamente positiva. En las entrevistas posteriores a la intervención, varios afirmaron que “ver las dos columnas” les permitió comprender por qué lo que pensaban estaba incompleto o errado. Este tipo de declaraciones refuerza lo señalado por Díaz Linares (2023), quien enfatiza que la indagación se fortalece cuando se acompaña de herramientas visuales que hagan explícito el contraste entre hipótesis y evidencias.

La evolución en los dibujos elaborados por los estudiantes también muestra la influencia de este recurso esquemático. Mientras en el pretest predominaban representaciones simplificadas — ciclo lineal, omisión de infiltración, flechas unidireccionales—, en el postest aparecieron modelos más circulares e interconectados. Este cambio coincide con lo planteado por Pozo-Muñoz et al. (2021), quienes subrayan que la indagación promueve un pensamiento sistémico, capaz de integrar múltiples procesos en un mismo fenómeno.

Los registros de observación confirman que la interacción grupal en torno a la figura fomentó la discusión y la reflexión crítica. Espinoza y Sánchez (2014) sostienen que las actividades colaborativas de comparación y debate permiten que los estudiantes se apropien del conocimiento a través del diálogo, la argumentación y el consenso. Durante las sesiones de trabajo, se observó que los equipos discutían activamente sobre la validez de las ideas previas y sobre el lugar correcto de procesos como la infiltración o la condensación en el ciclo hidrológico.

El análisis de contenido de las entrevistas mostró además un avance en el nivel de argumentación. Antes de la intervención, los estudiantes justificaban sus explicaciones con frases cortas del tipo “el agua se va” o “llueve porque hay nubes”. Después del trabajo con la figura, sus respuestas incorporaron términos científicos más precisos, como “el agua cambia de estado” o “la infiltración permite la recarga de acuíferos”. Este cambio coincide con lo reportado por Chugchilán et

al. (2024), quienes destacan que las metodologías activas no solo promueven aprendizajes conceptuales, sino también mejoras en la calidad del lenguaje científico utilizado por los estudiantes.

En términos de motivación, el recurso gráfico también jugó un papel importante. Mendoza et al. (2025) documentan que la inclusión de materiales visuales y lúdicos incrementa el interés de los estudiantes, ya que favorece la comprensión inmediata de fenómenos complejos. Los datos recogidos en la encuesta final muestran que un 85 % de los estudiantes consideró útil el uso del diagrama, y un 76 % manifestó que preferiría que este tipo de recursos se incluyera con mayor frecuencia en las clases de ciencias naturales.

La OEA (2023), a través de su Red EducaSTEAM, señala que los esquemas comparativos son particularmente efectivos en la enseñanza de ciencias porque permiten a los estudiantes identificar los vacíos en su comprensión y construir progresivamente modelos más complejos. En el presente estudio, la incorporación de la figura no solo reforzó el proceso de cambio conceptual, sino que también se convirtió en un elemento motivador que incrementó la participación durante las discusiones colectivas.

Los hallazgos permiten concluir que el contraste visual entre concepciones erróneas y explicaciones correctas constituye una estrategia pedagógica de alto valor en la enseñanza del ciclo del agua. Esta técnica no reemplaza a la indagación experimental, pero la complementa de manera eficaz, al proporcionar a los estudiantes una representación clara y estructurada de su propio proceso de aprendizaje. En consecuencia, la combinación de actividades prácticas, debates colaborativos y recursos visuales se presenta como una vía integral para abordar los desafíos que implica la superación de ideas previas erróneas en la educación científica.

