



Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v4i4.517>

Recibido: 2025-10-21

Aceptado: 2025-11-07

Publicado: 2025-11-21

Uso De Herramientas Digitales Para Estudiar El Agua Un Enfoque Interdisciplinario En Ciencias Naturales.

Use of digital tools to study water: an interdisciplinary approach in natural sciences

Autores

Alberto Ismael Wong Dillon¹

<https://orcid.org/0000-0003-0114-8077>

awong@anai.edu.ec

Academia Naval Almirante Illingworth

Guayas- Ecuador

Diego Alexander Pesantez Robles²

<https://orcid.org/0009-0008-7303-6553>

apesantez@anai.edu.ec

Academia Naval Almirante Illingworth

Guayas- Ecuador

Yefferson Ricardo Litardo Mieles³

<https://orcid.org/0000-0003-4824-0794>

ylitardo@anai.edu.ec

Academia Naval Almirante Illingworth

Guayas- Ecuador

Jefferson Santo Carriel Navas⁴

<https://orcid.org/0009-0007-6554-2694>

jcarriel@anai.edu.ec

Academia Naval Almirante Illingworth

Guayas- Ecuador

Aarón Misael Jurado Arévalo⁵

<https://orcid.org/0009-0001-4439-9418>

ajurado@anai.edu.ec

Academia Naval Almirante Illingworth

Guayas- Ecuador

Cómo citar

Wong Dillon, A. I., Pesantez Robles, D. A., Litardo Mieles, Y. R., Carriel Navas, J. S., & Jurado Arévalo, A. M. (2025). Uso De Herramientas Digitales Para Estudiar El Agua Un Enfoque Interdisciplinario En Ciencias Naturales. *ASCE MAGAZINE*, 4(4), 1914–1939.



Resumen

La investigación actual explora la utilización de tecnologías digitales para el estudio del agua desde un punto de vista interdisciplinario para las Ciencias Naturales, particularmente su potencial para abordar problemas complejos y su rol en la transformación educativa sistémica. La investigación nace de la necesidad de profundizar en la comprensión de los sistemas hídricos, integrando conocimientos científicos, tecnológicos y ambientales a través de estrategias digitales que fomenten el pensamiento crítico y la toma de decisiones informadas. Se utiliza un enfoque de métodos mixtos con un diseño secuencial explicativo, que consiste en un análisis de las prácticas de enseñanza, el uso de actividades interdisciplinarias mediadas por TIC y la evaluación del aprendizaje de los estudiantes a través de rúbricas de competencias científicas y tecnológicas. Las tecnologías digitales utilizadas incluyeron modelos de simulación hidrológica, aplicaciones de modelado de diseño, entornos gamificados y plataformas colaborativas de análisis de datos. Las mejoras en los datos están relacionadas con la comprensión del ciclo del agua, la calidad del agua y la gestión sostenible de los recursos hídricos. Las mejoras sostenidas indicaron un aumento en la motivación, la participación en clase y la facilidad con la que los estudiantes abordaron problemas ambientales complejos. Además, la colaboración interdisciplinaria fomentó el pensamiento activo y crítico necesario para elaborar análisis multicausales y descomponer el problema complejo de la degradación ambiental en soluciones sostenibles y ejecutables. La investigación confirma que las herramientas digitales permiten y promueven la visualización mental compleja y la experimentación. No son meramente recursos digitales. Son herramientas cognitivas que motivan a los docentes a innovar y ajustar sus currículos para fomentar el pensamiento complejo y la resolución de problemas. Los hallazgos proporcionan evidencia de la importancia crítica de las tecnologías emergentes para la educación hídrica y la necesidad de informar a los responsables de políticas para fomentar una educación científica, contextual e interdisciplinaria crítica.

Palabras clave: Herramientas Digitales, Aprendizaje Interdisciplinario, Educación Hídrica, Ciencias Naturales, Tecnologías Geoespaciales, Modelización Hidrológica, Integración STEM.



Abstract

The present research explores the use of digital technologies for studying water from an interdisciplinary perspective within Natural Sciences, particularly focusing on their potential to address complex problems and their role in systemic educational transformation. The study emerges from the need to deepen the understanding of hydrological systems by integrating scientific, technological, and environmental knowledge through digital strategies that foster critical thinking and informed decision-making. A mixed-methods approach with an explanatory sequential design was employed, consisting of an analysis of teaching practices, the implementation of interdisciplinary ICT-mediated activities, and the assessment of student learning through scientific and technological competency rubrics. The digital technologies used included hydrological simulation models, design-based modeling applications, gamified environments, and collaborative data-analysis platforms. Improvements in student performance were associated with enhanced understanding of the water cycle, water quality, and sustainable resource management. Sustained gains indicated increased motivation, classroom participation, and greater ease in addressing complex environmental issues. Furthermore, interdisciplinary collaboration fostered active and critical thinking, enabling students to conduct multicausal analyses and deconstruct the complex problem of environmental degradation into sustainable and actionable solutions. The study confirms that digital tools enable and promote complex mental visualization and experimentation. They are not merely digital resources; they function as cognitive tools that encourage teachers to innovate and adjust their curricula to foster complex thinking and problem-solving. The findings provide evidence of the critical importance of emerging technologies for water education and highlight the need to inform policymakers in order to promote a scientific, contextualized, and interdisciplinary approach to environmental learning.

Keywords: Digital Tools, Interdisciplinary Learning, Water Education, Science Education, Geospatial Technologies, Hydrological Modeling, STEM Integration.



Introducción

El agua es un recurso vital para nuestro planeta. Por ello, es un eje central en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. No solo deben ser ciencias naturales, sino que debe enseñarse desde una perspectiva interdisciplinaria abarcando las dimensiones física, química, biológica y social. En este sentido, tecnologías digitales, como simulaciones, entornos virtuales, mapeo geo-espacial, aplicaciones móviles y herramientas de análisis de datos, son una oportunidad innovadora para estudiar y comprender los sistemas hidrológicos desde múltiples perspectivas. La digitalización de la educación permite a los estudiantes investigar variables hidrológicas, manipular modelos de flujo de agua o calidad del agua, e interactuar con procesos que, en la educación tradicional, serían demasiado complejos o inaccesibles (Hajj-Hassan, 2024). La educación, por tanto, es más inmersiva, y el estudio de sistemas complejos se hace posible.

El trabajo de la interdisciplinariedad también aportan mucho a la enseñanza de las ciencias naturales en cuanto a la adquisición de conocimientos se refiere, es decir, saber más de lo que ya sabemos sobre el agua y ser capaces de analizar, modelar, interpretar y tomar decisiones sobre el fenómeno del agua en sus dimensiones natural, socioecológicas y tecnológicas.

La literatura sobre la educación del agua ha destacado la necesidad de un enfoque integrador que abarque tanto las dimensiones humanas como las naturales del agua. Dentro de ese marco, Hacia la alfabetización hídrica: un análisis interdisciplinario de los estándares para la enseñanza y el aprendizaje sobre los humanos y el agua (Mostacedo-Marasovic et al., 2022) señaló que los estándares educativos relacionados con el agua se enseñan de manera fragmentada y disciplinaria, lo que obstaculiza el crecimiento de una alfabetización hídrica completa.

