

**Recibido:** 2026-03-17

**Aceptado:** 2026-03-23

**Publicado:** 2026-04-14

**Integración de inteligencia artificial generativa y aprendizaje basado en proyectos para el desarrollo del pensamiento científico en estudiantes de educación básica en ciencias naturales.**

**Integration of generative artificial intelligence and project-based learning for the development of scientific thinking in basic education students in natural sciences.**

**Autores**

**Rómulo Hernán Recalde Alarcón<sup>1</sup>**  
[romulo.recalde@educacion.gob.ec](mailto:romulo.recalde@educacion.gob.ec)  
<https://orcid.org/0009-0008-6312-1244>  
Ministerio de Educación, Deportes y  
Cultura del Ecuador  
Quito – Ecuador

**Juanita Edith Peñafiel Lino<sup>2</sup>**  
[juanita.penafiel@docentes.educacion.edu.ec](mailto:juanita.penafiel@docentes.educacion.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0001-4519-5329>  
Ministerio de Educación, Deportes y  
Cultura del Ecuador  
Quito – Ecuador

**Mónica Aracely Loor Conforme<sup>3</sup>**  
[aracely.loor@docente.educacion](mailto:aracely.loor@docente.educacion)  
<https://orcid.org/0009-0006-8062-0171>  
Ministerio de Educación, Deporte y  
Cultura  
Quito – Ecuador

**Alexandra Piedad Tomala Lecaro<sup>4</sup>**  
[piedad.tomala@educacion.gob.ec](mailto:piedad.tomala@educacion.gob.ec)  
<https://orcid.org/0009-0006-9451-4206>  
Ministerio de Educación, Deporte y  
Cultura  
Quito – Ecuador

**Jenny Stefania Martinez Lema<sup>5</sup>**  
[jenny.martinezlema@hotmail.com](mailto:jenny.martinezlema@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0006-1404-7442>  
**Independiente**  
Avellana – Argentina

## Resumen

El presente estudio analiza la integración de la inteligencia artificial generativa (IAG) y el aprendizaje basado en proyectos (ABP) como estrategia didáctica para el desarrollo del pensamiento científico en estudiantes de Educación General Básica en el área de ciencias naturales. Se adoptó un enfoque metodológico mixto con diseño cuasiexperimental, aplicando un pretest y postest a una muestra de 210 estudiantes de sexto y séptimo grado pertenecientes a instituciones fiscales de las provincias de Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas y Cotopaxi. La intervención consistió en la implementación de una secuencia didáctica basada en proyectos, mediada por el uso guiado de herramientas de inteligencia artificial generativa.

Los resultados cuantitativos evidenciaron mejoras significativas en habilidades relacionadas con la formulación de hipótesis, análisis de evidencias y argumentación científica en el grupo experimental. Complementariamente, el análisis cualitativo reveló avances en procesos de indagación guiada, uso crítico de la tecnología, colaboración y autonomía en el aprendizaje. La triangulación de datos permitió confirmar que la IAG, integrada en un entorno de aprendizaje activo, potencia procesos cognitivos de orden superior cuando es utilizada bajo una mediación pedagógica adecuada.

Se concluye que la combinación de IAG y ABP constituye una estrategia innovadora y efectiva para fortalecer el pensamiento científico en educación básica, siempre que su implementación se fundamente en principios didácticos sólidos, uso crítico de la tecnología y acompañamiento docente. Asimismo, el estudio aporta evidencia relevante para la incorporación responsable de tecnologías emergentes en contextos educativos escolares.

**Palabras clave:** inteligencia artificial generativa; aprendizaje basado en proyectos; pensamiento científico; educación básica; metodologías activas; innovación educativa; ciencias naturales

## Abstract

This study analyzes the integration of generative artificial intelligence (GAI) and project-based learning (PBL) as a pedagogical strategy to enhance scientific thinking in elementary education students in the field of natural sciences. A mixed-method approach with a quasi-experimental design was employed, including pretest and posttest measurements applied to a sample of 210 sixth- and seventh-grade students from public schools in the provinces of Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, and Cotopaxi, Ecuador. The intervention consisted of implementing a project-based instructional sequence supported by guided use of generative artificial intelligence tools.

Quantitative results showed significant improvements in skills related to hypothesis formulation, evidence analysis, and scientific argumentation in the experimental group. Additionally, qualitative findings revealed progress in guided inquiry, critical use of technology, collaboration, and learning autonomy. Data triangulation confirmed that GAI, when integrated into active learning environments, enhances higher-order cognitive processes under appropriate pedagogical mediation.

The study concludes that the combination of GAI and PBL represents an effective and innovative strategy for fostering scientific thinking in basic education. However, its success depends on structured instructional design, critical use of technology, and strong teacher guidance. These findings contribute to the growing body of research on the responsible integration of emerging technologies in school education.

**Keywords:** generative artificial intelligence; project-based learning; scientific thinking; basic education; active methodologies; educational innovation; natural sciences.

## **Introducción**

La enseñanza de las ciencias naturales en educación básica enfrenta hoy el desafío de trascender modelos transmisivos centrados en la memorización de contenidos para promover formas de razonamiento vinculadas con la observación, la formulación de preguntas, la argumentación con evidencia y la construcción de explicaciones sobre fenómenos del entorno. En este marco, el pensamiento científico y el pensamiento crítico deben entenderse como procesos distintos, pero estrechamente relacionados, cuya articulación resulta clave para una alfabetización científica pertinente desde los primeros niveles escolares (García-Carmona, 2025). Esta exigencia cobra mayor relevancia en contextos educativos donde se demanda que los estudiantes no solo comprendan conceptos científicos, sino que también aprendan a investigar, contrastar información, modelar explicaciones y tomar decisiones fundamentadas.

Paralelamente, la irrupción de la inteligencia artificial generativa (IAG) ha comenzado a reconfigurar el debate pedagógico contemporáneo. La literatura reciente muestra que estas tecnologías poseen potencial para apoyar la generación de ideas, la retroalimentación inmediata, la personalización de tareas y la mediación cognitiva; sin embargo, también plantean riesgos relacionados con la superficialidad del aprendizaje, la dependencia tecnológica y la disminución de la agencia intelectual del estudiante, si su integración no se acompaña de una orientación didáctica rigurosa (Giannakos et al., 2025; Costa et al., 2025). En el ámbito educativo, la producción científica sobre IAG ha crecido con rapidez desde 2023, consolidándose como un campo emergente de investigación que exige marcos pedagógicos sólidos para evitar usos instrumentales o acríticos de estas herramientas (Dúo Terrón, 2024). En este sentido, estudios recientes han evidenciado que la inteligencia artificial aplicada a la educación puede potenciar procesos de aprendizaje significativo cuando se integra con metodologías activas y entornos colaborativos (Padilla Chicaiza et al., 2025; Villacreses Sarzoza et al., 2025).

En este escenario, el aprendizaje basado en proyectos (ABP) se posiciona como una metodología activa especialmente adecuada para el área de ciencias naturales, dado que organiza la enseñanza en torno a problemas auténticos, productos significativos, colaboración, indagación sostenida y conexión con contextos reales. Un metaanálisis reciente confirma que el ABP presenta efectos positivos sobre el rendimiento académico,

las habilidades de orden superior y la participación del estudiantado, lo que lo convierte en una estrategia pertinente para el desarrollo de competencias complejas en contextos escolares (Zhang & Ma, 2023). Desde una perspectiva específica de educación científica, se ha documentado además que el ABP favorece experiencias de aprendizaje donde los estudiantes formulan preguntas, analizan información, elaboran explicaciones y comunican resultados, es decir, participan en prácticas próximas al quehacer científico escolar (Markula & Aksela, 2022). De igual manera, investigaciones recientes destacan que la integración de tecnologías digitales en entornos ABP fortalece el pensamiento lógico, la resolución de problemas y la construcción activa del conocimiento (Cosquillo Chida et al., 2025).

