

7. Desarrollo del pensamiento crítico en física mediante inteligencia artificial

Development of critical thinking in physics through artificial intelligence



GUILLERMINA ÁVILA GARCÍA*

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.399.07>

Resumen

Esta indagación tiene como propósito analizar el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de nivel medio superior a través del uso de aplicaciones de inteligencia artificial (IA) en actividades teóricas y experimentales relacionadas con la enseñanza de la física. Esta propuesta se enmarca en el contexto de la cuarta revolución industrial, caracterizada por el uso intensivo de tecnologías como la IA, el aprendizaje automático y la fabricación digital, lo cual plantea nuevos desafíos para los sistemas educativos.

Asimismo, se reconoce que uno de los objetivos de la Agenda 2030 es fortalecer el conocimiento científico para afrontar problemáticas sociales diversas. Sin embargo, en el entorno escolar se ha identificado una tendencia creciente en los estudiantes al utilizar herramientas de IA para resolver problemas o justificar prácticas experimentales sin una apropiación crítica del conocimiento. La enseñanza de la física exige procesos de observación, medición, interpretación y validación de hipótesis que, al ser mediados por tecnologías inteligentes, pueden potenciar o limitar la construcción reflexiva del conocimiento. Por ello, este estudio, de corte cualitativo, se orienta al diseño, la implementación y el análisis de actividades didácticas que integran

* Doctora en Ciencias con Especialidad en Física Educativa. Instituto Politécnico Nacional, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11, México. e-mail: gavilag@ipn.mx

la IA con fines educativos, promoviendo procesos de argumentación científica e interacción significativa.

La investigación se centra en identificar en qué niveles los estudiantes desarrollan un pensamiento crítico, considerando las fases del modelo 5E, cuando se enfrentan a la experimentación de fenómenos físicos con apoyo de estas tecnologías, así como en comprender cómo la IA puede actuar como mediadora para generar aprendizajes.

Palabras clave: *comunicación, pensamiento crítico, inteligencia artificial, interacción social, generación de conocimiento.*

Abstract

This inquiry aims to analyze the development of critical thinking in high school students using Artificial Intelligence (AI) applications in theoretical and experimental activities related to physics education. This proposal is framed within the context of the fourth industrial revolution, characterized by the intensive use of technologies such as AI, machine learning, and digital manufacturing, which presents new challenges for educational systems. Furthermore, it's recognized that one of the 2030 Agenda's objectives is to strengthen scientific knowledge to address diverse social problems. However, in the school environment, a growing tendency has been identified among students to use AI tools to solve problems or justify experimental practices without a critical understanding of the knowledge.

Physics education demands processes of observation, measurement, interpretation, and hypothesis validation that, when mediated by intelligent technologies, can either enhance or limit the reflective construction of knowledge. Therefore, this qualitative study focuses on the design, implementation, and analysis of didactic activities that integrate AI for educational purposes, promoting scientific argumentation and meaningful interaction.

The research focuses on identifying the levels at which students develop critical thinking, considering the phases of the 5E model, when experimenting with physical phenomena supported by these technologies,

as well as understanding how AI can act as a mediator for knowledge generation.

Keywords: *communication, critical thinking, artificial intelligence, social interaction, knowledge generation.*

1. Introducción

En años recientes se ha enfatizado en el desarrollo del pensamiento crítico (PC) como habilidad del siglo XXI, considerando el aprendizaje a través del análisis de textos y materiales educativos, incluso la aplicación del conocimiento a situaciones nuevas, tomando en cuenta la interactividad entre pares, la participación, el trabajo colaborativo y la comunicación efectiva (Sosa *et al.*, 2024).

En el estudio de la ciencia es imprescindible argumentar, entre otras habilidades, tal como lo expresa el plan y programa de estudios (IPN, 2008) del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11 (CECyT 11) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), que indica en su enfoque teórico experimental la necesidad de reflexionar sobre los fenómenos naturales, facilitando los procedimientos empíricos, deductivos e inductivos tanto para la aplicación de las leyes como para los principios de la física.