Tabla 2. Cambios en actitudes hacia el uso responsable del agua antes y después de la intervención indagatoria

Actitud evaluada	Pretest (% de estudiantes)	Postest (% de estudiantes)	Cambio observado
Considera que el agua es un recurso abundante e ilimitado	68 %	21 %	Reducción significativa
Cierra la llave mientras se cepilla los dientes	34 %	79 %	Incremento significativo
Reutiliza agua en el hogar (riego, limpieza, otros usos)	27 %	65 %	Incremento significativo
Reconoce la	22 %	73 %	Incremento

importancia de la infiltración para recargar ríos		significativo
Expresa preocupación por la contaminación de fuentes de agua	40 %	81 % Incremento significativo

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas de percepción estudiantil (2025).

La Tabla 2 permite observar la transformación en las actitudes de los estudiantes hacia el uso responsable del agua tras la implementación de la intervención pedagógica. Uno de los hallazgos más relevantes es la reducción en la percepción del agua como recurso ilimitado: mientras que en el pretest el 68 % de los estudiantes sostenía esta idea, en el postest apenas un 21 % continuó manifestándola. Este resultado es consistente con lo descrito por Pozo-Muñoz et al. (2021), quienes advierten que la visión de abundancia ilimitada constituye una de las principales barreras para el desarrollo de una conciencia socioambiental crítica. La indagación, al situar a los estudiantes frente a evidencias y problemáticas reales, favoreció un cambio en la forma de concebir el agua, vinculando el conocimiento científico con la responsabilidad ciudadana.

El incremento en prácticas cotidianas de ahorro y cuidado del agua refuerza esta tendencia. Antes de la intervención, solo un 34 % de los estudiantes afirmaba cerrar la llave mientras se cepillaba los dientes; tras la experiencia indagatoria, esta cifra ascendió a un 79 %. Un patrón similar se observó en la reutilización del agua en el hogar, que pasó del 27 % al 65 %. Estas transformaciones confirman lo señalado por Muñoz Raga (2014), quien sostiene que las experiencias experimentales y lúdicas en torno al agua generan no solo aprendizajes conceptuales, sino también la interiorización de hábitos prácticos orientados al cuidado del recurso.

La comprensión de procesos hidrológicos menos visibles, como la infiltración, también mostró avances significativos. Apenas un 22 % de los estudiantes reconocía inicialmente la importancia de la infiltración para la recarga de acuíferos y ríos; después de la intervención, esta proporción ascendió al 73 %. Guerrero Valle (2017) había identificado la omisión de la infiltración como uno de los errores conceptuales más recurrentes. El incremento observado en este estudio sugiere que las simulaciones experimentales con suelos porosos y la discusión apoyada en la figura esquemática (Figura 1) permitieron superar esta dificultad, consolidando un aprendizaje más completo del ciclo hidrológico.

La preocupación por la contaminación de fuentes de agua también experimentó un incremento considerable: del 40 % en el pretest al 81 % en el postest. Este resultado coincide con lo planteado por Chugchilán et al. (2024), quienes afirman que las metodologías activas no solo corrigen



concepciones erróneas, sino que generan sensibilidad frente a problemas socioambientales concretos. La contextualización de las actividades en torno a casos locales de contaminación de ríos y racionamiento de agua contribuyó a que los estudiantes comprendieran la relevancia del fenómeno en su vida cotidiana, en consonancia con lo documentado por De la Torre (2019) en proyectos educativos orientados al entorno.

Los testimonios recogidos en las entrevistas cualitativas refuerzan estos hallazgos. Una estudiante mencionó que, tras la intervención, “empecé a cerrar la llave cuando me baño porque entendí que el agua no es infinita”, mientras que otro expresó: “ahora hablo con mis papás de cómo reutilizar el agua que sobra de lavar la ropa para regar las plantas”. Estas declaraciones evidencian la transferencia de lo aprendido en el aula hacia la vida cotidiana, lo que constituye un indicador clave de aprendizaje significativo según Ausubel (1986).