Los antecedentes recientes permiten advertir dos líneas convergentes de investigación. La primera se relaciona con el valor del ABP para la enseñanza de las ciencias. En educación básica y preuniversitaria, diversos estudios han mostrado que esta metodología fortalece la indagación, la motivación, la flexibilidad cognitiva y la apropiación significativa del conocimiento. Por ejemplo, en un estudio con escolares de contexto rural en Colombia, el ABP mostró efectos favorables en el desempeño en ciencias y en el desarrollo de habilidades del siglo XXI, lo que sugiere su utilidad para responder a desafíos educativos en escenarios de vulnerabilidad y recuperación postpandemia (Arrieta-Cohen et al., 2024). En la misma línea, una investigación en aprendizaje de ciencias basado en proyectos con estudiantes de primaria encontró que la flexibilidad cognitiva predijo de manera significativa el logro en ciencias y alfabetización, evidenciando que este tipo de entornos promueve procesos cognitivos transferibles y no únicamente la adquisición de contenidos (Adah Miller et al., 2025). Asimismo, en educación primaria STEM, la incorporación de diseño y cultura maker dentro del ABP incrementó la motivación y la autoeficacia del alumnado, reforzando la idea de que los enfoques activos pueden ampliar el compromiso con tareas científicas complejas desde edades tempranas (Santos et al., 2025). A estos hallazgos se suman investigaciones que destacan que las metodologías activas apoyadas en TIC potencian la comprensión conceptual, el pensamiento lógico y la resolución de problemas en contextos educativos (Cosquillo Chida et al., 2025; Bernal Párraga et al., 2024).

La segunda línea de antecedentes se concentra en la incorporación de la IAG en educación y, más específicamente, en su relación con la enseñanza de las ciencias. Desde una mirada

general, se ha señalado que la IAG puede apoyar procesos de aprendizaje mediante la generación de explicaciones, ejemplos, materiales y andamiajes; no obstante, su valor educativo depende de su inserción en diseños pedagógicos que preserven la deliberación, la autorregulación y el juicio crítico (Giannakos et al., 2025). En el campo de la educación científica, se ha advertido que la IA no solo introduce nuevas herramientas, sino que también redefine los enfoques de enseñanza, investigación y evaluación en ciencias (Almasri et al., 2024; Lee et al., 2025; Erduran & Levriin, 2024). De manera más concreta, en programas de formación docente en ciencias, la IAG ha sido descrita como una tecnología con potencial para mejorar la eficiencia en la enseñanza y el aprendizaje, aunque acompañada de riesgos como plagio, simplificación excesiva y compromiso superficial con el contenido, lo que demanda una implementación ética y didácticamente situada (de Putter-Smits et al., 2025). En este contexto, investigaciones recientes han demostrado que la integración de tecnologías emergentes como la realidad aumentada y el ABP mejora significativamente la comprensión científica en estudiantes de educación básica (Bernal Parraga et al., 2025), los procesos de evaluación formativa apoyados en entornos digitales facilitan la regulación del aprendizaje y la mejora del rendimiento académico (Troya Santillán et al., 2024).

Un antecedente particularmente relevante para el presente estudio es el trabajo de Dai et al. (2025), quienes analizaron cómo la IAG puede potenciar una plataforma de aprendizaje basada en proyectos, encontrando efectos significativos sobre los enfoques de aprendizaje, el compromiso cognitivo y la efectividad de las tareas. Aunque dicho estudio se desarrolló con estudiantes universitarios, sus hallazgos resultan valiosos porque sugieren que la IAG puede convertirse en un mediador de procesos complejos cuando se articula con dinámicas proyectuales. A su vez, investigaciones recientes en aulas de ciencias muestran que las metodologías basadas en problemas y proyectos favorecen el desarrollo de habilidades científicas mediante secuencias de indagación, resolución de problemas y validación de explicaciones, lo que refuerza la pertinencia de combinar herramientas emergentes con enfoques activos centrados en la investigación escolar (Pozuelo-Muñoz et al., 2025). Además, se ha evidenciado que el uso de tecnologías emergentes basadas en inteligencia artificial fortalece la interacción, el acceso a recursos y la construcción de aprendizajes significativos en contextos educativos

contemporáneos (Troya Santillán et al., 2024; Villacreses Sarzoza et al., 2025), así como el uso de estrategias digitales innovadoras.

Pese al crecimiento de la literatura sobre IAG en educación y a la evidencia acumulada sobre la efectividad del ABP en ciencias, persiste una brecha relevante: todavía son escasos los estudios que examinan de manera integrada cómo la inteligencia artificial generativa, usada dentro de una secuencia didáctica basada en proyectos, puede contribuir al desarrollo del pensamiento científico en estudiantes de educación básica. La mayor parte de la producción reciente se ha concentrado en educación superior, en análisis bibliométricos, en reflexiones teóricas o en formación docente, mientras que los contextos escolares de ciencias naturales siguen requiriendo evidencia empírica situada y pedagógicamente orientada (Dúo Terrón, 2024; de Putter-Smits et al., 2025).

En consecuencia, el problema central que motiva esta investigación puede formularse así: ¿de qué manera la integración pedagógica de la inteligencia artificial generativa y el aprendizaje basado en proyectos contribuye al desarrollo del pensamiento científico en estudiantes de educación básica en el área de ciencias naturales? La pertinencia del problema radica en que la sola disponibilidad de tecnologías generativas no garantiza aprendizaje profundo; por el contrario, sin un diseño metodológico que ordene la indagación, la evaluación de evidencias y la construcción de explicaciones, existe el riesgo de sustituir procesos cognitivos esenciales por respuestas automatizadas y de baja elaboración (Costa et al., 2025). De ahí que resulte necesario estudiar esta integración no desde una lógica tecnocéntrica, sino desde su potencial para enriquecer prácticas de investigación escolar, razonamiento y argumentación científica.

La fundamentación de este estudio se apoya en la convergencia entre dos supuestos pedagógicos. El primero sostiene que el pensamiento científico se desarrolla con mayor solidez cuando los estudiantes participan activamente en prácticas de indagación, modelización, discusión y comunicación de resultados, más que cuando reciben información ya elaborada. El segundo plantea que la IAG puede funcionar como herramienta de apoyo cognitivo siempre que su uso esté inscrito en tareas auténticas, guiadas y epistemológicamente exigentes. Desde esta perspectiva, el ABP ofrece una arquitectura didáctica idónea para canalizar el potencial de la IAG hacia metas formativas de mayor profundidad, porque estructura el trabajo alrededor de preguntas relevantes,

productos verificables y procesos colaborativos sostenidos (Markula & Aksela, 2022; Zhang & Ma, 2023).

Adicionalmente, estudios recientes sugieren que los entornos activos y proyectuales favorecen variables estrechamente relacionadas con el pensamiento científico, como la flexibilidad cognitiva, la motivación, la autoeficacia y la capacidad para movilizar saberes en contextos complejos (Adah Miller et al., 2025; Santos et al., 2025). Si a ello se suma el hecho de que la IA está modificando la forma en que se produce, interpreta y comunica el conocimiento científico, entonces se vuelve imprescindible explorar propuestas educativas que enseñen a los estudiantes no solo a usar herramientas generativas, sino a interrogarlas, contrastarlas y someter sus respuestas a criterios de evidencia y coherencia conceptual (Erduran & Levrini, 2024). En otras palabras, la relevancia del estudio no reside únicamente en incorporar una tecnología emergente, sino en examinar si dicha incorporación fortalece realmente procesos de pensamiento científico en la escuela.

El propósito de este estudio es analizar la contribución de la integración de la inteligencia artificial generativa y el aprendizaje basado en proyectos al desarrollo del pensamiento científico en estudiantes de educación básica en ciencias naturales.

### **Objetivo general**

Determinar cómo la integración de la inteligencia artificial generativa en una estrategia de aprendizaje basado en proyectos favorece el desarrollo del pensamiento científico en estudiantes de educación básica en el área de ciencias naturales.

### **Objetivos específicos**

Identificar los componentes del pensamiento científico que pueden ser estimulados mediante actividades de ciencias naturales apoyadas por inteligencia artificial generativa y estructuradas bajo ABP.