Rico-Gómez y Ponce Gea (2022) señalan que uno de los retos de la educación para el docente del siglo XXI es enfatizar el aprendizaje activo y participativo del sujeto, adquiriendo herramientas necesarias para integrarse en una sociedad que demanda individuos creativos y autorrealizables.

De este modo la pregunta de investigación que guía este trabajo es: ¿de qué manera el uso de aplicaciones de inteligencia artificial generativa en actividades teóricas y experimentales de física puede fomentar el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de bachillerato, evitando una dependencia pasiva y promoviendo procesos activos de argumentación científica e interacción reflexiva?, considerando el objetivo de analizar el desarrollo del pensamiento crítico que presentan los estudiantes de bachillerato a través de las aplicaciones con inteligencia artificial (actividades teóricas y experimen-

tales) que permitan los procesos de argumentación científica, interacción y la generación de conocimiento reflexivo en temas de física.

2. Marco teórico

La IA se ha convertido en una herramienta muy prometedora en el ámbito de la educación, tanto para los docentes como para los alumnos, pues la IA ofrece numerosos beneficios, sin embargo, también plantea nuevos desafíos y, sobre todo, preocupaciones que deben ser abordadas de modo cuidadoso (Ibarra *et al.*, 2023). En esta investigación partimos de uno de los desafíos del uso de la IA.

En esta indagación se hizo uso de la IA de ChatGPT. Su integración en entornos educativos presenta una vía prometedora para mejorar la participación de los estudiantes y los resultados de aprendizaje (Kotsis, 2024), además de que el uso de ChatGPT se puede llevar a cabo en tiempo real, ofreciendo aclaraciones, respondiendo consultas y proporcionando comentarios personalizados sobre los experimentos realizados en el aula o dentro del laboratorio (Samara y Kotsis, 2024).

Una de las ventajas que ofrece el uso de la IA en la educación es que puede lograr la democratización al acceso a la información y los estudiantes pueden explorar el tema con mayor libertad, aunque se precisa la orientación y guía de los docentes.

Por otro lado, el enfoque del uso de ChatGPT en la realización de los experimentos, a la par con las preguntas asociadas con estos, resalta el papel de las interacciones dialógicas en la adquisición de conceptos, según Myklebust y Fagerbakke (2024), siempre y cuando se haya leído anticipadamente y no se limite sólo a la respuesta proporcionada por ChatGPT. Más aún, Walker (2024) expone que al combinar la asistencia de una IA en tiempo real con experimentos prácticos, los estudiantes no solo comprenden los conceptos teóricos con mayor firmeza, sino también cultivan un interés genuino en el proceso científico en sí, lo que subraya el potencial transformador de la tecnología en la educación.

3. Diseño didáctico en física moderna:
modelo 5E, niveles de PC e integración de la IA

En el contexto actual de la cuarta revolución industrial, la integración de tecnologías emergentes, como la Inteligencia Artificial (IA), en los procesos educativos representa una oportunidad para transformar la enseñanza de las ciencias. En particular, esto ocurre en el campo de la física, pues su carácter experimental y explicativo permite a los estudiantes construir significados profundos cuando se abordan fenómenos desde una metodología activa, reflexiva y centrada en la indagación.

El modelo instruccional 5E (enganchar, explorar, explicar, elaborar y evaluar) proporciona un enfoque que se sustenta en teorías del aprendizaje que proponen la construcción activa del conocimiento e integran coherentemente las etapas del proceso educativo desde la atención del estudiante hasta la evaluación crítica del conocimiento; en este caso, con la integración de la IA (Valentín *et al.*, 2024). Los niveles de pensamiento crítico considerados son los indicadores de capacidad: interpretación, análisis, evaluación, inferencia, explicación y autorregulación (Mastuti *et al.*, 2022). La tabla 1 articula las fases del modelo 5E con los procesos de pensamiento crítico mediado por IA, alineados a actividades didácticas experimentales en el aula de física. Este diseño busca favorecer un aprendizaje significativo, en el que los estudiantes no sólo comprendan los fenómenos, sino que los expliquen, los cuestionen y sean capaces de proponer soluciones con base en evidencias y razonamientos lógicos.