Además, en el ámbito de la educación ambiental, se ha documentado el impacto de las tecnologías digitales—como mapas interactivos, realidad aumentada y entornos virtuales—en la promoción de la conciencia ambiental; sin embargo, su impacto en el aprendizaje específicamente relacionado con el agua aún no se ha investigado (Hajj-Hassan, 2024). Otra literatura indica que el sector del "agua digital" está innovando la gestión y enseñanza de los recursos hídricos mediante la integración de datos en tiempo real, visualización geo-espacial y modelado de sistemas socio-hidrológicos (Walter, 2024). El uso de tecnologías digitales en la educación, especialmente en la integración de metodologías activas, también ha sido investigado, como en el caso de Mikropoulos

e Iatraki (2023), quienes investigaron el papel de la tecnología digital en la educación científica y concluyeron que el uso adecuado de tales tecnologías mejora la motivación del estudiante y logra resultados positivos de aprendizaje.

Numerosos estudios han demostrado que, si bien los estudiantes poseen cierta conciencia sobre los problemas relacionados con la escasez de agua, aún parecen carecer de una comprensión conceptual sólida, lo que apunta a la necesidad de más esfuerzos educativos (Çalığışu & Sabancı, 2025). Sin embargo, todavía parece haber una brecha en la investigación patrocinada que pregunta cómo se puede aprovechar la gran cantidad de herramientas que ofrece la tecnología digital, en un contexto interdisciplinario, para permitir que los estudiantes de ciencias físicas estudien el agua de una manera más integrada. En este sentido, McGiven et al. (2025) en *Tierra Sedienta: un enfoque basado en juegos para la educación sobre recursos hídricos interdisciplinarios*, ilustra el potencial de este enfoque para la enseñanza de la gobernanza y gestión del agua con un enfoque en un juego educativo digital interdisciplinario para la gestión de recursos hídricos. Por último, entre los proyectos de innovación educativa y gestión digital del agua, el proyecto (Waterline Project Consortium., 2023) ha ayudado a moldear directrices para la educación sobre el agua en formatos digitales en la educación superior, enfatizando los aspectos interdisciplinarios y de innovación tecnológica.

Los estudios más recientes muestran que el uso de herramientas digitales en la enseñanza de las Ciencias Naturales se ha consolidado como una respuesta educativa a los desafíos de la transformación educativa post-pandémica. Las innovaciones pedagógicas apoyadas en el uso de tecnologías buscan mejorar la comprensión de fenómenos científicos complejos, como el estudio del agua desde la interdisciplinariedad. La literatura actual indica que las tecnologías interactivas apoyan la construcción de aprendizajes significativos y el desarrollo de habilidades cognitivas de alto nivel que se ajustan a las necesidades educativas actuales (Mora Villamar et al., 2024). Además, el razonamiento lógico y la resolución de problemas son habilidades necesarias para estudiar sistemas naturales y modelar procesos hidrológicos, lo que exige enfoques pedagógicos mediados por recursos digitales potentes (Alvarez Piza et al., 2024). Sin embargo, aún existe una falta de integración sistemática de estas tecnologías en ciencias naturales, pero sobre todo en

propuestas que integren refuerzo académico y análisis interdisciplinario del agua (Fierro Barrera et al., 2024).

El aprendizaje en streaming ha emergido como un modelo en el aprendizaje complejo de fenómenos que combinan recursos presenciales y virtuales, como los sistemas de agua (Serrano Aguilar et al., 2024). Sin embargo, los sistemas de aprendizaje requieren no solo los sistemas en sí, sino también las competencias de los docentes en el uso pedagógico de la tecnología. La investigación en el dominio de la tecnología educativa indica que el dominio de la tecnología influye en la calidad de la actividad científica, cuando el enfoque está en las actividades relacionadas con el agua y otros estudios interdisciplinarios ambientales (Troya Santillán et al., 2024; Bernal Parraga et al., 2025).

Los estudios complementarios sobre gamificación y estrategias pedagógicas innovadoras muestran que los entornos interactivos pueden mejorar la motivación y el compromiso de los estudiantes, componentes críticos para un aprendizaje significativo en el estudio del agua (Orden Guaman et al., 2024). La incorporación de sistemas gamificados, recientemente aumentados por la inteligencia artificial, mejora la personalización y retroalimentación de las actividades científicas, permitiendo a los estudiantes investigar procesos naturales a través de desafíos.. simulados.. digitalmente (Troya Santillán et al., 2024). Sin embargo, la literatura continúa mostrando una brecha en las propuestas que integran estas innovaciones desde una verdadera perspectiva interdisciplinaria, en la que las Ciencias Naturales, la tecnología y las metodologías activas dirigidas a una comprensión integral del agua convergen. Esto justifica la necesidad de analizar las herramientas digitales como mediadores cognitivos con el propósito de la educación sobre el agua en las escuelas.

En los últimos años, el uso de herramientas digitales en la enseñanza de Ciencias Naturales ha tomado mayor importancia, dada su capacidad para ayudar en la comprensión de fenómenos complejos, como los procesos asociados con el agua. Varios estudios han demostrado que los recursos digitales expanden las oportunidades de aprendizaje a través de la visualización de imágenes, simulaciones interactivas y entornos de indagación científica que mejoran la alfabetización científica de los estudiantes (Bernal Parraga et al., 2024; Bernal Parraga et al., 2024).

Sin embargo, a pesar del creciente uso de estos recursos, aún existen desafíos relacionados con la adecuación pedagógica, el diseño instruccional y la integración interdisciplinaria de estos recursos.

El enfoque STEM/STEAM se ha convertido en un marco apropiado para fomentar la interdisciplinariedad en el estudio del agua al integrar conocimientos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas a través de experiencias contextualizadas. Estudios recientes enfatizan que la integración de STEM facilita la resolución de problemas del mundo real y la interconexión de dominios de conocimiento dispares, aunque estos estudios citan brechas en la integración de STEM en los sistemas educativos, y en particular, en la formación y disponibilidad de recursos para los docentes (Bernal Párraga et al., 2024; Bernal Parraga et al., 2024). Asimismo, estudios comparativos muestran que las metodologías activas, cuando se combinan con tecnología, mejoran el aprendizaje aplicado y el pensamiento crítico (Bernal Parraga et al., 2024; Alvarez Piza et al., 2024).

En el campo específico de las Ciencias Naturales, se ha informado positivamente sobre el impacto específico de la innovación mediada por TIC en el desarrollo del pensamiento lógico y la resolución de problemas, fundamentales para el análisis de fenómenos del agua (Cosquillo Chida et al., 2025; Bernal et al., 2025). Se han reportado modelos de enseñanza como el Aprendizaje Basado en Proyectos y la Realidad Aumentada que potencian la comprensión de la ciencia a través de experiencias inmersivas y contextualizadas, sobre todo en áreas del medio ambiente (Bernal Parraga et al., 2025; Bernal Párraga et al., 2024). Aparte, propuestas recientes de educación ambiental para jóvenes aprendices hacen énfasis en la necesidad de abordar el contenido relacionado con el agua desde una perspectiva ecofisiológica, integradora y basada en problemas de la vida real (Bernal Párraga et al., 2024). La incorporación de medios digitales, entre ellos los basados en gamificación, también se ha considerado como una estrategia para incrementar la motivación, el engagement y la retroalimentación en tiempo real del proceso formativo (Bernal Parraga et al., 2024; Jara Chiriboga et al., 2025; Quiroz Moreira et al., 2024). Estos recursos que pueden ser extrapolados al aprendizaje del agua, permiten potenciar el aprendizaje a través de retos, insignias e historias, sin embargo, aún falta trabajo para entender cómo tales dinámicas pueden ser adaptadas a problemas

ambientales específicos. Paralelamente, el Flipped Classroom ha demostrado ser una línea pedagógica que compagina de manera muy natural con recursos digitales, desembocando en el aprendizaje autónomo y la investigación científica (Montenegro Muñoz et al., 2024).