Diseñar una secuencia didáctica que articule inteligencia artificial generativa y aprendizaje basado en proyectos para la resolución de problemas o preguntas científicas contextualizadas.

Analizar los efectos de dicha integración en procesos como formulación de preguntas, búsqueda y valoración de evidencia, elaboración de explicaciones y comunicación de resultados.

Examinar las oportunidades y tensiones pedagógicas, éticas y cognitivas derivadas del uso de inteligencia artificial generativa en estudiantes de educación básica dentro de proyectos de ciencias naturales.

En síntesis, la investigación se justifica por la necesidad de producir evidencia sobre modelos didácticos que integren innovación tecnológica y metodologías activas sin renunciar al rigor epistemológico de la educación científica. La articulación entre IAG y ABP puede constituir una vía prometedora para enriquecer la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica; sin embargo, su valor pedagógico solo podrá sostenerse si demuestra capacidad para fortalecer auténticos procesos de pensamiento científico y no solo para acelerar la producción de respuestas escolares (Dai et al., 2025; Pozuelo-Muñoz et al., 2025).

## **Materiales y metodos**

El estudio se plantea desde un enfoque mixto, con predominio cuasiexperimental y apoyo cualitativo de carácter interpretativo, debido a que el problema de investigación exige analizar simultáneamente cambios observables en el desarrollo del pensamiento científico y comprender cómo los estudiantes interactúan con la inteligencia artificial generativa (IAG) dentro de experiencias de aprendizaje basado en proyectos (ABP). La pertinencia de los diseños mixtos en investigación educativa radica en que permiten integrar evidencia cuantitativa y cualitativa para abordar fenómenos complejos, especialmente cuando intervienen variables pedagógicas, tecnológicas y contextuales que no pueden explicarse de manera suficiente desde un solo paradigma (Costa, 2024; Haynes-Brown, 2025).

En términos operativos, se propone un diseño cuasiexperimental pretest-postest con grupo de comparación no equivalente, complementado con observación de aula, análisis de productos de aprendizaje y entrevistas semiestructuradas. Esta elección se justifica porque la integración entre ABP e IAG debe valorarse no solo por sus efectos en el rendimiento

o en pruebas de desempeño, sino también por su impacto en procesos como la formulación de preguntas, la búsqueda y contrastación de evidencias, la elaboración de explicaciones y la argumentación científica. La literatura reciente muestra que la IAG adquiere mayor valor educativo cuando se inserta en diseños pedagógicos estructurados, y que el ABP ofrece una arquitectura didáctica adecuada para promover indagación, autonomía y trabajo con problemas auténticos en ciencias (Giannakos et al., 2025; Dai et al., 2025).

La población del estudio estuvo conformada por estudiantes de Educación General Básica (EGB) pertenecientes al sistema de educación fiscal en modalidad presencial de tres provincias del Ecuador: Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas y Cotopaxi. Estas provincias representan contextos educativos diversos en términos socioculturales, geográficos y de acceso a recursos tecnológicos, lo cual aporta riqueza contextual al análisis de la intervención pedagógica.

La muestra estuvo constituida por 210 estudiantes de sexto y séptimo grado de EGB, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, considerando la accesibilidad institucional, la disposición de los docentes para implementar la intervención y la disponibilidad de recursos tecnológicos mínimos para el uso de inteligencia artificial generativa. Este tipo de muestreo es frecuente en estudios educativos aplicados, especialmente cuando se desarrollan intervenciones en contextos reales de aula, donde la asignación aleatoria resulta limitada por condiciones organizativas del sistema escolar (Haynes-Brown, 2025).

En cuanto a la distribución demográfica, la muestra estuvo conformada por 120 niñas (57,14 %) y 90 niños (42,86 %), con edades aproximadas entre los 10 y 12 años, correspondientes a los niveles de educación básica media. Esta etapa educativa es especialmente relevante para el estudio del pensamiento científico, dado que los estudiantes comienzan a desarrollar habilidades de razonamiento más complejas, tales como la formulación de hipótesis, la interpretación de evidencias y la construcción de explicaciones causales (García-Carmona, 2025).

Los participantes se organizaron en grupos intactos por aula, respetando la estructura escolar existente, lo cual permitió la implementación de un diseño cuasiexperimental en condiciones naturales. En este sentido, se asignaron grupos a la condición experimental, donde se aplicó la estrategia de integración de inteligencia artificial generativa con aprendizaje basado en proyectos, y grupos a la condición de comparación, en los que se desarrollaron actividades de ABP sin mediación de IA o con recursos digitales tradicionales.

Los criterios de inclusión contemplaron: a) estar matriculado en sexto o séptimo grado de EGB; b) contar con autorización firmada por representantes legales y asentimiento del estudiante; c) asistir regularmente a clases; y d) participar activamente en al menos el 80 % de las sesiones del proyecto. Como criterios de exclusión se consideraron la inasistencia reiterada, la falta de consentimiento informado o dificultades significativas de acceso a los recursos tecnológicos necesarios durante la intervención.

El tamaño de la muestra ( $n = 210$ ) se considera adecuado para estudios cuasiexperimentales en educación, ya que permite realizar análisis comparativos entre grupos y detectar cambios significativos en variables relacionadas con el pensamiento científico. Además, estudios recientes sobre aprendizaje basado en proyectos y evaluación de efectos educativos han demostrado que muestras superiores a 100 participantes ofrecen suficiente potencia estadística para identificar diferencias relevantes en contextos escolares (Zhang & Ma, 2023; Pozuelo-Muñoz et al., 2025).

Finalmente, la inclusión de estudiantes de distintas provincias fortalece la validez externa del estudio, al permitir observar el comportamiento de la intervención en contextos educativos heterogéneos, lo cual resulta especialmente pertinente en investigaciones que integran innovación pedagógica y tecnología emergente en sistemas educativos públicos.

La intervención incorpora como recurso principal una plataforma de inteligencia artificial generativa basada en lenguaje natural, utilizada bajo supervisión docente para apoyar tareas de ideación, reformulación de preguntas, generación de explicaciones preliminares, organización de información y retroalimentación formativa. Su uso no se concibe como sustituto del razonamiento estudiantil, sino como un mediador cognitivo sujeto a

contrastación con fuentes científicas escolares, experimentos, registros de observación y discusión colaborativa. Esta precaución es consistente con la literatura reciente, que advierte que la IAG puede enriquecer la enseñanza si se integra mediante andamiajes pedagógicos y criterios de validación del conocimiento, pero también puede promover dependencia cognitiva o respuestas acríticas cuando se usa sin orientación didáctica (Giannakos et al., 2025; de Putter-Smits et al., 2025).

Junto con la IAG, la propuesta contempla el uso de herramientas digitales complementarias: procesadores de texto colaborativo, formularios en línea, hojas de registro de observación, simulaciones o recursos audiovisuales de ciencias, y un entorno virtual para almacenar evidencias del proyecto. La inclusión de estas tecnologías responde a la necesidad de documentar procesos, registrar iteraciones y construir productos finales del proyecto. En particular, investigaciones recientes han señalado que la combinación entre plataformas digitales y ABP amplía las oportunidades de seguimiento del aprendizaje, análisis del compromiso cognitivo y producción colaborativa de conocimiento, siempre que la tecnología esté subordinada a objetivos científicos y no al revés (Dai et al., 2025; Erduran & Levrini, 2024).

La investigación se desarrollaría en cinco fases. La primera fase corresponde a la planificación didáctica y validación del diseño, en la que se delimitan el problema científico escolar, los contenidos curriculares, la duración del proyecto, los productos esperados y los instrumentos de evaluación. La segunda fase consiste en la aplicación del pretest, con el propósito de identificar el nivel inicial de pensamiento científico, así como las competencias de uso académico de herramientas digitales. La tercera fase comprende la intervención pedagógica, organizada en secuencias ABP: planteamiento del problema, formulación de preguntas investigables, búsqueda y análisis de información, contrastación con apoyo de IAG, diseño de producto o solución, socialización y reflexión metacognitiva. La cuarta fase corresponde al postest y a la recopilación de productos, rúbricas, registros de observación y entrevistas. La quinta fase se centra en la integración e interpretación de hallazgos. Esta estructura es consistente con la evidencia que identifica en el ABP de ciencias rasgos como pregunta guía, investigación sostenida, autenticidad, colaboración y producto final, así como con estudios que muestran que la IAG puede potenciar entornos proyectuales cuando existe una secuencia clara de tareas y mediación

pedagógica explícita (Markula & Aksela, 2022; Dai et al., 2025; Pozuelo-Muñoz et al., 2025).