Tabla 7.1. Articulación del modelo 5E con los procesos de pensamiento crítico mediado por IA.

Fase del modelo 5E	Actividades propuestas	Procesos de pensamiento crítico e integración de la IA
Enganchar	Foro inicial: ¿cómo está constituido el universo? Foro inicial: ¿cómo está constituido el universo?	Activación de conocimientos previos, uso de IA para plantear preguntas e hipótesis.
Explorar	Glosario de partículas, consulta de conceptos en clase y en foros virtuales.	Observación, recolección de datos, confrontación de ideas previas con apoyo de la IA.

<i>Explicar</i>	Lectura de <i>Los viajes de Gulliver</i> ; <i>Superman</i> , discusión en foros.	Argumentación y justificación con apoyo de IA, análisis de información y construcción de explicaciones.
<i>Elaborar</i>	Actividad experimental: la máquina de niebla.	Aplicación de conceptos, inferencia causal, generación de soluciones, interpretación de resultados.
<i>Evaluar</i>	Informe de actividades experimentales e interactividad con IA.	Autoevaluación del aprendizaje, reflexión metacognitiva, emisión de juicios basados en evidencias.

Fuente: elaboración propia.

4. Metodología

Este estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, adoptando un diseño secuencial exploratorio. Participaron dos grupos de sexto semestre integrado por 40 estudiantes, quienes intervinieron activamente en todas las actividades propuestas.

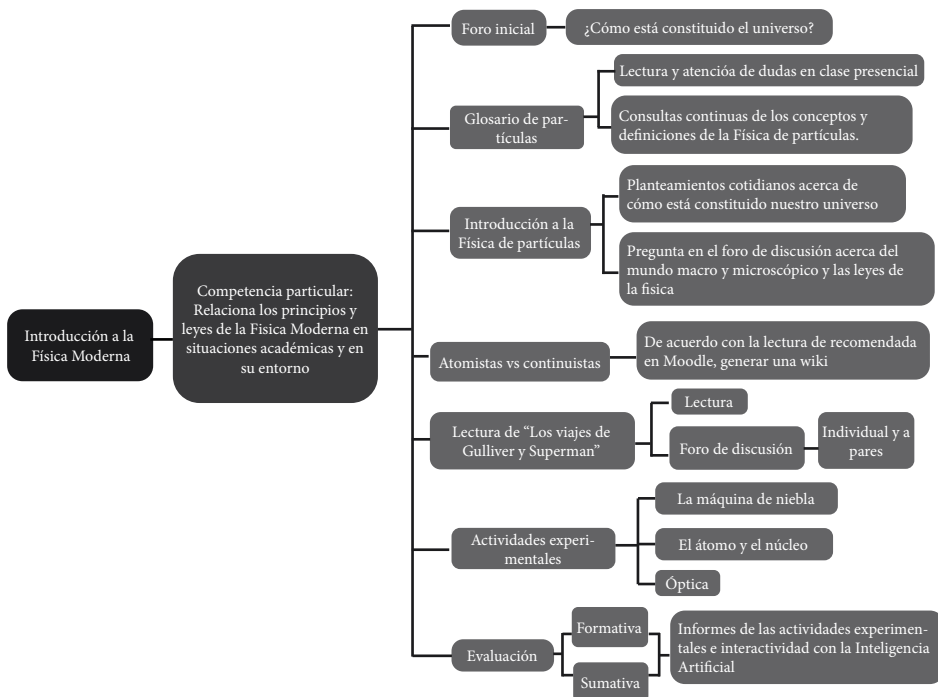
El análisis se centró en los argumentos contruidos por los estudiantes al responder preguntas con base en el experimento, así como en la interpretación de tablas y gráficas generadas a partir de los datos obtenidos en experimentos físicos. La secuencia didáctica estuvo sustentada en la integración de tres elementos clave: el uso de la inteligencia artificial (IA), la experimentación y la enseñanza de la física.