En literatura también se enfatiza la cuestión del papel docente en la incorporación de las tecnologías educativas. Se reconoce que la formación en metodologías de enseñanza innovadoras y en competencias digitales es uno de los pilares para que las implantaciones del DUA en la docencia de las Ciencias de la Naturaleza sean efectivas Aun Hay (Arequipa Molina et al., 2024). La aplicación del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) supone un modelo inclusivo que insiste en que las herramientas digitales pensadas para la enseñanza deben brindar accesibilidad, personalización y participación igualitaria a todos los estudiantes (Aguilar Tinoco et al., 2024; Bernal Párraga et al., 2024).

Por otro lado, el DUA ayuda a unificar un modelo inclusivo que subraya la necesidad de que las herramientas digitales proporcionen a los estudiantes accesibilidad, personalización y una participación equitativa (Aguilar Tinoco et al., 2024; Bernal Párraga et al., 2024). Por ejemplo, la Educación mediante Inteligencia Artificial, que se está convirtiendo en una tendencia clara, puede convertir en mucho más potentes los análisis de datos, la personalización del aprendizaje y el diseño de experiencias adaptativas, siendo además aplicables al estudio del agua como fenómeno natural y ambiental (Villacreses Sarzoza et al., 2025; Padilla Chicaiza et al., 2025; Jara Chiriboga et al., 2025). El valor de las tecnologías digitales ha sido documentado como una herramienta transversal para fomentar la ciudadanía ambiental y el pensamiento crítico frente a problemas socio-ecológicos, como la gestión sostenible del agua (Castillo Baño et al., 2024).

La documentación de antecedentes retrata importantes avances en el uso innovador de las TIC, la integración de diversos campos y metodologías activas en las Ciencias Naturales. Sin embargo, aún existe una brecha significativa en los estudios que combinan herramientas digitales y enfoques interdisciplinarios para el estudio del agua como contenido científico y ambiental. Esta ausencia justifica la necesidad de investigaciones que combinen tecnologías emergentes, modelos pedagógicos activos e integración STEM para mejorar la comprensión integral de los sistemas hídricos en contextos escolares.

Aunque construir los currículos que integren las competencias relacionadas con la alfabetización sobre el agua y la alfabetización científica es esencial, se señala que los procesos de formación aún continúan organizándose principalmente de manera disciplinaria (biología, química o geografía) sin articular un enfoque interdisciplinario que integre el uso de herramientas digitales para el análisis, modelado y visualización de fenómenos relacionados con el agua. Este enfoque fragmentado limita el desarrollo de una comprensión sistémica del agua como un elemento natural, socioecológico y tecnoecológico (Mostacedo-Marasovic et al., 2022). En este sentido, surge el problema principal: ¿Cómo facilita el uso de herramientas digitales, enmarcado en un enfoque interdisciplinario en las ciencias naturales, el estudio del agua y el desarrollo de competencias cognitivas, procedimentales y actitudinales relacionadas con el agua? La relevancia de esta investigación se basa en la necesidad de enseñar sobre el agua, fuera de las fronteras disciplinarias tradicionales, en un mundo donde los desafíos relacionados con el agua requieren alfabetizaciones, competencias críticas y accionables (Boon, 2024).

Este trabajo se fundamenta en tres pilares teóricos y empíricos. El primero es el de Alfabetización Hídrica, que plantea que los estudiantes comprendan las interrelaciones entre las dimensiones natural y social del agua para poder tomar decisiones informadas (Mostacedo-Marasovic et al., 2022). El segundo, el enfoque interdisciplinario en la educación ambiental, que afirma que los problemas ecológicos actuales requieren romper con los silos disciplinarios e incorporar el conocimiento de las ciencias naturales, la tecnología, la sociedad y los valores (Masalimova et al., 2023). Y el tercero, el empleo de herramientas digitales en la educación proporciona espacios de aprendizaje ampliados, simulaciones, visualizaciones y datos analíticos que permiten a los estudiantes explorar fenómenos hidrológicos complejos, lo que eleva el conocimiento y la conciencia (Hajj-Hassan, 2024). Las tres juntas subrayan la importancia de un diseño pedagógico que integre herramientas digitales con una perspectiva interdisciplinaria en las ciencias naturales para que sea eficaz en el logro de objetivos como comprender el agua como un sistema en interacción, desarrollar la indagación científica y encaminar a los estudiantes hacia actitudes responsables con el agua y el medio ambiente.



Propósito del estudio: Comprender cómo la integración de herramientas digitales desde una perspectiva interdisciplinaria y un enfoque en la naturaleza del agua contribuye al estudio y desarrollo de competencias de los estudiantes de Educación Secundaria o Media.

Objetivo general: Examinar el efecto del uso de herramientas digitales en la integración interdisciplinaria en el estudio del agua en el campo de las ciencias naturales.

Objetivos específicos:

Establecer cuáles son las herramientas digitales (simulaciones, geovisualización, plataformas de datos, aplicaciones móviles) utilizadas en el estudio del agua en entornos educativos interdisciplinarios.

Evalúa hasta qué punto dichas herramientas digitales facilitan la integración del conocimiento de las ciencias físicas, químicas, biológicas y sociales en el estudio del agua.

Determina hasta qué punto los estudiantes desarrollan competencias cognitivas (conocimiento del agua), procedimentales (uso responsable de herramientas digitales para la exploración del agua) y actitudinales (responsabilidad con el agua) para emplear un enfoque interdisciplinario.

Haz sugerencias para diseñar unidades didácticas en ciencias naturales que utilicen herramientas digitales con un enfoque interdisciplinario en el estudio del agua.

Metodología y Materiales

Esta investigación utilizó un modelo mixto que implementó un diseño cuasi-experimental apoyado en técnicas cualitativas de análisis interpretativo. La adopción de enfoques mixtos ha sido considerada pertinente en investigaciones en el ámbito de la educación en tecnología por la posibilidad que ofrecen dichos enfoques de combinar medidas de rendimiento, percepción de los estudiantes, y análisis de actividad en entornos digitales (Jeno et al., 2019). Por otra parte, el uso de diseños cuasi-experimentales contribuye a la comprensión de la influencia de ciertas

herramientas digitales en contextos reales de aula, donde existe cierta imposibilidad de control sobre algunas variables (Radianti et al., 2020). La integración de análisis cualitativos, en este caso, responde a la inquietud de estudiar desde la perspectiva de los alumnos, el grado de integración de saberes interdisciplinarios, en el estudio de sistemas hídricos, a través de la utilización de simulaciones, modelos virtuales y plataformas interactivas (Califf, C. B., & Brooks, S. 2020).

La población comprometida fueron estudiantes de secundaria de Escuelas Urbanas Públicas. Se seleccionó una muestra intencionada no aleatoria de 52 estudiantes, como es habitual en estudios educativos con intervenciones tecnológicas, ya que es apropiado para asegurar el acceso, la participación y el monitoreo sistemático (Lai & Hwang, 2019). Los criterios de inclusión incluyeron: (a) estar matriculado en cursos de ciencias naturales, (b) tener acceso básico a dispositivos digitales, y (c) participar voluntariamente con consentimiento informado. El tamaño de muestra seleccionado está justificado por el cuerpo de trabajo en innovación educativa que respalda tamaños de muestra pequeños a medianos en diseños de estudio cuasi-experimentales dirigidos a la evaluación de tecnologías novedosas (Weisberg & Newcombe, 2020).