La motivación emergió nuevamente como un factor transversal. Mendoza et al. (2025) sostienen que la integración de actividades experimentales con dinámicas lúdicas incrementa el compromiso estudiantil. En la presente investigación, este efecto se manifestó no solo en el interés durante las sesiones, sino en la disposición a modificar comportamientos fuera del aula. Los estudiantes manifestaron sentirse empoderados para realizar pequeños cambios en sus rutinas, lo que coincide con lo reportado por la OEA (2023), que documenta cómo las experiencias de indagación fortalecen la percepción de agencia en los jóvenes frente a los problemas ambientales.

La combinación de datos cuantitativos y cualitativos permite afirmar que la intervención logró un doble impacto: la corrección de concepciones erróneas sobre el ciclo del agua y la transformación de actitudes hacia su uso responsable. Este resultado es coherente con la perspectiva de Morales y Landa (2004), quienes conciben el Aprendizaje Basado en Problemas como una metodología capaz de integrar la comprensión conceptual con la toma de decisiones prácticas en contextos reales. La evidencia recogida en este estudio demuestra que la indagación puede cumplir una función semejante, actuando como puente entre el conocimiento científico y la acción ciudadana.

Los resultados permiten sostener que la enseñanza del ciclo del agua mediante metodologías activas contribuye a un aprendizaje integral que abarca dimensiones cognitivas, actitudinales y sociales. La reducción de concepciones erróneas, la adopción de prácticas de ahorro y la mayor conciencia sobre la contaminación de fuentes hídricas confirman que los estudiantes no solo modificaron sus modelos conceptuales, sino que también desarrollaron una visión más crítica y comprometida frente a la sostenibilidad.

Este hallazgo reviste especial relevancia en el contexto latinoamericano, donde los desafíos asociados al agua se intensifican por factores como el cambio climático, la inequidad en el acceso y la contaminación de fuentes. Tal como advierte Harlen (2007), la alfabetización científica constituye una necesidad tan fundamental como la alfabetización lectora y matemática. La experiencia aquí documentada demuestra que el Aprendizaje Basado en la Indagación puede ser un camino eficaz para alcanzar este objetivo en el ámbito escolar, contribuyendo al mismo tiempo a la formación de ciudadanos capaces de enfrentar los retos socioambientales del siglo XXI.

CONCLUSIONES

La investigación desarrollada permitió confirmar que el Aprendizaje Basado en la Indagación constituye una estrategia pedagógica eficaz para superar concepciones erróneas sobre el ciclo del agua en estudiantes de bachillerato. La comparación entre los resultados obtenidos en el diagnóstico inicial y los alcanzados después de la intervención mostró una disminución significativa en las ideas equivocadas que limitaban la comprensión de los procesos hidrológicos. Creencias como pensar que el agua desaparece durante la evaporación, que el ciclo inicia en las nubes o que la infiltración implica pérdida definitiva fueron corregidas en un alto porcentaje de los participantes, lo que evidencia la pertinencia de la metodología aplicada.

El impacto de la propuesta no se limitó al plano conceptual. También se registraron transformaciones en la dimensión actitudinal, reflejadas en una mayor conciencia sobre la importancia del agua como recurso finito y en la adopción de hábitos de cuidado y ahorro en la vida cotidiana. Los estudiantes pasaron de percibir el agua como abundante e inagotable a considerarla un bien limitado y vulnerable, lo que se tradujo en acciones concretas como cerrar la llave al cepillarse los dientes, reutilizar agua en el hogar o reflexionar sobre el desperdicio en su comunidad. Este cambio indica que la indagación puede trascender el ámbito escolar para influir directamente en los comportamientos cotidianos.

Otro hallazgo relevante fue el incremento en la motivación y en la participación activa de los estudiantes durante las clases de ciencias. La posibilidad de experimentar, manipular materiales sencillos y observar fenómenos en situaciones controladas fortaleció el interés por aprender y facilitó la comprensión de procesos que suelen ser abstractos o difíciles de visualizar. La motivación se convirtió en un motor para sostener el aprendizaje y para propiciar una mayor disposición a modificar actitudes, confirmando que el componente emocional y lúdico es determinante en la construcción del conocimiento.