Esta propuesta se alinea con el modelo integral de secuencia de aprendizaje, destacando que dichas secuencias deben ser diseñadas por el docente para organizar situaciones de aprendizaje significativas, tanto dentro como fuera del aula, con el objetivo de fortalecer el aprendizaje con recursos digitales (Ortiz *et al.*, 2020). En este caso, esto se lleva a cabo mediante la plataforma polivirtual del Instituto Politécnico Nacional (IPN) en el entorno virtual de aprendizaje Moodle.

El proyecto se realizó en coordinación con la Dirección de Educación Virtual (DEV) del IPN, instancia que promueve y asesora la construcción de propuestas pedagógicas innovadoras mediante el uso de tecnologías digitales. En este marco, se dio continuidad a la tesis doctoral de Ávila (2022), quien argumenta que es necesario abordar temáticas en línea en paralelo al modelo presencial para estimular el pensamiento crítico del alumnado.

En la figura 1 se muestra el esquema de actividades realizadas con base en los lineamientos establecidos por la DEV para su integración y operación dentro del aula virtual Moodle.

Figura 7.1. Esquema de actividades alojadas en la plataforma Moodle.



Fuente: elaboración propia

5 Resultados

Los niveles de pensamiento crítico alcanzados por los estudiantes fueron evaluados a partir de las actividades desarrolladas en torno a la construcción y el análisis experimental. Para garantizar la validez del análisis, se consideraron tres evaluaciones independientes: la de la profesora responsable de la actividad, la de una profesora invitada de física del CECyT 11 que no participó en el diseño, y la de una investigadora externa con experiencia en didáctica de la física. La triangulación de estas valoraciones permitió clasificar a los estudiantes en tres niveles de logro: alto, medio y bajo. La tabla 2

presenta la distribución de los estudiantes según estos niveles, considerando la media general del grupo y los consensos alcanzados entre las tres evaluadoras.

Tabla 7.2. Triangulación de las evaluaciones realizadas.

Nivel de logro	Número de estudiantes	Rango de puntuación total	Niveles de pensamiento crítico (Facione, 1990)	Relación con fases del modelo 5E
Alto	5	17-18	Interpretación, análisis, evaluación, inferencia, explicación y autorregulación (con dominio avanzado en todas)	Explicar y elaborar: articulan explicaciones fundamentadas, validan resultados experimentales, reflexionan críticamente sobre sus hallazgos.
Medio	17	14-16.5	Dominio parcial en interpretación, análisis, evaluación e inferencia; mínima autorregulación	Explorar y explicar: interpretan fenómenos y formulan hipótesis, aunque con limitaciones en la integración crítica de la evidencia.
Bajo	18	< 14	Pensamiento mecánico o reproductivo; débil o nula autorregulación; escasa o fragmentada interpretación y evaluación	Explorar (limitada) y enganchar: muestran curiosidad inicial, pero sin consolidar aprendizajes significativos ni argumentación fundamentada.

Fuente: elaboración propia

Nota: Nivel Alto (17.0 – 18.0 puntos): los estudiantes muestran una apropiación crítica del conocimiento, argumentan con coherencia, y articulan sus hallazgos con base en la experimentación y la discusión académica. Nivel Medio (14.0 – 16.5 puntos): los estudiantes comprenden y aplican el conocimiento, aunque presentan limitaciones en la argumentación o en la integración crítica de los datos. Nivel Bajo (menor a 14.0 puntos): los estudiantes tienden a reproducir información sin una elaboración conceptual profunda y no logran establecer vínculos sólidos entre el experimento, la teoría y sus propias conclusiones.

El análisis muestra que los mayores niveles de pensamiento crítico emergieron durante las fases de elaboración y evaluación del modelo 5E, donde los estudiantes debieron confrontar la información generada por la IA con los datos obtenidos experimentalmente.

6. Conclusiones

La presente investigación evidenció que el uso intencionado de aplicaciones de inteligencia artificial, articulado con el modelo didáctico 5E, puede fomentar el pensamiento crítico en estudiantes de bachillerato al abordar actividades teóricas y experimentales en física. Lejos de promover una dependencia pasiva, la IA actuó como estimulador del aprendizaje reflexivo cuando fue acompañada por estrategias pedagógicas que incentivaron la argumentación y la validación empírica.