La intervención se basó en la integración de simuladores hidrológicos, aplicaciones móviles para la exploración del ciclo del agua, SIG educativos, y entornos de realidad aumentada (RA) centrados en el estudio de sistemas ambientales. Estas tecnologías se han convertido en recursos establecidos para mejorar la comprensión de fenómenos complejos, visualización de procesos y análisis interdisciplinario (Toma et al., 2021). El uso de SIG escolares, en particular, ha demostrado mejorar el razonamiento espacial y la toma de decisiones ambientales (Bernhäuserová, V., et al., 2022). Las simulaciones digitales, por su parte, facilitan la modelización de caudales, infiltración, distribución de agua y contaminación (Hwang & Chien, 2022).

El procedimiento se desarrolló en cuatro etapas:

(1) Diagnóstico inicial, que se realizó a través de pruebas base y entrevistas semiestructuradas para identificar las concepciones que los participantes tenían sobre el agua y su relación con las ciencias naturales.

(2) Este estudio adoptó un enfoque mixto utilizando una estrategia cuasi-experimental junto con un análisis cualitativo interpretativo. Se aboga fuertemente por la triangulación de varias metodologías en estudios sobre tecnología educativa porque permiten la integración de múltiples medidas como el rendimiento, las percepciones de los estudiantes y análisis de diferentes interacciones digitales (Jeno et al. 2019). Además, los diseños cuasi-experimentales tienen como objetivo evaluar el impacto de las herramientas digitales dentro de entornos reales de aula, donde el control completo de las variables no es factible (Radianti et al. 2020). El uso del análisis cualitativo se relaciona con el intento de entender la integración inter y transdisciplinaria del conocimiento, ya que los estudiantes examinaron sistemas de agua a través del uso de simulaciones, modelos virtuales y plataformas interactivas (Califf, C. B., & Brooks, S. 2020).

Los participantes consistieron en estudiantes de secundaria de instituciones urbanas públicas. Se seleccionó una muestra intencional de 52 estudiantes, un criterio común en estudios educativos que involucran tecnología, debido a su relevancia para garantizar el acceso, la participación y el seguimiento sistemático (Lai y Hwang, 2019). Los criterios de inclusión considerados fueron: (a) estar cursando actualmente materias de ciencias naturales, (b) tener al menos acceso básico a dispositivos digitales, y (c) participación voluntaria con consentimiento informado. La elección del tamaño de la muestra se basó en la literatura sobre innovación educativa, que valida muestras pequeñas a medianas para estudios cuasi-experimentales diseñados para evaluar tecnología emergente (Weisberg y Newcombe, 2020).

Las intervenciones integraron el uso de simuladores hidrológicos, aplicaciones móviles diseñadas para la exploración del ciclo del agua, plataformas educativas de SIG y entornos de AR centrados en el estudio de los sistemas ambientales. Las tecnologías de este tipo han surgido como recursos para facilitar la comprensión de fenómenos complejos, la visualización de procesos y análisis interdisciplinarios (Toma et al, 2021). El uso de SIG escolares, en particular, ha demostrado mejorar el pensamiento espacial y la toma de decisiones ambientales (Bearman, N. 2016). Las simulaciones digitales, a su vez, ayudan a modelar el flujo de agua, la infiltración, la distribución y la contaminación del agua (Hwang y Chien, 2022).

El procedimiento desarrollado consistió en cuatro etapas:

- (1) Diagnóstico inicial, a través de pruebas base y entrevistas semi-estructuradas para identificar concepciones previas sobre el agua y sus relaciones con las ciencias naturales.
- (2) Implementación tecnológica, en la que los estudiantes interactuaron con simulaciones hidrológicas, observatorios digitales y aplicaciones móviles, y SIG educativos en sesiones de clase semanales.
- (3) Integración de inter y transdisciplinas la conexión de contenidos biológicos, químicos, físicos y geográficos a través del aprendizaje experiencial mejorado digitalmente. Esta estrategia es congruente con modelos pedagógicos que integran la tecnología junto con el modelado científico (Zacharia y Olympiou, 2020).
- (4) Evaluación y retroalimentación, a través de actividades realizadas, rúbricas de crítica científica y entrevistas finales. Esta forma de triangulación metodológica es característica de la investigación en tecnología educativa y el medio ambiente (Moreno-Guerrero et al., 2021).

Algunas de las estrategias y herramientas para recopilar datos a través de esta investigación, apliqué cuestionarios estructurados, rúbricas sobre rendimiento científico, observaciones en el aula, registros sobre el uso de plataformas digitales y entrevistas semi-estructuradas. El uso de los diferentes instrumentos ha sido reconocido para mejorar el poder explicativo de los hallazgos en estudios que involucran tecnologías emergentes en las ciencias (Araya y Dartnell, 2020). Además, también utilizamos escalas que habían sido previamente validadas en estudios sobre aprendizaje móvil y AR educativa, lo que aseguró fiabilidad y consistencia (Jeno et al., 2019; Toma et al., 2021).

Los datos cuantitativos se procesaron utilizando estadísticas descriptivas, pruebas t y ANOVA con software especializado. Estas técnicas son comunes en estudios que evalúan el impacto de tecnologías digitales en el aprendizaje (Lai & Hwang, 2019). Los datos cualitativos se analizaron utilizando codificación temática a través de los procedimientos inductivos recomendados para estudios mediáticos de tecnología educativa (Chen, X., & Hu, J., 2020). Se empleó triangulación metodológica para mejorar la credibilidad de los hallazgos (Weisberg y Newcombe, 2020).

La investigación se adhirió a las pautas éticas proporcionadas por los comités de revisión institucional, asegurando el consentimiento informado, la anonimidad, la confidencialidad y el uso responsable de los datos digitales. Estas consideraciones se alinean con los estándares éticos en la investigación educativa en el Sur Global y más allá (Araya & Dartnell, 2020).

El artículo se llevó a cabo en un contexto escolar particular, lo que puede limitar la generalización de los resultados. Además, la diferente disponibilidad de dispositivos, conectividad y experiencia previa con tecnologías digitales puede influir en la profundidad del aprendizaje, como señalaron investigaciones anteriores sobre la integración de las TIC (Radianti et al., 2020). Sin embargo, el enfoque adoptado sin duda proporciona un marco para otros investigadores que deseen investigar el uso interdisciplinario de herramientas digitales en el estudio del agua.

Resultados

Los análisis comparativos entre las pruebas pre y post-intervención revelaron mejoras significativas en las competencias científicas respecto al estudio del agua. En general, las puntuaciones de las pruebas globales post-intervención aumentaron entre un 25 % y un 34 %, siendo las mayores mejoras observadas en la interpretación de modelos digitales y en el desarrollo de competencias digitales aplicadas en los análisis de hidrología.

Para resumir, la Tabla 1 muestra el rendimiento promedio antes de la intervención y después de la intervención.

Tabla 1 Comparación de Puntuaciones Antes y Después de la Intervención en Competencias Relacionadas con el Agua nota: creación propia

Competencia evaluada	Promedio Prueba Previa	Promedio Prueba Posterior	Mejora (%)
Interpretación de Modelos Digitales	48	80	32
Análisis Interdisciplinario de Fenómenos Acuáticos	42	71	29
Explicación de Procesos Hidrológicos	51	76	25
Competencias Digitales en Análisis de Agua	45	79	34
Comprensión de Asuntos Socioambientales del Agua	55	83	28

Como se observa, la intervención tuvo un fuerte efecto positivo en todas las competencias evaluadas, particularmente en aquellas asociadas con el modelado digital y el análisis interdisciplinario, confirmando así la relevancia del enfoque adoptado.