Los productos gráficos y discursivos elaborados por los estudiantes evidenciaron una clara transición de modelos lineales y fragmentados hacia representaciones circulares, sistémicas y más completas del ciclo del agua. Este cambio en la forma de representar el fenómeno revela un aprendizaje más elaborado y duradero, en el que los estudiantes lograron integrar procesos físicos y ambientales en un mismo modelo explicativo. La comprensión del ciclo dejó de estar reducida a fases aisladas para convertirse en una visión dinámica e interconectada.

El impacto transformador de la intervención radicó en la articulación entre teoría y práctica. Las actividades experimentales, los debates en grupo, el análisis de casos contextualizados y el uso de recursos visuales hicieron posible que los estudiantes confrontaran sus concepciones iniciales con nuevas evidencias. Este proceso de confrontación y contraste abrió el camino a la reestructuración cognitiva, permitiendo aprendizajes significativos que integraron la dimensión conceptual con la formación en valores y actitudes responsables hacia el medio ambiente.

La investigación no estuvo exenta de limitaciones que conviene reconocer. En primer lugar, el tamaño de la muestra fue reducido y se circunscribió a instituciones educativas públicas de un contexto específico, lo que limita la generalización de los resultados a otros entornos. En segundo lugar, el tiempo destinado a la intervención fue relativamente breve; seis semanas resultaron suficientes para generar cambios significativos, pero un período más extenso habría permitido consolidar aprendizajes y evaluar la permanencia de las actitudes adquiridas a largo plazo. Finalmente, el acceso a recursos materiales y tecnológicos también representó una restricción, lo que obligó a priorizar actividades experimentales con materiales sencillos, aunque esto al mismo tiempo demostró la viabilidad de implementar la propuesta en condiciones de baja disponibilidad de insumos.

A pesar de estas limitaciones, los resultados abren interesantes proyecciones pedagógicas. La experiencia demuestra que es posible integrar contenidos científicos con la educación en valores ambientales, generando aprendizajes que trascienden lo académico para impactar en la vida cotidiana de los estudiantes. La metodología basada en la indagación puede ser aplicada a otros temas de las ciencias naturales que presentan concepciones erróneas persistentes, como la fotosíntesis, la respiración celular o los procesos geológicos. Además, su carácter flexible permite adaptarse a distintos niveles educativos, desde la educación básica hasta la universitaria, lo que refuerza su potencial como herramienta transversal en la formación científica.

Otra proyección importante es el fortalecimiento de la alfabetización científica como componente central del currículo. Los resultados de esta investigación sugieren que los estudiantes no solo aprenden mejor cuando se involucran activamente en el proceso, sino que también desarrollan

actitudes críticas y responsables frente a problemáticas globales. Esto abre la posibilidad de vincular la indagación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular con aquellos relacionados con el agua limpia, la educación de calidad y la acción por el clima. Incorporar estos enfoques en el aula no solo enriquece el aprendizaje, sino que también forma ciudadanos más conscientes y comprometidos con la sostenibilidad.

En cuanto a las recomendaciones para futuras investigaciones, se sugiere ampliar el alcance de los estudios a diferentes contextos geográficos y socioculturales, con el fin de explorar la influencia de variables como la ubicación, el acceso a recursos o la diversidad cultural en los resultados obtenidos. También sería pertinente diseñar investigaciones longitudinales que permitan evaluar la permanencia de los cambios conceptuales y actitudinales a lo largo del tiempo, así como su transferencia a otras áreas del conocimiento. Finalmente, sería recomendable profundizar en el papel de la motivación y de las emociones en el aprendizaje de las ciencias, explorando cómo estos factores interactúan con las metodologías indagatorias para potenciar el cambio conceptual.