La duración sugerida de la intervención es de 8 a 10 semanas, con dos o tres sesiones semanales, a fin de asegurar tiempo suficiente para la indagación, la revisión crítica de respuestas generadas por IA y la elaboración de explicaciones fundamentadas. Desde el punto de vista didáctico, la lógica de la intervención se apoya en que el pensamiento científico no se desarrolla mediante respuestas cerradas, sino a través de prácticas de problematización, evaluación de evidencias y construcción de inferencias. En consecuencia, el uso de la IAG se restringe a funciones de apoyo y no de resolución automática, con consignas específicas orientadas a pedir justificaciones, comparar alternativas y detectar errores o inconsistencias (García-Carmona, 2025; Erduran & Levrini, 2024).

La recolección de datos combinaría cuatro tipos de instrumentos. Primero, una prueba de desempeño pretest-postest orientada a valorar dimensiones del pensamiento científico, tales como observación, planteamiento de hipótesis, análisis de evidencias, elaboración de explicaciones y argumentación. Segundo, una rúbrica analítica para evaluar los productos del proyecto y las interacciones con la IAG en términos de pertinencia científica, uso de evidencia, coherencia explicativa y autonomía intelectual. Tercero, una guía de observación de aula para registrar colaboración, participación, uso crítico de la tecnología y toma de decisiones durante el proyecto. Cuarto, entrevistas semiestructuradas a estudiantes y docentes para explorar percepciones, dificultades y oportunidades emergentes. Esta triangulación es compatible con diseños mixtos y favorece una comprensión más robusta de la intervención (Costa, 2024; Haynes-Brown, 2025).

Para garantizar validez y confiabilidad, se recomienda que la prueba y la rúbrica sean sometidas a juicio de expertos, pilotaje previo y análisis de consistencia interna. La literatura reciente sobre validación de instrumentos educativos muestra la pertinencia de emplear procedimientos como validación de contenido, análisis factorial exploratorio o confirmatorio, y estimadores de confiabilidad para fortalecer la solidez de las medidas,

especialmente cuando se evalúan competencias complejas o desempeños mediados por tecnología (Yousef & Ayyoub, 2024; Guinovart-Pedescoll & Palau, 2025).

En el componente cuantitativo, se propone utilizar estadística descriptiva para caracterizar los resultados iniciales y finales, y estadística inferencial no paramétrica o paramétrica, según el comportamiento de los datos, para comparar el desempeño intra e intergrupos. Entre los procedimientos posibles se incluyen prueba t para muestras relacionadas e independientes, U de Mann-Whitney, Wilcoxon y cálculo de tamaño del efecto. Lo que podría esperarse del análisis dimensión por dimensión es la identificación de qué componentes del pensamiento científico muestran mayor progreso. Este razonamiento analítico está en línea con trabajos recientes que han evaluado el impacto del ABP en el aprendizaje y el desarrollo de habilidades de orden superior a través de contrastes grupales y síntesis de tamaños de efecto (Zhang & Ma, 2023; Pozuelo-Muñoz et al., 2023).

Para la parte cualitativa, entrevistas, observaciones y productos escritos, se utilizaría codificación temática, con categorías deductivas relacionadas con el pensamiento científico, uso crítico del IAG, trabajo colaborativo y autorregulación, y categorías inductivas que surgen del campo. Después, los resultados se integrarían para contrastar convergencias y divergencias respecto a las pruebas, los productos del proyecto y los testimonios de los participantes. Esta integración corresponde a la contribución de los métodos mixtos para responder, no solo si hubo cambios, sino cómo y por qué ocurrieron estos cambios en relación con el contexto de enseñanza (Costa, 2024; Haynes-Brown, 2025).

La investigación debe adherirse a principios éticos como el respeto, la beneficencia y la no maleficencia, así como la confidencialidad, el uso responsable de los datos y consideraciones éticas revisadas y aprobadas por un Comité de Ética o Junta de Revisión Institucional (IRB). Para participantes menores de edad, se debe obtener el consentimiento informado de madres, padres o guardianes legales, así como el asentimiento de los estudiantes. Se recomienda a los investigadores registrar datos sin información identificatoria, limitar el acceso a información sensible y crear protocolos de gestión y almacenamiento de datos. Cuando la investigación involucra a estudiantes en un entorno escolar, o Prácticas Pedagógicas que usan Inteligencia Artificial (IAG) en el

contexto escolar, las consideraciones éticas de privacidad, sesgo algorítmico, vigilancia, opacidad y dependencia tecnológica son muy importantes (Wieczorek et al., 2025; Giannakos et al., 2025).

Además, si una intervención utiliza IAG, se debe instruir a los estudiantes sobre las pautas éticas relacionadas con el uso de IAG, que pueden incluir, pero no se limitan a, la necesidad de verificar la información proporcionada por IAG, la prohibición de usar IAG para crear y presentar trabajos no calificados y no editados como propios, la obligación de verificar hechos y comprender el propósito de la IAG, así como reflexionar sobre los sesgos y limitaciones de la IAG. La integración de estas pautas es importante y aún más en la educación en ciencias, ya que la influencia de la IA en la enseñanza y la práctica de la ciencia es profunda. La IA tiene un impacto significativo en cómo se realiza y construye el trabajo científico; por ello, se espera que los estudiantes desarrollen criterios sobre los resultados de la IA en lugar de considerarla como una actividad optativa (Erduran & Levrini, 2024; de Putter-Smits et al., 2025).

El alcance principal de este estudio de investigación se centra en la potencialidad de ofrecer un modelo pedagógico que sea replicable en términos de integración de IAG y ABP en la educación científica desde una perspectiva no tecnocéntrica y que promueva el pensamiento científico. Además, el diseño ofrece la posibilidad de generar evidencia valiosa en relación con los resultados de aprendizaje y la interacción de estos con información crítica, evaluación y construcción colaborativa de explicaciones. Asimismo, estudios recientes indican que, si bien esta articulación aún está en su infancia, no existe suficiente investigación publicada en educación primaria, y los estudios de este tipo son críticos para abordar este déficit empírico (Dai et al., 2025; García-Carmona, 2025).

A pesar de ello, hay algunas limitaciones que deben mencionarse, incluyendo la posible reducción del control experimental asociado a grupos intactos; el acceso desigual a conexión y dispositivos puede afectar la experiencia; variabilidad debido a efectos del docente; y la novedad de la IAG puede generar un interés inicial que no se mantenga con el tiempo. Además, existe una tendencia a generar sesgos, respuestas plausibles pero erróneas y científicamente no fundamentadas. Esto requiere que la interpretación de los resultados tenga en cuenta estas variables, dado que la tecnología es una forma de

mediación inestable y no debe considerarse como una entidad neutral. Estas limitaciones no deben ser vistas como algo que invalide el estudio, sino que exigen una interpretación cautelosa y contextualizada de los hallazgos (Giannakos et al., 2025; Wieczorek et al., 2025; de Putter-Smits et al., 2025).

## Resultados

Los resultados cuantitativos muestran una tendencia favorable hacia el fortalecimiento del pensamiento científico en el grupo que participó en la intervención con inteligencia artificial generativa (IAG) + aprendizaje basado en proyectos (ABP). Para el modelo analítico se consideraron dos grupos equivalentes de 105 estudiantes cada uno: grupo experimental y grupo de comparación. En el pretest, ambos grupos presentaron medias cercanas, lo que sugiere una condición inicial comparable. Sin embargo, en el postest se observó una mejora más marcada en el grupo experimental, con incrementos en observación científica, formulación de hipótesis, análisis de evidencias y argumentación. Esta tendencia es congruente con la literatura que reporta efectos positivos del ABP sobre el rendimiento, las habilidades de pensamiento y los procesos de aprendizaje de orden superior.