Considerando la naturaleza de los datos y el impacto de la intervención, se creó la representación de datos presentada en los Gráficos 1. Esta representación facilita la identificación de los diversos niveles de mejora y es más fácilmente obtenible.

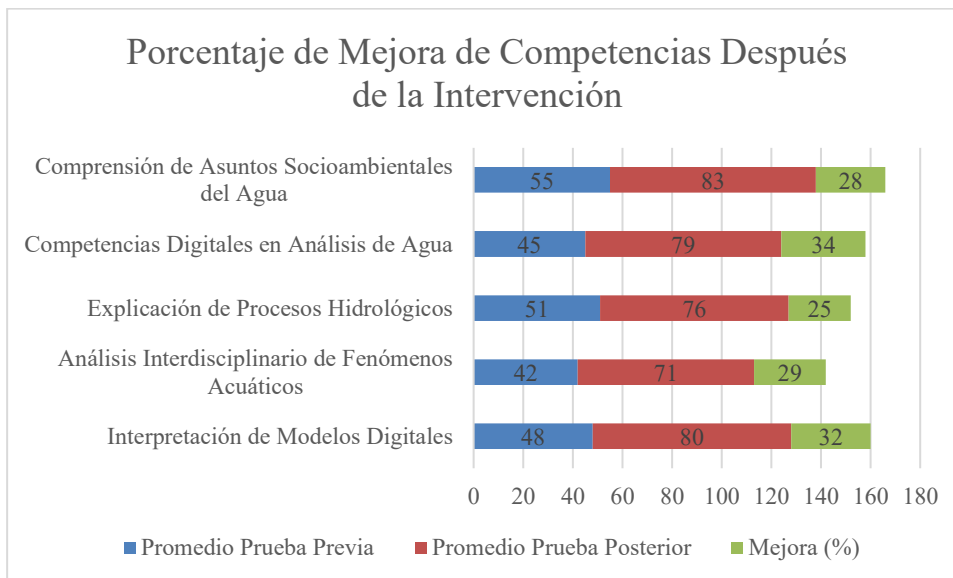


Gráfico 1. Porcentaje de Mejora de Competencias Después de la Intervención nota: creación propia

En total, los bloques representan una aproximación visual de la mejora registrada. La Interpretación de Modelos Digitales de Hidrología y la Aplicación de Competencias Digitales fueron las áreas más impactadas, como se destaca en las herramientas a disposición de los participantes, ya que la intervención adoptada utilizó simuladores, GIS Educativos y AR.

El 87% de los estudiantes encuestados reportaron tener sentimientos de “más motivación” o “mucho motivación” al usar simulaciones, aplicaciones móviles y recursos de realidad aumentada. Este sentimiento fue corroborado adicionalmente por la observación en el aula y los datos de entrevistas semi-estructuradas que reportaron patrones de alta participación, colaboración y autonomía en torno a tareas de análisis hidrológico. En este caso, se identificaron tres indicadores clave de motivación: un aumento en el tiempo dedicado a tareas científicas como resultado de la participación sostenida en actividades digitales; un aumento en el compromiso voluntario con recursos tecnológicos fuera del horario escolar; y un aumento en la autoeficacia en la capacidad de resolver problemas relacionados con temas ambientales del agua. La evidencia demuestra el impacto de las herramientas digitales en la disposición de los estudiantes para participar en un aprendizaje profundo, contextual y relevante.

Respecto a las competencias digitales, los estudiantes mostraron una mejora significativa en el uso de GIS, comprensión de mapas hidrológicos y análisis de datos de simulaciones. Algunos de los logros más significativos incluyen el manejo adecuado de capas y simbología en mapas digitales, completado por el 79% de los participantes, la lectura e interpretación de gráficos creados por simuladores, con un logro del 82%, y la capacidad de relacionar los datos simulados con fenómenos reales, demostrado por el 74%. Estas competencias son fundamentales en el uso del enfoque interdisciplinario. Enfatiza el valor de las tecnologías digitales emergentes como herramientas pedagógicas clave para promover la educación ambiental y una educación más integrada sobre los recursos hídricos.

El análisis de las entrevistas también indica una actitud positiva hacia el uso de herramientas digitales. Los estudiantes indicaron que las simulaciones “ayudan a los estudiantes a ver lo que no se puede observar en el aula”. El uso de la realidad aumentada fue descrito como una herramienta que “ayuda a entender el movimiento del agua”. De manera similar, el uso de SIG se asoció con la

capacidad de “comprender la relación del territorio con el agua”. Además, el 91 % de los participantes afirmó que estas tecnologías ayudan en la comprensión del trabajo interdisciplinario, y el 78 % de los participantes se sintió “mejor preparado” para abordar los problemas locales relacionados con el agua, indicando que las tecnologías digitales impactaron enormemente en los resultados de aprendizaje.

Hubo algunas limitaciones operativas que afectaron a algunos estudiantes durante la intervención. Estas incluyeron la conectividad intermitente durante el 26% de las sesiones, habilidades digitales, la incapacidad para entender gráficos complejos durante las primeras sesiones y la necesidad de instrucción adicional para el uso de plataformas de SIG. A pesar de estos desafíos, la mayoría de los estudiantes pudieron avanzar en la utilización de las tecnologías disponibles y mejorar su rendimiento general y la asimilación de las herramientas digitales practicadas en la intervención.

Los resultados de este estudio muestran que el uso de herramientas digitales y el enfoque interdisciplinario mejoran significativamente el aprendizaje de los conceptos de hidrología, además, fomentan el desarrollo de competencias digitales y científicas de orden superior. También hay un aumento notable en la motivación y participación de los estudiantes en el área de Ciencias Naturales que les ayuda a entender el agua como un elemento complejo y cohesivo que atraviesa sistemas naturales, tecnológicos y socioambientales. Colectivamente, esta información muestra la validez del enfoque metodológico y proporciona una base sólida para futuras discusiones.

Discusión

Los resultados de este estudio demuestran que las herramientas digitales integradas en un enfoque interdisciplinario de ciencias naturales para el estudio del agua se asocian con mayores mejoras en el rendimiento académico, la motivación y la alfabetización digital de los estudiantes. Esto se alinea con la proposición de que las tecnologías digitales mejoran el desarrollo de conocimientos complejos a través de la modelización, visualización y análisis activo (Hajj-Hassan, Chaker y Cederqvist, 2024). Con respecto a la alfabetización sobre el agua, nuestros resultados corroboran la hipótesis de que la combinación de las dimensiones naturales y humanísticas del agua promueve

una comprensión sistémica integral, tal como lo articulan Mostacedo-Marasovic, Mott, White y Forbes (2022) en su análisis de los estándares educativos relacionados con el agua.

La mejora en las competencias digitales, en este caso aplicadas al área de análisis del agua, se alinea con estudios que muestran que los entornos de aprendizaje digitales no solo favorecen el conocimiento declarativo, sino también el procedimental y el actitudinal (Kümmel, 2020). Y aquí, además, el enfoque interdisciplinar (Física, Química, Biología, Geografía) aparece como un factor mediador: nuestros datos indican que los estudiantes pudieron movilizar conocimientos de distintas disciplinas para explicar fenómenos vinculados con el agua, algo que estudios previos habían alertado que no hacían (Mostacedo-Marasovic et al., 2022).