El análisis muestra que los mayores niveles de pensamiento crítico emergieron durante las fases de elaboración y evaluación del modelo 5E, donde los estudiantes debieron confrontar la información generada por la IA con los datos obtenidos experimentalmente, lo cual favoreció procesos activos de interpretación, revisión de evidencias y construcción de conclusiones. Sin embargo, el desarrollo del pensamiento crítico no fue homogéneo, pues sólo los estudiantes que interactuaron críticamente con la IA, guiados por una mediación docente intencionada, lograron apropiarse del conocimiento. Así, la IA puede ser una aliada poderosa en la formación científica, siempre que se integre de forma pedagógicamente reflexiva.

Agradecimientos

La autora de este capítulo agradece el apoyo financiero de la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional a través del proyecto con registro SIP: 20241591, cuyo respaldo fue fundamental para el desarrollo de este trabajo.

Referencias

Ávila, G. (2022). Modelo B-Learning mediante Moodle y su impacto en el proceso de aprendizaje de Física Moderna en el bachillerato IPN. (Tesis doctoral no publicada).

- Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.
- Ibarra, R. L., Caro, J. L., y Pérez, M. N. (2023). Inteligencia artificial en la educación. *Revista Digital de Tecnologías Informáticas y Sistemas*, 7(1), 100-106. <https://doi.org/10.61530/redtis.vol7.n1.2023.136.100-106>
- Instituto Politécnico Nacional. (2008). Plan y Programa de Estudios 2008. <https://deinac.com/PROGRAMAS/programa%20sint%C3%A9tico%20física%204.pdf>
- Kotsis, K. T. (2024). ChatGPT as teacher assistant for physics teaching. *EIKI Journal of Effective Teaching Methods*, 2(4). <https://doi.org/eiki/10.59652/jetm.v2i4.283>
- Mastuti, A. G., Abdillah, A., Sehuwaky, N., y Risahondua, R. (2022). Revealing students' critical thinking ability according to facione's theory. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 13(2), 261-272. <http://ejournal.radenintan.ac.id/index.php/al-jabar/index>
- Myklebust, H., y Fagerbakke, I. M. (2024). Taking a dialogic stance in interaction with the youngest children – Supporting concept learning and child agency. *Learning, Culture and Social Interaction*, 47, 100825. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2024.100825>
- Ortiz, E., Reyes, M., Ortega, S., y Valenzuela, S. J. (2020). Modelo de una secuencia didáctica con enfoque integral. En Barraza. *Modelos de secuencias didácticas* (pp. 44-66). Universidad Pedagógica de Durango.
- Rico-Gómez, M. L., y Ponce Gea, A. I. (2022). El docente del siglo XXI: perspectivas según el rol formativo y profesional. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 27(92), 77-101.
- Samara, V., y Kotsis, K. T. (2024). Use of artificial intelligence in teaching the concept of magnetism in preschool education. *Journal of Digital Educational Technology*, 4(2), ep2419. <https://doi.org/10.30935/jdet/14864>
- Sosa, N. C. T., Iza, C. A., Castro, C. M. S., y Herrera, L. A. L. (2024). Desarrollo de Habilidades del Siglo XXI a Través del Uso de las TIC: Pensamiento Crítico, Creatividad y Resolución de Problemas. *Reincisol*, 3(6), 4471-4484.
- Valentín, T. F., Matos, L. M., Carbajal, A. I., Bernaldo, L. K., Cárdenas, M. M., Alvarez, J. R., y Gonzales, J. T. (2024). The 5E instructional model in the meaningful learning of Science and Technology. En *Frontiers in Education* (Vol. 9, p. 1435530). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1435530>
- Walker, R. (2024). ChatGPT in the classroom for harnessing AI to revolutionize elementary, middle, and high school education: Innovative strategies for teachers to enhance learning and curriculum with hundreds of artificial intelligence prompts. *Legendary Editions*.