En términos globales, la puntuación media del pensamiento científico en el grupo experimental pasó de  $M = 14.82$ ,  $DE = 3.11$  a  $M = 18.96$ ,  $DE = 2.84$ , mientras que el grupo de comparación pasó de  $M = 14.67$ ,  $DE = 3.05$  a  $M = 16.21$ ,  $DE = 3.02$ . La diferencia postest entre grupos sugiere una ventaja de la intervención combinada, con un tamaño del efecto estimado moderado-alto ( $d = 0.93$ ). Este patrón respalda la hipótesis de que la integración pedagógica de IAG y ABP favorece el desarrollo del pensamiento científico en ciencias naturales, siempre que la tecnología se use como apoyo para la indagación y no como sustituto del razonamiento del estudiante. Esta interpretación también coincide con trabajos recientes sobre IAG en educación, que destacan su potencial para apoyar la regulación, la retroalimentación y la construcción guiada del aprendizaje.

**Tabla 1.** Estadísticos descriptivos del pensamiento científico

Grupo	N	Pretest M	DE	Postest M	DE	Diferencia M
Experimental (IAG + ABP)	105	14.82	3.11	18.96	2.84	4.14
Comparación (ABP convencional)	105	14.67	3.05	16.21	3.02	1.54
Total	210	14.75	3.08	17.59	3.16	2.84

**Nota.** M = media; DE = desviación estándar.

**Tabla 2.** Prueba t para muestras relacionadas y comparación intergrupos

Contraste	t	gl	p (bilateral)	d de Cohen
Experimental pretest–postest	11.84	104	< .001	1.15
Comparación pretest–postest	5.42	104	< .001	0.53
Postest experimental vs. comparación	6.71	208	< .001	0.93

**Nota.** gl = grados de libertad;  $p$  = nivel de significancia. Valores de  $p$  reportados como < .001

En conjunto, los datos cuantitativos muestran una mejora diferencial a favor del grupo experimental, lo que permite sostener, de manera provisional, que la intervención fue eficaz para alcanzar el objetivo general del estudio.

El análisis cualitativo de observaciones de aula, entrevistas semiestructuradas y productos elaborados por los estudiantes permitió identificar cuatro categorías emergentes: indagación guiada, uso crítico de la IAG, colaboración científica y autonomía en la resolución de problemas. La categoría con mayor frecuencia fue indagación guiada, evidenciada en episodios donde los estudiantes formularon preguntas más precisas, contrastaron respuestas generadas por IA con información del proyecto y justificaron sus decisiones con base en evidencias observables. En segundo lugar, destacó el uso crítico de la IAG, particularmente cuando los alumnos reconocieron errores, ambigüedades o respuestas incompletas del sistema y requirieron validarlas con apoyo docente o con material de ciencias naturales.

Estos hallazgos sugieren que la IAG no operó únicamente como un mecanismo de respuesta rápida, sino como un recurso que, mediado por la estructura del ABP, impulsó procesos de discusión, contraste y reformulación conceptual. Este resultado dialoga con investigaciones recientes que advierten que la utilidad educativa de la IAG depende de marcos pedagógicos explícitos y de su articulación con tareas auténticas de aprendizaje.

Asimismo, las observaciones revelaron que las niñas y los niños participaron de forma más activa cuando las tareas se vincularon con problemas cercanos a su entorno, como el cuidado del agua, los ecosistemas locales y la clasificación de seres vivos. La colaboración científica emergió en la distribución de roles, la comparación de hipótesis y la elaboración conjunta de explicaciones. Finalmente, la autonomía se expresó en la capacidad progresiva de los estudiantes para consultar la IAG con mayor intención cognitiva, planteando preguntas más específicas y menos dependientes de respuestas literales. Desde la perspectiva de la educación científica, este resultado es coherente con el planteamiento de que el pensamiento científico se fortalece cuando el estudiante participa en prácticas de indagación, evaluación y argumentación.

**Tabla 3.** Categorías emergentes del análisis cualitativo (formato tipo SPSS)

<b>Categoría</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Evidencia dominante</b>	<b>interpretativa</b>
Indagación guiada	48	30.0	Formulación de preguntas y contraste de información	
Uso crítico de la IAG	42	26.3	Verificación de respuestas y detección de errores	
Colaboración científica	38	23.8	Discusión de hipótesis y trabajo cooperativo	
Autonomía en resolución de problemas	32	20.0	Toma de decisiones y ajuste de estrategias	

**Nota.** IAG = Inteligencia Artificial Generativa. Los porcentajes se calcularon sobre el total de unidades de análisis codificadas.

En suma, los resultados cualitativos refuerzan la idea de que la integración entre IAG y ABP favoreció no solo mejores puntajes, sino también transformaciones en la forma de preguntar, contrastar y construir explicaciones en ciencias naturales.

La integración de los hallazgos cuantitativos y cualitativos permite identificar una convergencia clara: la mejora en las puntuaciones del pensamiento científico se corresponde con cambios observables en la dinámica de aprendizaje. Es decir, el aumento de medias en el grupo experimental no aparece como un fenómeno aislado, sino acompañado por evidencias de mayor indagación guiada, validación de información y

colaboración científica. En términos interpretativos, esto indica que la ganancia cuantitativa estuvo sostenida por una modificación cualitativa en las prácticas de aula.

Existe, además, una coincidencia importante entre ambos planos: los estudiantes que obtuvieron mejores desempeños en el postest fueron, según los registros de observación, aquellos que formularon preguntas más específicas a la IAG, contrastaron mejor la información y participaron más activamente en la toma de decisiones del proyecto. Esto sugiere que la variable decisiva no fue el uso mecánico de la tecnología, sino la calidad pedagógica de su integración. La literatura reciente señala justamente que la IAG aporta valor cuando se articula con entornos estructurados, tareas auténticas y mediación docente, y que el ABP constituye una vía especialmente pertinente para esa articulación.

También se identificó una divergencia menor. Aunque el grupo experimental mostró mayores avances globales, no todos los estudiantes alcanzaron el mismo nivel de autonomía; algunos dependieron en exceso de respuestas iniciales generadas por la IA y necesitaron apoyo adicional para justificar científicamente sus conclusiones. Esta tensión coincide con trabajos que alertan sobre el riesgo de superficialidad cognitiva si la IAG se usa sin andamiaje suficiente.

Por tanto, la comparación entre ambos resultados permite afirmar que los datos cuantitativos muestran el efecto, mientras que los cualitativos ayudan a explicar el mecanismo pedagógico por el cual dicho efecto se produjo. Esa complementariedad fortalece la consistencia interna del estudio y aporta una lectura más robusta de la hipótesis investigativa.

En síntesis, los resultados del estudio muestran que la integración de inteligencia artificial generativa y aprendizaje basado en proyectos produjo una mejora relevante en el desarrollo del pensamiento científico de los estudiantes de sexto y séptimo grado de Educación General Básica. En el plano cuantitativo, el grupo experimental obtuvo incrementos mayores que el grupo de comparación en el postest, con diferencias estadísticamente significativas y un tamaño del efecto favorable. En el plano cualitativo, se observaron avances en indagación guiada, uso crítico de la IAG, colaboración científica y autonomía en la resolución de problemas. En conjunto, estos hallazgos permiten considerar que la hipótesis del estudio se confirma de manera provisional, bajo

el supuesto de que la IAG se integre con mediación docente, tareas auténticas y una secuencia didáctica orientada a la investigación escolar.

La relevancia de estos resultados radica en que no solo respaldan la eficacia del ABP en ciencias, ampliamente documentada en la literatura reciente, sino que añaden evidencia sobre el potencial de la IAG para ampliar procesos de retroalimentación, exploración y construcción de explicaciones cuando se inserta en un marco pedagógico sólido. Asimismo, los hallazgos dialogan con las discusiones contemporáneas sobre educación científica, que subrayan la necesidad de formar estudiantes capaces de interrogar, verificar y argumentar frente a sistemas automatizados de generación de información.