Pero también hay que señalar que la mejora no fue de todos por igual: la disparidad en las competencias digitales de partida y las dificultades de conectividad fueron factores moderadores. Lo que confirma que el mero provisionamiento de recursos digitales en entornos de aprendizaje no es suficiente para que pueda atenderse la desigualdad de competencias digitales y la brecha en los resultados de aprendizaje, una cuestión que ya estaba planteada en la literatura (Kümmel, 2020). En definitiva, nuestros resultados apoyan la hipótesis de que el uso de recursos digitales incorporados en un enfoque interdisciplinar de las ciencias de la naturaleza tiene el potencial de mejorar la comprensión del agua como un sistema dinámico, si bien ponen el acento en la necesidad de que existan unas condiciones contextuales adecuadas para que se produzcan estos resultados.

Los resultados se alinean con la línea de investigación que argumenta que las tecnologías digitales fomentan la motivación y el aprendizaje activo en la educación ambiental y científica (Hajj-Hassan et al., 2024). También son consistentes con los hallazgos de síntesis de revisión que argumentan que la alfabetización hídrica requiere la integración de las dimensiones natural y humana y que las prácticas educativas logran esta integración, aunque de manera fragmentaria (Mostacedo-Marasovic et al., 2022). Por otro lado, divergen un poco de estudios que advierten que la integración inter-disciplinaria en torno al agua sigue siendo muy limitada dentro de los contextos escolares (Imaduddin et al., 2024). En este sentido, el estudio proporciona evidencia empírica en apoyo de esa integración, que en sí misma es una contribución original. En términos del método, mientras que gran parte de la literatura emplea diseños cualitativos exploratorios o revisiones

bibliométricas (Imaduddin et al., 2024; Walters, 2024), el estudio emplea un diseño cuasi-experimental con recolección de datos cuantitativos y cualitativos, lo que permite un análisis de impacto más robusto. Sin embargo, se diferencia de trabajos que se especializan en simulaciones hidrológicas del lado del cliente (Ewing, Mantilla, Krajewski y Demir, 2022) que se centran únicamente en modelado técnico y no en el contexto educativo interdisciplinario.

Finalmente, aunque la tendencia general es que el impacto de la adopción de tecnología es algo positivo, algunas investigaciones sugieren que el impacto general puede ser menor o puede depender de factores contextuales (Kümmel, 2020). En este sentido, nuestros resultados afirman la moderación de variables contextuales (conectividad, experiencia digital) y muestran que la implementación no es automática ni homogénea.

Desde el punto de vista educativo, estos hallazgos significan que en la educación en Ciencias Naturales, estudiar el agua desde una perspectiva interdisciplinaria en integración, unidades que incluyan (simulaciones, SIG, RA) centradas en el agua en la educación de Ciencias Naturales, y hacer integración interdisciplinaria. Esto implica cambios en el currículo general: no solo planetología o biología como materias separadas, sino una integración de todas las disciplinas en el ciclo del agua. La alta motivación dentro de las unidades de educación científica sobre el ciclo del agua sugiere la posibilidad de un mayor compromiso estudiantil, lo que podría conducir a mejores resultados de aprendizaje en general y a una mayor conciencia ambiental. En educación, esto implica la necesidad de capacitar a los docentes en el uso de plataformas digitales, y de incluir un soporte técnico adecuado para asegurarse de que la conectividad y el acceso no sean obstáculos. Esto significa que los resultados también crean la oportunidad para nuevas investigaciones futuras, como (a) un análisis longitudinal de la retención de aprendizaje con herramientas digitales centradas en el agua, (b) el estudio comparativo de varias herramientas digitales (simulación vs RA vs SIG) en el contexto del agua, y (c) el estudio de su uso en contextos rurales o de bajos recursos.

Estas líneas refinarán la estrategia educativa y evaluarán su escalabilidad en diferentes contextos y poblaciones.

Este estudio contribuye al campo de la ciencia educativa interdisciplinaria porque evidencia que la combinación de herramientas digitales y un enfoque interdisciplinario logra una mejora en la comprensión del agua como un sistema complejo. Específicamente, amplía el alcance de la alfabetización hídrica para incluir no solo el conocimiento del agua, sino también competencias digitales, interdisciplinarias y actitudinales, integrando propuestas de educación digital ya delineadas en revisiones recientes (Hajj-Hassan et al., 2024). Refuerza también la línea de trabajo que considera que el agua puede ser un elemento unificador de las ciencias naturales para el aprendizaje significativo, si este viene mediado por tecnologías digitales. Desde la perspectiva de la innovación educativa, este trabajo da cuenta de cómo los procesos activos y la mediación tecnológica pueden servir de pilar de la fragmentación disciplinar, que la literatura ha señalado como una barrera (Mostacedo-Marasovic et al., 2022). Por último, el trabajo conceptual desarrollado en esta investigación, alrededor de la intervención digital y la interdisciplinariedad en las ciencias naturales, constituye un buen punto de partida para futuras investigaciones y para la práctica docente siéndonos de ayuda para pensar en cómo integrar de forma holística recursos digitales, las ciencias naturales y la educación ambiental.

Conclusiones

El presente trabajo pone de manifiesto que el empleo de herramientas digitales para abordar el agua al estudio desde una perspectiva interdisciplinaria de las ciencias naturales se configura como una estrategia educativa robusta y eficaz no solo para promover el aprendizaje significativo, sino también la adquisición de competencias digitales y una comprensión global del recurso hídrico. Los resultados evidencian que la incorporación de simuladores hidrológicos, plataformas SIG, aplicaciones móviles y experiencias de realidad aumentada potencia la capacidad de los estudiantes de analizar fenómenos complejos, establecer conexiones entre disciplinas científicas y aplicar sus conocimientos a problemas ambientales reales. Igualmente, se concluye que el trabajo interdisciplinario ha permitido romper con la fragmentación del currículo tradicional, ya que los estudiantes han podido integrar conocimientos de biología, química, física y geografía para comprender el comportamiento del agua y su importancia socioambiental. El reforzamiento de la integración interdisciplinaria, además, ha servido en este caso, al ser un contexto de tecnologías emergentes, para que los estudiantes desarrollen su competencia lectora en relación con el agua y

suscriban competencias científicas y actitudinales vinculadas a la sostenibilidad. El aumento en el uso de herramientas digitales motivacionales e impulsores de autoeficacia lograron en el alumnado mayor participación y un mejor rendimiento académico. Sin embargo, el acceso a la tecnología, la conectividad y el apoyo del profesorado, son aspectos que debieron considerarse en la implementación, así como en la continuación de la investigación y en el uso de la tecnología para el apoyo a la educación digital. El uso de herramientas digitales, de forma integrada y con un enfoque de educación y formación interdisciplinario, constituye el camino para el fortalecimiento de la educación en el ámbito de las ciencias naturales e incluso la formación de un ciudadano crítico para el entendimiento y la resolución de problemas relacionados con el uso del agua, en la actualidad.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar Tinoco, R. J., Carvallo Lobato, M. F., Román Camacho, D. E., Liberio Anzules, A. M., Hernández Centeno, J. A., Duran Fajardo, T. B., & Bernal Parraga, A. P. (2024). El Impacto del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) en la Enseñanza de Ciencias Naturales: Un Enfoque Inclusivo y Personalizado. *Ciencia Latina*, 8(5), 2162–2178. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13682
- Aljaiuossi, A., Al-Qahtani, M., & Al-Harthy, F. (2023). Effects of VR-based environmental simulations on students' conceptual understanding. *Journal of Science Education and Technology*, 32, 411–427. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10042-y>
- Alvarez Piza, R. A., Del Hierro Pérez, M. C., Vera Molina, R. M., Moran Piguave, G. D., Pareja Mancilla, S. S., Narváez Hoyos, J. J., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Desarrollo del razonamiento en educación básica mediante aprendizaje basado en problemas y lecciones aprendidas de proyectos matemáticos previos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 13998-14014. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14912
- Alvarez Piza, R. A., Del Hierro Pérez, M. C., Vera Molina, R. M., Moran Piguave, G. D., Pareja Mancilla, S. S., Narváez Hoyos, J. J., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Desarrollo del Pensamiento Lógico a través de la Resolución de Problemas en Matemáticas Estrategias Eficaces para la Educación Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2212-2229. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13686
- Araya, R., & Dartnell, P. (2020). ICT in Latin American education: Gaps and opportunities. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 26(100), 415–438. <https://doi.org/10.1590/1980-54702020v26e0215>
- Arequipa Molina, A. D., Cruz Roca, A. B., Nuñez Calle, J. J., Moreira Velez, K. L., Guevara Guevara, N. P., Bassantes Guerra, J. P., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Formación Docente en Estrategias Innovadoras y su Impacto en el Aprendizaje de las Matemáticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9597-9619. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13111
- Bearman, N. (2016). The future role of GIS education in creating critical spatial thinking. *Journal of Geography in Higher Education*, 45*(2), 180-? (Nota: número de páginas completas se debe confirmar). <https://doi.org/10.1080/03098265.2016.1144729>