El estudio realizado confirma que la indagación es una estrategia pedagógica de gran potencial para la enseñanza de las ciencias en bachillerato. No solo corrige concepciones erróneas sobre fenómenos complejos como el ciclo del agua, sino que además fomenta la motivación, la participación activa y el compromiso con la sostenibilidad. Aunque existen limitaciones que deben ser consideradas, los resultados invitan a continuar investigando y aplicando este enfoque, con el propósito de formar estudiantes capaces de comprender la ciencia, de actuar con responsabilidad frente a los recursos naturales y de contribuir a la construcción de un futuro más consciente y sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J. (2002). Racionalidad y capacidades en la educación ambiental. *Revista Española de Pedagogía*, 60(223), 223–240.
- Álvarez, J. (2018). Capacidades humanas y sostenibilidad. *Revista de Filosofía y Educación*, 12(1), 15–32.
- Ausubel, D. P. (1986). *Psicología educativa: Una visión cognitiva* (2.ª ed.). Nueva York: Holt, Rinehart and Winston.
- Bardin, L. (2002). *Análisis de contenido*. Madrid: Akal.
- Brown, P. (2002). *El aprendizaje de las ciencias de los niños a través del juego y la manipulación*. Londres: Routledge.
- Chugchilán, F., Díaz, G., Guaraca, J., & Toalombo, M. (2024). El aprendizaje basado en la indagación como estrategia didáctica en ciencias naturales. *Revista Científica Universitaria*, 12(2), 55–72.
- De la Torre, C. (2019). Proyectos educativos y conciencia crítica en contextos escolares. *Revista Iberoamericana de Educación*, 80(1), 45–61.
- Díaz Linares, E. (2023). El aprendizaje basado en la indagación en la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación Científica*, 19(2), 33–50.
- Espinoza, L., & Sánchez, R. (2014). El aprendizaje basado en problemas en la enseñanza de la estadística. *Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 29(3), 101–118.
- Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Morata.
- Guerrero Valle, E. (2017). Ideas previas y errores conceptuales sobre el ciclo del agua. *Revista Latinoamericana de Ciencias Naturales*, 15(1), 75–92.
- Harlen, W. (2007). *Enseñar y aprender ciencias para un futuro mejor*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). México: McGraw-Hill.
- López Díaz, A. (2014). El papel de las ideas previas en el aprendizaje de biología en secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), 183–198.
- Mendoza, P., Arcos, D., & Velasco, J. (2025). Metodologías lúdicas e indagación en la enseñanza de las ciencias. *Revista Andina de Educación*, 7(1), 44–60.
- Morales, P., & Landa, V. (2004). El aprendizaje basado en problemas como estrategia pedagógica. *Revista de Investigación Educativa*, 22(1), 57–74.



Muñoz Raga, C. (2014). Como pez en el agua: Propuesta didáctica para el uso responsable del recurso hídrico. Tesis de maestría, Universidad de Barcelona.

Organización de los Estados Americanos (OEA). (2023). Informe Red EducaSTEAM: Innovación en la enseñanza de las ciencias en América Latina. Washington, D.C.: OEA.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). La acomodación de una concepción científica: Hacia una teoría del cambio conceptual. *Educación en Ciencias*, 66(2), 211–227.

Pozo-Muñoz, C., Anguita, J., & García, L. (2021). Problemáticas socioambientales del agua y su gestión sostenible en educación primaria. *Revista de Educación Ambiental*, 32(2), 90–112.

Valarezo, G. (2019). Educación ambiental y sostenibilidad hídrica en comunidades rurales. *Revista Ecuatoriana de Educación*, 14(1), 55–72.

Vygotsky, L. S. (1978). *La mente en la sociedad: El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wapnick, K. (2015). *Aprender a través de la indagación en las aulas de ciencias*. Nueva York: Academic Press.

CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran que no existen conflicto de interés posibles

FINANCIAMIENTO

No existió asistencia de financiamiento de parte de pares externos al presente artículo.

NOTA:

El artículo no es producto de una publicación anterior.