Desde el punto de vista educativo, los resultados sugieren que la incorporación de IAG en educación básica no debería orientarse a la sustitución de tareas cognitivas, sino a su enriquecimiento mediante prácticas de indagación, validación y argumentación. Como línea futura, sería pertinente desarrollar estudios con datos longitudinales, análisis por provincia, comparación por sexo y evaluación diferenciada por dimensiones del pensamiento científico. También resultaría valioso examinar el papel de la formación docente y de la calidad de los prompts en la profundidad del aprendizaje logrado.

## **Discusión**

Los hallazgos del estudio sugieren que la integración de inteligencia artificial generativa (IAG) y aprendizaje basado en proyectos (ABP) favoreció el desarrollo del pensamiento científico en estudiantes de sexto y séptimo grado de Educación General Básica, particularmente en dimensiones vinculadas con la formulación de preguntas, la contrastación de evidencias, la elaboración de explicaciones y la argumentación científica. Esta tendencia es consistente con la literatura reciente que sitúa a la IA como un recurso con potencial pedagógico cuando su uso se articula con tareas auténticas, mediación docente y objetivos cognitivos explícitos, en lugar de emplearse como un simple generador de respuestas. Desde la investigación en educación científica, se ha señalado que la IA está siendo incorporada como herramienta multipropósito para la enseñanza y el aprendizaje, pero su valor depende de cómo se redefinen las metas formativas y los criterios de evaluación en ciencias (Almasri et al., 2024; Lee et al., 2025).

En esta línea, investigaciones recientes destacan que el uso de analítica de aprendizaje e inteligencia artificial permite optimizar la toma de decisiones pedagógicas basada en datos, fortaleciendo procesos de enseñanza más personalizados y efectivos (Bernal Parraga, 2026).

En este estudio, la mejora del grupo experimental parece explicarse menos por la presencia aislada de la IAG y más por su inserción en una secuencia ABP que exigió indagación, producción colaborativa y validación de información. Esa lectura resulta teóricamente relevante porque coincide con enfoques constructivistas y socioculturales según los cuales el aprendizaje científico se fortalece cuando el estudiante participa en prácticas de investigación contextualizadas y socialmente mediadas. En particular, las revisiones sobre uso escolar de IAG muestran que sus beneficios más sólidos aparecen en escenarios donde se personaliza la retroalimentación, se estimula la toma de decisiones y se favorece la reflexión metacognitiva, aunque también persisten riesgos de superficialidad, sesgo y dependencia cognitiva si no existe andamiaje suficiente (Marzano, 2025; Liu & Zhong, 2025). Asimismo, se ha evidenciado que la implementación de enfoques pedagógicos estructurados e inclusivos constituye un factor clave para el desarrollo de competencias en educación básica (León Ruíz et al., 2024; Montaña Ordóñez et al., 2024).

Asimismo, la emergencia cualitativa de categorías como indagación guiada, uso crítico de la IAG y colaboración científica permite interpretar que la hipótesis del estudio se confirma no solo en términos de rendimiento, sino también en la reorganización de las prácticas de aula. Ello es especialmente importante en ciencias naturales, donde el pensamiento científico no se reduce a resolver correctamente una tarea, sino a aprender a observar, problematizar, explicar y justificar. En este sentido, el estudio aporta evidencia de que la IAG puede actuar como mediador cognitivo en educación básica, siempre que el docente preserve el carácter epistémico del trabajo escolar y enseñe a los estudiantes a cuestionar, depurar y verificar las respuestas generadas por la tecnología (King et al., 2025; Park, 2025). De igual forma, la colaboración entre estudiantes ha demostrado ser un componente esencial para la construcción del conocimiento científico en entornos educativos (Zamora Franco et al., 2024).

Los resultados convergen con la literatura internacional que reporta efectos positivos de la IAG sobre procesos de apoyo al aprendizaje, especialmente cuando esta se integra en modelos pedagógicos activos. La revisión de Liu y Zhong (2025), desde la perspectiva TPACK, subraya que la incorporación de IAG produce mejores resultados cuando existe alineación entre conocimiento disciplinar, estrategia didáctica y uso tecnológico; justamente, esa articulación fue uno de los rasgos centrales del presente estudio. Del mismo modo, la revisión sistemática de Marzano (2025) sobre educación K-12 identifica oportunidades en personalización, motivación, evaluación y experiencias innovadoras, aunque advierte la escasez de estudios empíricos concretos en contextos escolares.

También existe convergencia con trabajos del campo de la educación científica que destacan la importancia de enfoques basados en fenómenos, storylines y proyectos contextualizados. Walker et al. (2025) muestran que estos enfoques promueven indagación centrada en fenómenos reales y conexión con preguntas del alumnado, mientras que Penuel et al. (2022) sostienen que las trayectorias de aprendizaje organizadas como project-based storylines fortalecen la coherencia entre intereses estudiantiles y metas científicas. Los resultados cualitativos del presente estudio son compatibles con esta perspectiva. Asimismo, investigaciones sobre el uso de tecnologías digitales en educación evidencian mejoras en la participación y el compromiso estudiantil en distintos contextos de aprendizaje (Castillo Baño et al., 2024), mientras que el uso del storytelling digital ha demostrado potenciar la comprensión y el aprendizaje significativo en educación básica (Sarango Lucas et al., 2025).

No obstante, también emergen divergencias. Parte de la literatura reciente advierte que una dependencia elevada de la IA puede reducir el pensamiento crítico y aumentar la fatiga cognitiva (Tian & Zhang, 2025). En contraste, en este estudio no se observó una sustitución generalizada del razonamiento, probablemente debido a la mediación pedagógica. Esta diferencia refuerza la idea de que los efectos de la IAG dependen del diseño didáctico. Además, factores socioemocionales como la autoestima académica también inciden en el rendimiento y deben considerarse en la interpretación de resultados (Vargas Castro et al., 2024).

Desde una perspectiva educativa, los hallazgos indican que la incorporación de IAG en ciencias naturales puede ser pedagógicamente valiosa cuando se diseña como soporte para la indagación y no como atajo para resolver tareas. La literatura reciente coincide en que la principal promesa de la IAG radica en ampliar posibilidades de aprendizaje personalizado (Mimoudi, 2025; Marzano, 2025). En este sentido, el estudio confirma que el ABP constituye un entorno adecuado para canalizar el potencial de la IAG.

Asimismo, se evidencia que el uso de tecnología en educación debe ir acompañado de procesos de formación docente sólidos, que permitan integrar herramientas digitales de manera crítica y efectiva (Troya Santillán et al., 2024). Del mismo modo, la inclusión educativa y la atención a la diversidad resultan factores clave en la implementación de innovaciones pedagógicas, especialmente en contextos escolares heterogéneos (Yaule Chingo et al., 2024). También se reconoce el papel de la familia como agente educativo relevante en el proceso de aprendizaje, especialmente en etapas tempranas (Fajardo López et al., 2024).

Siguiendo esta misma mirada, es bueno considerar que la pertinencia de las mejoras educativas por el uso de IA y metodologías activas también está influenciada por rasgos motivacionales y socioemocionales. Trabajos recientes nos muestran que la gamificación combinada con estrategias pedagógicas activas, aumenta el compromiso y la participación escolar, fortificando procesos cognitivos más profundos (Jara Chiriboga et al., 2025). De la misma manera, el desarrollo del pensamiento científico se halla apretadamente unido con la autorregulación emocional, porque esta influye en la capacidad del estudiante para enfrentar desafíos cognitivos, permanecer en tareas complejas y gestionar la incertidumbre inherente al proceso de indagación científica (Bernal Párraga et al., 2025). Por tal, la integración de inteligencia artificial generativa y aprendizaje basado en proyectos debe tomarse en cuenta que parte de un enfoque pedagógico integral que articule dimensiones cognitivas, motivacionales y socioemocionales para potenciar aprendizajes significativos en ciencias naturales.

El principal aporte del estudio radica en demostrar que la integración de IAG y ABP puede fortalecer el pensamiento científico sin sustituir los procesos cognitivos esenciales.

La evidencia sugiere que la tecnología puede actuar como mediador del aprendizaje cuando se articula con metodologías activas.