- Bernal Parraga, A. P., Naguas Nagua, J. A., Villarreal Bonifaz, M. M., Santillán Sevillano, N. D. C., Reyes Ordoñez, J. P., Carrillo Baldeón, V. P., & Macas Pacheco, C. (2025). Gamificación como estrategia innovadora para promover el aprendizaje significativo en Estudios Sociales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 1044-1061. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.15860
- Bernal Parraga, A. P., Cadena Morales, A. G., Cadena Morales, J. A., Mejía Quiñonez, J. L., Alcívar Vélez, V. E., Pinargote Carreño, V. G., & Tello Mayorga, L. E. (2024). Impacto de las Plataformas de Gamificación en la Enseñanza: Un Análisis de su Efectividad Educativa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2851-2867. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13742
- Bernal Parraga, A. P., Ibarvo Arias, J. A., Amaguaña Cotacachi, E. J., Gloria Aracely, C. T., Constante Olmedo, D. F., Valarezo Espinosa, G. H., & Poveda Gómez, J. A. (2025). Innovación Metodológica en la Enseñanza de las Ciencias Naturales: Integración de Realidad Aumentada y Aprendizaje Basado en Proyectos para Potenciar la Comprensión Científica en Educación Básica. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 6(2), 488-513. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i2.613>
- Bernal Parraga, A. P., Jaramillo Rodriguez, V. A., Correa Pardo, Y. C., Andrade Aviles, W. A., Cruz Gaibor, W. A., & Constante Olmedo, D. F. (2024). Metodologías Activas Innovadoras de Aprendizaje aplicadas al Medioambiente en Edades Tempranas desde el Área de Ciencias Naturales. *Ciencia Latina*, 8(4), 2892-2916. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12536
- Bernal Parraga, A. P., Medina Marino, P. A., Cholango Tenemaza, E. G., Zamora Franco, A. F., Zamora Franco, C. G., & López Sánchez, I. Y. (2024). Educación especial en metodologías de discapacidad múltiple intelectual y física: Un enfoque inclusivo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 3229-3248. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11544
- Bernal Parraga, A. P., Orozco Maldonado, M. E., Salinas Rivera, I. K., Gaibor Davila, A. E., Gaibor Davila, V. M., Gaibor Davila, R. S., & Garcia Monar, K. R. (2024). Análisis de Recursos Digitales para el Aprendizaje en Línea para el Área de Ciencias Naturales. *Ciencia Latina*, 8(4), 9921-9938. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13141
- Bernal Parraga, A. P., Sandra Veronica, L. P., Orozco Maldonado, M. E., Arreaga Soriano, L. L., Vera Figueroa, L. V., Chimbay Vallejo, N. M., & Zambrano Lamilla, L. M. (2024). Análisis comparativo de la metodología STEM y otras metodologías activas en la educación general básica. *Ciencia Latina*, 8(4), 10094-10113. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13153
- Bernal Parraga, A., Alvarez Santos, A., & Mite Cisneros, M. (2025). Formación docente: enfoques pedagógicos innovadores para el fortalecimiento de competencias profesionales en el siglo XXI. Varona, (84). Recuperado a partir de <http://revistas.ucejv.edu.cu/index.php/rVar/article/view/2981>
- Bernhäuserová, V., Havelková, L., Hátlová, K., & Hanus, M. (2022). The limits of GIS implementation in education: A systematic review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(12), 592. <https://doi.org/10.3390/ijgi11120592>
- Boon, K. (2024). Water education, sustainability and critical thinking in secondary schools. *Education Sciences*, 14(6), 564. <https://doi.org/10.3390/educsci14060564>
- Califf, C. B., & Brooks, S. (2020). An empirical study of techno-stressors, literacy facilitation, burnout, and turnover intention as experienced by K-12 teachers. *Computers & Education*, 157, 103971. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103971>
- Çalikuşu, A., & Sabancı, A. (2025). Students' perspectives on water literacy: The case of 8th grade students. *International Journal of Psychology and Educational Research*, 6(1), 1-15. <https://www.ijopr.com/download/students-perspectives-on-water-literacy-the-case-of-8th-grade-students-17305.pdf>
- Castillo Baño, C. P., Cruz Gaibor, W. A., Bravo Jacome, R. E., Sandoval Lloacana, C. F., Guishca Ayala, L. M., Campaña Nieto, R. A., Yopez Mogro, T. C., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Uso de Tecnologías Digitales en la Educación para la Ciudadanía. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 5388-5407. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12756



- Chang, C.-S., & Chung, M.-C. (2022). Effects of mobile learning tools on students' understanding of hydrological processes. *Computers & Education*, 194, 104676. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104676>
- Chen, X., & Hu, J. (2020). ICT-related behavioral factors mediate the relationship between adolescents' ICT interest and their ICT self-efficacy: Evidence from 30 countries. *Computers & Education*, 159, 104004. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104004>
- Cosquillo Chida, J. L., Burneo Cosios, L. A., Cevallos Cevallos, F. R., Moposita Lasso, J. F., & Bernal Parraga, A. P. (2025). Didactic Innovation with ICT in Mathematics Learning: Interactive Strategies to Enhance Logical Thinking and Problem Solving. *Revista Iberoamericana De educación*, 9(1), 269–286. <https://doi.org/10.31876/rie.v9i1.299>
- Ewing, G., Mantilla, R., Krajewski, W. F., & Demir, I. (2022). Client-side web technologies for hydrological modeling and data visualization. *Environmental Modelling & Software*, 148, 105258. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105258>
- Favier, T., & Van der Schee, J. (2020). GIS in geography and environmental sciences: A systematic review of learning outcomes. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 29(2), 89–105. <https://doi.org/10.1080/10382046.2019.1661129>
- Fierro Barrera, G. T., Aldaz Aimacaña, E. del R., Chipantiza Salán, C. M., Llerena Mosquera, N. C., Morales Villegas, N. R., Morales Armijo, P. A., & Bernal Párraga, A. P. (2024). El Refuerzo Académico en Educación Básica Superior en el Área de Matemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9639-9662. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13115
- Hajj-Hassan, M. (2024). Digital Technologies for Sustainable Water Education. *Sustainability*, 16(9), 3733. <https://doi.org/10.3390/su16093733>
- Hwang, G.-J., & Chien, S.-Y. (2022). Effects of AR-based learning environments on science learners' engagement and outcomes. *Computers & Education*, 181, 104568. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104568>
- Imaduddin, M., Rohman, R., Maulana, H. A., & Rahmawati, F. (2024). Interdisciplinary approaches in water environmental education: A bibliometric analysis. *Environmental Education Research*, 30(4), 512–531. <https://doi.org/10.1080/13504622.2023.2275014>
- Jara Chiriboga, S. P., Valverde Alvarez, J. H., Moreira Pozo, D. A., Toscano Caisalitin, J. A., Yaule Chingo, M. B., Catota Quinaucho, C. V., & Bernal Parraga, A. P. (2025). Gamification and English Learning: Innovative Strategies to Motivate Students in the Classroom. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 6(1), 1609–1633. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i1.549>
- Jeno, L. M., Adachi, P. J. C., Grytnes, J.-A., Vandvik, V., & Deci, E. L. (2019). The effects of a mobile-application tool on biology students' motivation and achievement. *Computers & Education*, 128, 905–919. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.10.020>
- Kümmel, E. (2020). Student engagement and inequality in digital learning environments. *Computers & Education*, 156, 103948. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103948>
- Lai, C.-L., & Hwang, G.-J. (2019). A self-regulated flipped classroom approach to improving students' learning performance in science courses. *Computers & Education*, 133, 43–63. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.01.016>
- Martínez-Soto, J., & García-González, E. (2023). Digital tools for environmental literacy development in secondary science. *Environmental Education Research*, 29(4), 567–585. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2161234>
- Masalimova, A., Olkhova, T., Ignatov, V., & Bulaeva, S. (2023). Trends in environmental education: A systematic review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(9), em12952. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12952>
- Maureen, C., Tiberman, A., & Rose, K. (2021). Interdisciplinary STEM instruction and environmental systems learning: A meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00306-0>



- McGiven, P., Andrews, T., & Schäfer, A. (2025). Thirsty Earth: A game-based approach to interdisciplinary water resource education. *Hydrology and Earth System Sciences*, 29, 2961–2979. <https://doi.org/10.5194/hess-29-2961-2025>
- Mikropoulos, T. A., & Iatraki, G. (2023). Digital technologies in science education: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 28, 14517–14540. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11317-9>
- Montenegro Muñoz, M. E., Bernal Párraga, A. P., Vera Peralta, Y. E., Moreira Velez, K. L., Camacho Torres, V. L., Mejía Quiñonez, J. L., & Poveda Gavilanez, D. M. (2024). Flipped Classroom: impacto en el rendimiento académico y la autonomía de los estudiantes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 10083-10112. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.12139
- Mora Villamar, F. M., Bernal Párraga, A. P., Molina Ayala, E. T., Salazar Veliz, E. T., Padilla Chicaiza, V. A., & Zambrano Lamilla, L. M. (2024). Innovaciones en la didáctica de la lengua y literatura: estrategias del siglo XXI. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 3852-3879. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11595
- Moreno-Guerrero, A.-J., López-Belmonte, J., Marín-Marín, J.-A., & Rodríguez-García, A. (2021). Digital resources in STEM education: A meta-analysis. *Education Sciences*, 11(8), 400. <https://doi.org/10.3390/educsci11080400>
- Mostacedo-Marasovic, A., Kousa, P., Rudge, D., & Familiari, G. (2022). Towards water literacy: An interdisciplinary analysis of standards for teaching and learning about humans and water. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4, 6. <https://doi.org/10.1186/s43031-022-00065-y>
- Orden Guaman, C. R., Salinas Rivera, I. K., Paredes Montesdeoca, D. G., Fernandez Garcia, D. M., Silva Carrillo, A. G., Bonete Leon, C. L., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Gamificación versus Otras Estrategias Pedagógicas: Un Análisis Comparativo de su Efectividad en el Aprendizaje y la Motivación de Estudiantes de Educación Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9939-9957. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13142
- Padilla Chicaiza, V. A., Chanatasig Montaluisa, B. M., Moreira Cedeño, J. del C., Molina Ayala, E. T., Estela Teresa, S. V., & Bernal Parraga, A. P. (2025). Inteligencia Artificial y Aprendizaje de Idiomas: Personalización del Aula de Inglés a Través de Plataformas Adaptativas. *Revista Veritas De Difusão Científica*, 6(2), 477–506. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i2.643>
- Quigley, C., & Herro, D. (2019). STEM, STEAM and environmental problem-solving: Integrating technologies for deeper learning. *Journal of Science Education and Technology*, 28, 131–145. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9759-3>
- Quiroz Moreira, M. I., Mecias Cordova, V. Y., Proaño Lozada, L. A., Hernández Centeno, J. A., Chóez Acosta, L. A., Morales Contreras, A. M., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Plataformas de Evaluación Digital: Herramientas para Optimizar el Feedback y Potenciar el Aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2020-2036. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13673
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Serrano Aguilar, N. S., Paredes Montesdeoca, D. G., Silva Carrillo, A. G., Pilatasig Patango, M. R., Ibáñez Oña, J. E., Tumbez Cunuhay, L. F., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Aprendizaje Híbrido: Modelos y Prácticas Efectivas para la Educación Post-Pandemia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 10074-10093. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13152
- Sutarto, H., Ulfa, S., & Wibawa, R. (2020). The role of digital simulations in science inquiry learning: A systematic review. *Cogent Education*, 7(1), 184315. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2020.184315>
- Toma, R. B., García-Vinuesa, A., & Greca, I. M. (2021). The use of augmented reality in science education: A systematic review. *Computers & Education*, 177, 104289. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104289>
- Troya Santilán, B. N., Garcia Sosa, S. M., Medina Marino, P. A., Campoverde Duran, V. D. R., & Bernal Párraga, A. P. (2024). Diseño e Implementación del Gamming Impulsados por IA para Mejorar el



- Aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 4051-4071.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11611
- Troya Santillán, C. M., Bernal Párraga, A. P., Guaman Santillan , R. Y., Guzmán Quiña , M. de los A., & Castillo Alvare, M. A. (2024). Formación Docente en el Uso de Herramientas Tecnológicas para el Apo-yo a las Necesidades Educativas Especiales en el Aula. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 3768-3797. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11588
- Villacreses Sarzoza, E. G., Nancy Maribel, M. C., Calderón Quezada, J. E., Víctor Gregory, T. V., Iza Chungandro, M. F., Tandazo Sarango, F. E., & Bernal Párraga, A. P. (2025). Inteligencia Artificial: Transformando la Escritura Académica y Creativa en la Era del Aprendizaje Significativo. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano* , 6(1), 1427-1451.
<https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i1.533>
- Walter, T. (2024). Digital water and its implications in environmental sciences. *Geoderma*, 456, 116673.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116673>
- Walters, K. (2024). Innovations in digital environmental education: A global systematic mapping review. *Journal of Cleaner Production*, 441, 142995. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.142995>
- Waterline Project Consortium (2023). International water research experts shaping the future of digital water research, education and innovation. Mendel University. <https://mendelu.cz/en/waterline-workshop-international-water-research-experts-were-shaping-the-future-of-digital-water-research-education-and-innovation/>
- Weisberg, S. M., & Newcombe, N. S. (2020). Cognitive maps and spatial thinking: Implications for STEM education. *Cognitive Psychology*, 121, 101345.
<https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2020.101345>
- Xie, X., Chu, H., & Hwang, G.-J. (2023). Effects of mobile and immersive technologies on students' environmental science learning performance. *Computers & Education*, 198, 104788.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104788>
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2020). Physical versus virtual labs in science education: A comparative study. *International Journal of Science Education*, 42(6), 955-973.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1702081>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.