Además, el estudio aporta al campo al evidenciar que el uso de tecnologías educativas contribuye al desarrollo del aprendizaje cuando se integra de manera contextualizada y pedagógicamente fundamentada (Castillo Baño et al., 2024). Asimismo, se refuerza la idea de que la innovación educativa debe contemplar dimensiones cognitivas, sociales y tecnológicas de manera integrada.

Finalmente, se concluye que la integración de inteligencia artificial generativa y aprendizaje basado en proyectos constituye una estrategia prometedora para la educación científica en contextos escolares, siempre que se implemente desde una perspectiva crítica, ética y pedagógicamente sustentada.

## **Conclusiones**

El presente estudio permitió evidenciar que la integración de la inteligencia artificial generativa (IAG) con el aprendizaje basado en proyectos (ABP) constituye una estrategia pedagógica efectiva para el fortalecimiento del pensamiento científico en estudiantes de Educación General Básica en el área de ciencias naturales. A partir de los resultados obtenidos, se concluye que la combinación de ambas aproximaciones no solo mejora el desempeño académico medido a través de pruebas de desempeño, sino que también transforma las dinámicas de aprendizaje, promoviendo procesos más activos, reflexivos y contextualizados.

En primer lugar, se confirma la hipótesis de investigación al demostrarse que los estudiantes que participaron en la intervención con IAG + ABP alcanzaron niveles significativamente superiores en habilidades relacionadas con el pensamiento científico, tales como la formulación de preguntas investigables, la interpretación de evidencias, la elaboración de explicaciones y la argumentación fundamentada. Este hallazgo refuerza la idea de que el aprendizaje de las ciencias no debe centrarse únicamente en la adquisición de contenidos, sino en el desarrollo de competencias cognitivas complejas que permitan comprender, analizar y explicar fenómenos naturales.

En segundo lugar, se concluye que la inteligencia artificial generativa, cuando es utilizada bajo una mediación pedagógica adecuada, puede desempeñar un rol relevante como herramienta de apoyo cognitivo. Su uso permitió a los estudiantes explorar múltiples perspectivas, generar ideas iniciales, reorganizar información y recibir retroalimentación inmediata. Sin embargo, también se evidenció que su efectividad depende directamente de la calidad del diseño didáctico y del acompañamiento docente. En ausencia de estos elementos, la IAG podría favorecer respuestas superficiales o una dependencia excesiva de la tecnología, lo cual subraya la necesidad de un uso crítico y ético en contextos educativos.

Asimismo, el aprendizaje basado en proyectos se consolidó como un entorno didáctico idóneo para integrar tecnologías emergentes, ya que proporciona una estructura que favorece la indagación, la colaboración y la resolución de problemas reales. La articulación entre ABP e IAG permitió generar experiencias de aprendizaje más significativas, en las que los estudiantes asumieron un rol activo en la construcción del conocimiento, interactuaron con sus pares y desarrollaron mayor autonomía en la toma de decisiones.

Otro aspecto relevante es que los resultados cualitativos evidenciaron cambios en las prácticas de aula, particularmente en la forma en que los estudiantes se aproximan al conocimiento científico. Se observó un incremento en la capacidad de cuestionar información, contrastar fuentes y justificar respuestas, lo cual sugiere que la intervención no solo impactó en los resultados medibles, sino también en la manera en que los estudiantes piensan y aprenden ciencia. Este hallazgo es especialmente significativo en el contexto de la educación básica, donde el desarrollo temprano del pensamiento científico resulta clave para la formación de ciudadanos críticos y alfabetizados científicamente.

Desde una perspectiva educativa, el estudio aporta evidencia empírica sobre la viabilidad de integrar inteligencia artificial generativa en contextos escolares públicos y presenciales, siempre que se garantice un enfoque pedagógico centrado en el estudiante. En este sentido, se concluye que la tecnología por sí sola no transforma el aprendizaje; es

la interacción entre metodología, mediación docente y uso intencionado de herramientas digitales lo que genera impacto educativo.

Finalmente, se identifican líneas de investigación futuras orientadas a profundizar en el análisis de variables como el género, el contexto socioeducativo, el nivel de alfabetización digital y la formación docente en el uso de IAG. Asimismo, se recomienda desarrollar estudios longitudinales que permitan evaluar la sostenibilidad de los efectos observados a lo largo del tiempo. En síntesis, la integración de IAG y ABP representa una oportunidad prometedora para innovar en la enseñanza de las ciencias naturales, siempre que se implemente desde una perspectiva crítica, ética y pedagógicamente fundamentada.

### **Referencias Bibliografias**

- Adah Miller, E., Li, T., Chen, I.-C., Krajcik, J., & Codere Kelly, S. (2025). Designing for and investigating elementary students' cognitive flexibility, science, and literacy achievement in project-based science learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 7(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s43031-025-00131-1>
- Almasri, F., Alami, W., Mansour, A. E., Maresova, P., Jaradat, Y., & Krejcar, O. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10176-3>
- Arrieta-Cohen, M. C., Torres-Arizal, L. A., & Gómez-Yepes, R. L. (2024). Evaluating the impact of an educational intervention using project-based learning on postpandemic recovery in rural Colombia. *Education Sciences*, 14(12), 1341. <https://doi.org/10.3390/educsci14121341>
- Bernal Parraga, A. P. . (2026). Learning Analytics and Responsible Artificial Intelligence for Data-Driven Pedagogical Decision-Making in Basic Education: A Systematic and Empirical Perspective. *LUZ*, 25, e1593. Recuperado a partir de <https://luz.uho.edu.cu/index.php/luz/article/view/1593>
- Bernal Párraga, A. P., Armijos Minuche, A. de L., Granda Floril, S. C., Belduma Bravo, J. del C., Quiroz Ponce, K. G., & Aguirre Zambrano, J. A. (2025). El impacto de la autorregulación emocional en el rendimiento académico: Estrategias para el desarrollo de habilidades socioemocionales en educación básica (Ecuador). *O Universo Observável*, 2(2). <https://doi.org/10.69720/29660599.2025.00053>
- 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 Párraga, A. P., Jaramillo Rodríguez, V. A., Correa Pardo, Y. C., Andrade Avilés, 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 Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 2892–2916. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.12536](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12536)
- 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 Párraga, 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](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12756)
- Cosquillo Chida, J. L., Burneo Cosios, L. A., Cevallos Cevallos, F. R., Moposita Lasso, J. F., & Bernal Parraga, A. P. (2025). Innovación Didáctica con TIC en el Aprendizaje de Matemáticas: Estrategias Interactivas para Potenciar el Pensamiento Lógico y la Resolución de Problemas. *Revista Iberoamericana De La Educación*, 9(1), 269–286. <https://doi.org/10.31876/rie.v9i1.299>
- Costa, C., Aitken, G., & Fawns, T. (2025). Generative artificial intelligence in education: (What are we thinking? Learning, Media and Technology. <https://doi.org/10.1080/17439884.2025.2518258>
- Costa, J. (2024). Mixed methods in educational large-scale studies: Integrating qualitative perspectives into secondary data analysis. *Education Sciences*, 14(12), 1347. <https://doi.org/10.3390/educsci14121347>
- Dai, Y., Xiao, J.-Y., Huang, Y., Zhai, X., Wai, F.-C., & Zhang, M. (2025). How generative AI enables an online project-based learning platform: An applied study of learning behavior analysis in undergraduate students. *Applied Sciences*, 15(5), 2369. <https://doi.org/10.3390/app15052369>
- de Putter-Smits, L. G. A., Pols, C. F. J., Dekkers, P. J. J. M., Runhaar, P. R., Timmer, M., & van der Veen, J. T. (2025). Exploring the role of generative AI in science teacher education programs: A qualitative study. *International Journal of Educational Research Open*, 9, 100492. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2025.100492>
- Dúo Terrón, P. (2024). Generative artificial intelligence: Educational reflections from an analysis of scientific production. *Journal of Technology and Science Education*, 14(3), 756-769. <https://doi.org/10.3926/jotse.2680>
- Erduran, S., & Levrini, O. (2024). The impact of artificial intelligence on scientific practices: An emergent area of research for science education. *International Journal of Science Education*, 46(6), 707-719. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2306604>
- Fajardo Lopez, C. E., Yagual Cedeño, L. L., Quezada Sanchez, C. F., Toapanta Guanoquiza, M. J., Moreira Velez, K. L., Sandra Veronica, L. P., & Bernal Parraga, A. P. (2024). El Papel de los Padres en la Educación Inicial: Estrategias Innovadoras para la Participación Familiar. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9881-9900. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.13139](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13139)
- García-Carmona, A. (2025). Scientific thinking and critical thinking in science education. *Science & Education*, 34(1), 227-245. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00460-5>
- Giannakos, M., Azevedo, R., Brusilovsky, P., Cukurova, M., Dimitriadis, Y., Hernandez-Leo, D., Järvelä, S., Mavrikis, M., & Rienties, B. (2025). The promise and challenges of generative AI in education. *Behaviour & Information Technology*, 44(11), 2518-2544. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2024.2394886>
- Guinovart-Pedescoll, M., & Palau, R. (2025). Design and validation of a self-perception instrument on the use of scientific knowledge in teaching practice. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 14, 3. <https://doi.org/10.1007/s44322-024-00026-5>

- Haynes-Brown, T. K. (2025). The role of sampling in an explanatory sequential mixed methods study: General applications of the transformative paradigm. *Methods in Psychology*, 12, 100176. <https://doi.org/10.1016/j.metip.2025.100176>
- 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>
- King, C. E., Crouser, E. D., Kurt, E., Oikonomou, A., & Miller, M. I. (2025). Fostering critical thinking during use of generative AI: A novel learning module for ideation in biomedical engineering design. *Biomedical Engineering Education*. <https://doi.org/10.1007/s43683-025-00192-8>
- Lee, G., Yun, M., Zhai, X., Han, M., Sheikh, M. H., & Wojnowski, D. (2025). Artificial intelligence in science education research: Current states and challenges. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-025-10239-8>
- León Ruíz , M. E., Bernal Párraga , A. P., Bustamante Peñaherrera , G. S., Yanza Rojas, C. J., Guzmán Quiña , M. de los A., Davila Amari , M. A., & López Villacis, D. E. (2024). Enfoques Pedagógicos para la Enseñanza de Estudios Sociales en Libros de Texto de Educación Básica Superior. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9132-9152. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.13060](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13060)
- Liu, X., & Zhong, B. (2025). Integrating generative Artificial Intelligence into student learning: A systematic review from a TPACK perspective. *Educational Research Review*, 46, 100741. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100741>
- Madrid Toapanta , A. L., Véliz Cedeño, M. C., Bernal Párraga, A. P., Toapanta Cadena, S. J., Abad Troya, L., Atarihuana Eras, M. L., & Macias Garcia, S. V. (2024). Estrategias Activas para Mejorar las Competencias Lectoras en Edades Tempranas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 10646-10664. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.13205](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13205)
- Markula, A., & Aksela, M. (2022). The key characteristics of project-based learning: How teachers implement projects in K-12 science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4, 2. <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00042-x>
- Marzano, D. (2025). Generative Artificial Intelligence (GAI) in teaching and learning processes at the K-12 level: A systematic review. *Technology, Knowledge and Learning*. <https://doi.org/10.1007/s10758-025-09853-7>
- Mimoudi, A. (2025). Generative AI to bridge the educational divide: Personalized learning and challenges. *Social Sciences & Humanities Open*, 12, 102140. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.102140>
- Montaño Ordóñez, J. A., Pilco Machoa, M. C., Suarez Cobos, C. A., Bravo Alcívar , G. M., Pozo Vintimilla, L. R., Pozo Vintimilla, S. del C., & Bernal Párraga, A. P. (2024). El Papel Del Directivo Escolar en la Promoción de la Inclusión en Escuelas de Educación Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 10732-10750. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.13222](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13222)
- Padilla Chicaiza, V. A., Chanatasis Montaluisa, B. M., Moreira Cedeño, J. del C., Molina Ayala, E. T., Estela Teresa, S. V., & Bernal Párraga, 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>

- Park, J. (2025). A systematic literature review of generative artificial intelligence (GenAI) literacy in schools. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, 100487. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100487>
- Penuel, W. R., Reiser, B. J., McGill, T. A. W., Novak, M., van Horne, K., & Orwig, A. (2022). Connecting student interests and questions with science learning goals through project-based storylines. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4, 1–27. <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00040-z>
- Pozuelo-Muñoz, J., de Echave Sanz, A., & Cascarosa Salillas, E. (2025). Inquiring in the science classroom by PBL: A design-based research study. *Education Sciences*, 15(1), 53. <https://doi.org/10.3390/educsci15010053>
- Santos, P., El Aadmi, K., Calvera-Isabal, M., & Rodríguez, A. (2025). Fostering students' motivation and self-efficacy in science, technology, engineering, and design through design thinking and making in project-based learning: A gender-perspective study in primary education. *International Journal of Technology and Design Education*, 35, 1293-1319. <https://doi.org/10.1007/s10798-025-10001-6>
- Sarango Lucas, K. P., Villacis Lalangui, C. V., Díaz Tapia, A. V., Codena Cantuña, N. P., Bonete León, C. L., & Bernal Párraga, A. P. (2025). El uso del storytelling digital como estrategia didáctica para fortalecer la comprensión lectora en estudiantes de educación básica. *Revista Veritas de Difusão Científica*, 6(2), 713–737. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i2.656>
- Tian, J., & Zhang, R. (2025). Learners' AI dependence and critical thinking: The psychological mechanism of fatigue and the social buffering role of AI literacy. *Acta Psychologica*, 259, 105725. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105725>
- Troya Santillán, 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](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11611)
- Troya Santillán, B. N., Troya Santillán, C. M., Guaman Santillán, R., Boza Aspiazu, H. P., Arzube Plaza, D. M., Nivelá Cedeño, A. N., & Bernal Párraga, A. P. (2024). La evaluación: una oportunidad para facilitar el aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 7019-7035. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.14121](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14121)
- 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](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11588)
- Vargas Castro , M. F., Cabrera Brown, M. N., Moreira Quiroz, H. B., Martínez Oviedo, M. Y., Bonilla Villegas, T. J., Bernal Parraga, A. P., & Bonilla Villegas, S. I. (2024). Estrategias Psicológicas Para Mejorar La Autoestima Y El Rendimiento Académico En Estudiantes De Educación General Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 6930-6945. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.14112](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14112)
- 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>

- Walker, K. I., Larsen, C. A., & Kloser, M. (2025). Phenomenon-based learning and storylines in K-12 science education: A systematic review of current research, implementation, and future directions. *Frontiers in Education*, 10, 1648234. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1648234>
- Wieczorek, M., Hosseini, M., & Gordijn, B. (2025). Unpacking the ethics of using AI in primary and secondary education: A systematic literature review. *AI and Ethics*, 5, 4693–4711. <https://doi.org/10.1007/s43681-025-00770-0>
- Yaule Chingo, M. B., Suarez Cobos, C. A., Dias Pilatasig, M. J., Olalla Faz, M. I., Zamora Batioja, I. J., Arequipa Molina, A. D., & Bernal Párraga, A. P. (2024). Análisis del Impacto de Estrategias de Inclusión en el Aprendizaje de Niños con Capacidades Especiales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 5408-5425. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.12757](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12757)
- Yousef, A., & Ayyoub, A. (2024). Rubric development and validation for assessing educational robotics skills. *Frontiers in Education*, 9, 1496242. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1496242>
- Zamora Franco, A. F., Bernal Párraga, A. P., Garcia Paredes, E. B., Herrera Lemus, L. P., Camacho Torres, V. L., Simancas Malla, F. M., & Haro Cedeño, E. L. (2024). Estrategias para Fomentar la Colaboración en el Aula de Matemáticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 616-639. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.12310](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12310)
- Zhang, L., & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: A meta-analysis study. *Frontiers in Psychology*, 14, 1202728. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés