

Asistente de IA para ayudar al mapeo de controversias relacionadas con las centrales nucleares

Daniel Cebrián Robles¹, Isabel María Cruz Lorite², Aurelio Cabello Garrido¹ y Enrique España Ramos¹

¹ Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Málaga

² Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Zaragoza

RESUMEN: Se presenta el diseño, la implementación y la evaluación de una actividad apoyada en el uso de un asistente de inteligencia artificial generativa para facilitar el mapeo de controversias sobre cuestiones socialmente vivas. En concreto, se aborda la controversia del pacto de cierre de las centrales nucleares españolas. El estudio involucró a 33 estudiantes del Máster en Profesorado de Educación Secundaria, Bachillerato y FP con perfiles técnico-científicos, quienes participaron en una actividad de dos fases: 1) un mapeo de controversias colaborativo inicial sin apoyo del asistente; 2) una conversación mediada por el asistente en la que recibieron retroalimentación individualizada. A partir del análisis cualitativo de un cuestionario final, los resultados muestran que, según la percepción del alumnado, el asistente promovió una comprensión multidimensional de la controversia, amplió la identificación de actantes invisibilizados y contribuyó a romper sesgos previos. No obstante, el alumnado también identificó riesgos asociados, como la preocupación por los sesgos ideológicos del modelo, el riesgo de caer en un “efecto de complacencia” y la complejización excesiva del problema. Se concluye que, si bien la mediación del asistente favorece el desarrollo del pensamiento crítico, este requiere un andamiaje didáctico y un tiempo de dedicación que pueda permitir afrontar las dificultades identificadas.

PALABRAS CLAVE: asistente de IA; mapeo de controversias; cuestiones socialmente vivas; centrales nucleares; pensamiento crítico

ABSTRACT: This paper presents the design, implementation, and evaluation of an activity that utilizes a generative artificial intelligence assistant to facilitate the mapping of controversies surrounding socially relevant issues. Specifically, it addresses the controversy surrounding the agreement to shut down Spain's nuclear power plants. The study involved 33 students in the Master's Program in Secondary Education, High School, and Vocational Training with technical-scientific backgrounds, who participated in a two-phase activity: 1) an initial collaborative controversy mapping without the assistant's support; 2) a conversation mediated by the assistant in which they received individualized feedback. Based on the qualitative analysis of a final questionnaire, the results show that, according to the students' perception, the assistant promoted a multidimensional understanding of the controversy, expanded the identification of marginalized actors, and helped break down prior biases. However, the students also identified associated risks, such as concerns about the model's ideological biases, the risk of falling into a “complacency effect,” and the excessive complication of the problem. It is concluded that, while the facilitator's mediation fosters the development of critical thinking, it requires pedagogical scaffolding and dedicated time to address the identified challenges.

KEYWORDS: AI assistant; mapping of controversies; socially acute questions; nuclear power plants; critical thinking

INTRODUCCIÓN

La disrupción tecnológica de la inteligencia artificial (IA) generativa, y en particular de los Grandes Modelos de Lenguaje (LLM, por sus siglas en inglés), ha supuesto un cambio de paradigma en el ecosistema educativo (Hwang et al., 2020). A diferencia de las tecnologías de la información tradicionales, como repositorios estáticos de conocimiento, los sistemas de IA emergen como agentes dialógicos capaces de interactuar en lenguaje natural, adaptar su discurso y generar andamiajes

cognitivos personalizados (Chen et al., 2020; Zawacki-Richter et al., 2019). En la enseñanza superior y la formación del profesorado, la integración de estas herramientas plantea desafíos éticos y epistémicos como oportunidades educativas, desplazando la atención de la mera obtención de información hacia la interacción crítica y la construcción del conocimiento.

En la enseñanza de las ciencias, el aprendizaje sobre los problemas sociocientíficos (Sadler, 2009; Zeidler, 2014) y las cuestiones socialmente vivas (QSV, del francés *Questions Socialement Vives*) (Legardez y Simonneaux, 2006) se presenta como una alfabetización científica que trasciende la mera transmisión de conceptos abstractos. Estos enfoques abordan problemas abiertos, carentes de una única solución evidente, fuertemente contextualizados y que movilizan valores éticos, económicos y políticos (Hodson, 2003). En España, un ejemplo de QSV es el pacto firmado en 2019 entre el Gobierno central y las compañías eléctricas, dueñas de las centrales nucleares, para el cierre escalonado de las mismas al llegar al final de su vida útil entre 2027 y 2035. Es constante la presencia en los medios, tanto de grupos de presión que proponen alargar la vida útil de las centrales como de quienes plantean su cierre inminente. Al enfrentarse a esta QSV, el reto educativo reside en que el alumnado aprenda a identificar las múltiples dimensiones (económica, científica, política, ética, etc.) que abarca la controversia, reconociendo no solo los actantes visibles (gobiernos, eléctricas, ecologistas, etc.), sino también aquellos invisibilizados (generaciones futuras, entorno natural, intereses de grupos financieros, organismos reguladores o la propia infraestructura tecnológica). En este análisis también es importante visibilizar las relaciones entre los diferentes actantes de la controversia.

El abordaje de QSV en el aula suele enfrentarse a sesgos de confirmación o visiones dicotómicas (a favor o en contra) que ignoran la complejidad inherente al problema (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012). En este contexto, la convergencia entre el análisis de QSV y la mediación de la IA puede suponer una oportunidad educativa. Un asistente de IA (AIA) personalizado, si está metodológicamente bien orientado, no actuaría como un “solucionador”, sino como un cuestionador de ideas. De este modo, la herramienta tendría el potencial de visibilizar a actantes marginados, cuestionar las ideas previas del alumnado, y orientarlos a justificar, refutar y matizar sus argumentos con pruebas, desarrollando así un pensamiento crítico sistémico (Ouyang y Jiao, 2021). En concreto, al combinar el uso de estas herramientas con la metodología de la Cartografía de controversias —derivada de la Teoría del Actor-Red (ANT) de Bruno Latour (Venturini, 2010)—, un AIA podría ayudar a elaborar los mapas de controversias del alumnado y a plantear preguntas reflexivas, lo que puede facilitar la identificación de actantes y evitar generalizaciones y simplificaciones excesivas.

METODOLOGÍA

En este estudio participaron 33 estudiantes matriculados en la asignatura Diseño y Desarrollo de Programaciones y Actividades Formativas, correspondiente a la especialidad de Tecnología, Informática y Procesos Industriales del Máster en Profesorado de educación secundaria de la Universidad de Málaga (España) durante el curso académico 2025-26. La selección de quienes participaron se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, y su perfil académico correspondía al ámbito científico-técnico.

Para la investigación se diseñó una actividad de dos horas en la que se presentó la enseñanza contextualizada basada en QSV. Tras esto, se llevó a cabo, como ejemplo, un mapeo de controversias, en grupos de 5 a 6 estudiantes, sobre la controversia del pacto de cierre de las centrales nucleares españolas programado escalonadamente hasta 2035. La actividad estaba dividida en dos fases. En la primera fase, centrada en la exploración de las ideas previas, cada equipo realizó una discusión y un mapeo de la controversia en torno a la cuestión del “pacto de cierre de las centrales nucleares españolas”, mediante la aplicación Mural.co. Este primer mapa se construyó de forma autónoma por cada equipo, con la indicación de no utilizar el asistente de IA. La segunda fase se centró en el análisis mediante un AIA basado en Gemini, en su versión 3, con dos modos de razonamiento: Pro y Razonamiento. La interacción con el AIA se llevó a cabo de manera individual para obtener retroalimentación sobre los actantes y relaciones invisibilizados y los posibles sesgos del mapa inicial. Tras esta consulta individual, el alumnado volvió a su equipo para poner en común la respuesta obtenida y triangularla

El diagrama de flujo ilustra la interacción entre cuatro sectores principales, cada uno con sus propios sub-sectores y flujos de información y recursos:

- Económico:** Incluye sub-sectores como Banca, Seguros, Inversión, etc. Flujos de información y recursos se conectan con los otros sectores.
- Técnico e Infraestructura:** Incluye sub-sectores como Energía, Infraestructura, etc. Flujos de información y recursos se conectan con los otros sectores.
- Médico-Sanitario:** Incluye sub-sectores como Medicina, Farmacia, etc. Flujos de información y recursos se conectan con los otros sectores.
- Alternativas:** Incluye sub-sectores como Energía renovable, etc. Flujos de información y recursos se conectan con los otros sectores.

En el centro del diagrama, un recuadro negro indica: **Ampliación de vida de las CENTRALES NUCLEARES para la generación eléctrica**.

El diagrama también muestra flujos de información y recursos entre los sectores, representados por flechas de color rojo y verde. Hay un recuadro en la parte superior derecha que dice: **Opinión Pública / Medios de comunicación**.

El cuestionario, de tipo abierto, constaba de las siguientes preguntas: a) “Comparando tu visión inicial con la final, ¿en qué ha contribuido la IA a matizar o profundizar en la cuestión socialmente viva de las centrales nucleares en España?”, y b) “¿Cómo valoras la integración del Mapeo de Controversias con la IA como estrategia para fomentar el pensamiento crítico?”. Para el análisis de las respuestas se adoptó un enfoque cualitativo (Creswell, 2014), en el que se extrajeron categorías de forma inductiva. Uno de los investigadores creó los sistemas de categorías iniciales (uno para cada pregunta), que fueron discutidos con el resto de autores. Dichas categorías no eran mutuamente excluyentes y el sistema consideraba la posibilidad de que las respuestas señalaran un aspecto positivo o negativo. Posteriormente, se contabilizaron las frecuencias de las categorías.

111

Tabla 1. Frecuencias de categorías sobre la percepción del alumnado del AIA para mapear controversias

Categoría Principal	<i>n</i>	Subcategoría	<i>n</i>
1. Expansión Multidimensional del Problema	15	1.1 Dimensión Geopolítica	5
		1.2 Dimensión Temporal y Ética	4
		1.3 Dimensión Económica	3
		1.4 Menciones generales de expansión	3
2. Filtrado y validación crítica	14	2.1 Filtrado y Reestructuración de la Información	7
		2.2 Validación Argumentativa y Pensamiento Crítico	7
3. Ampliación del número de actantes	13	3.1 Especificidad y Roles Políticos	7
		3.2 Descubrimiento de nuevos actores	6
4. Profundización Técnica	7	4.1 Aportación de Datos y Precisión Terminológica	7
5. Experiencia Cognitiva y Recepción	7	5.1 Efecto de Clarificación (Recepción Positiva)	3
		5.2 Efecto de Redundancia (Recepción Neutra-Negativa)	2
		5.3 Efecto de Complejificación (Recepción Negativa)	2

Los resultados muestran que el AIA actuó fundamentalmente como expansión multidimensional del problema (15 menciones) y como filtrado y validación crítica (14). En este sentido, el alumnado manifestó que la IA favoreció el filtrado de información y la validación argumentativa, afirmando que les ayudó a “conocer otros puntos de vista que no había contemplado” y, de forma reveladora, operó como un estímulo para el pensamiento crítico al hacerles “utilizar el cerebro para refutarla”. Igualmente notable fue la ampliación del número de actantes (13), que facilitó a los/as participantes abandonar concepciones genéricas para especificar entidades y tensiones, lo cual se manifestó en testimonios como “la controversia entre Unión Europea y Gobierno de España” o en la toma de conciencia sobre “las próximas generaciones” como actantes invisibilizados. Finalmente, la evaluación de la experiencia mostró resultados polarizados de gran interés educativo: mientras un sector del alumnado experimentó una mejora en la clarificación (“ordena las ideas de forma clara, estructurada y directa”), el hecho de que el asistente no viera la controversia como respuestas binarias provocó un efecto de complejificación o fricción en otros, quienes declararon que la herramienta les había “liado más el pensamiento que tenía [...] al dar nuevas variantes”.

Por otro lado, en la tabla 2 se muestra la frecuencia de las categorías, agrupadas en positivas y negativas, identificadas por el alumnado tras el uso del AIA para el mapeo de controversias.

Tabla 2. Frecuencia de aparición de las categorías en las percepciones positivas y negativas identificadas en el uso de la IA.

Categorías Positivas (Abreviadas)	<i>n</i>	Categorías Negativas / Retos (Abreviadas)	<i>n</i>
Rompe sesgos / Muestra nuevas perspectivas	12	Preocupación por sesgos o error de la IA	3
Fomenta método socrático y pensamiento crítico	8	Requiere mucho tiempo y alta implicación	2
Valoraciones genéricas positivas	7	Riesgo de “efecto complacencia”	2
Gran utilidad transversal (docencia/profesional)	2	Mala experiencia o valoración negativa general	2
Actúa como “espejo cognitivo”	1	Dificultad absorción en niveles inferiores	1
Total de categorías positivas	30	Total de categorías negativas	10

Los resultados muestran una percepción mayoritariamente favorable hacia el uso del AIA, con un total de 30 menciones en dimensiones positivas, frente a las 10 en dimensiones negativas. El beneficio más destacado para el profesorado en formación inicial fue la capacidad de la IA para romper sesgos personales y visibilizar enfoques ignorados (12), afirmando que la herramienta “Te hace pensar en cosas que, a priori, puede que no hayas tenido en cuenta” o “Se añaden ideas que no habíamos pensado antes”. En esta misma línea, resultó destacable su potencial para fomentar el pensamiento crítico mediante el método Socrático (8), lo que forzaba “al usuario a pensar de forma más crítica” al plantearle cuestiones en lugar de entregarle soluciones cerradas, como por ejemplo “[...] fomenta el pensamiento crítico de forma Socrática”. Pese a esta buena acogida, los participantes no ignoran los desafíos inherentes; las principales advertencias se centran en el temor a heredar los “sesgos ideológicos de la IA” (3) y en el riesgo de caer en un efecto de complacencia que termine por “provocar la convergencia de los razonamientos a tus pensamientos iniciales” (2), todo ello sumado a la necesidad de disponer de un tiempo de aula significativo para su correcta implementación.

CONCLUSIONES

A la luz de los resultados preliminares del AIA, se observa su uso como mediador pedagógico para la deconstrucción de QSV complejas. El AIA destacó como una expansión de la comprensión de la QSV nuclear en sus dimensiones geopolíticas, económicas, éticas y temporales. Además, pareció haber adoptado su rol de andamiaje socrático incidiendo precisamente en aquellos puntos de vista y actantes de la controversia que resultaban más cercanos al punto de partida del alumnado. No obstante, el alumnado identificó preocupaciones sobre posibles sesgos, errores, efectos de complacencia y dificultad en otros contextos de su uso.

Este trabajo subraya que la integración de la IA generativa en el aula de ciencias no debe plantearse como una sustitución del esfuerzo cognitivo del alumnado, sino como una herramienta de andamiaje posterior a la reflexión humana. El diseño propuesto en este trabajo de dos fases —con una primera aproximación autónoma sin IA— se considera fundamental para evitar el “efecto de complacencia” y obligar al alumnado a establecer un marco conceptual propio antes de enfrentarse al AIA. Asimismo, el uso del AIA hace que el profesorado deba asumir un rol activo en la alfabetización en IA, guiando al alumnado para que reconozca los sesgos ideológicos del modelo y proporcionando tiempo para gestionar la “complejización excesiva” que la herramienta puede provocar al romper visiones binarias simplistas.

Este estudio preliminar presenta ciertas limitaciones metodológicas. En primer lugar, el tamaño de la muestra y su perfil específico (estudiantes de posgrado con una fuerte base técnico-científica) limitan la generalización directa de los resultados a otros contextos educativos, por ejemplo, la educación secundaria. En segundo lugar, la intervención se limitó a una sesión de dos horas; aunque permitió observar el impacto del AIA, no fue suficiente para evaluar la transferencia y persistencia a largo plazo del desarrollo del pensamiento crítico. Además, la dependencia de un modelo de lenguaje específico (Gemini) supedita los resultados a la arquitectura, los filtros éticos y las limitaciones tecnológicas de dicha herramienta en el momento concreto del estudio.

A partir de estas conclusiones y limitaciones, resulta pertinente plantear la prueba de esta intervención en etapas educativas previas, como educación secundaria, y con alumnado perteneciente a otras áreas, para comparar si el andamiaje socrático del AIA requiere mayores niveles de mediación docente. Por otro lado, se sugiere el diseño de investigaciones longitudinales que analicen si el alumnado internaliza la actitud crítica sobre las controversias sociocientíficas sin necesidad de la IA. Finalmente, sería de gran interés educativo analizar los historiales de conversación (prompts) utilizados por el alumnado, así como realizar un análisis de los mapas de controversia realizados en el proceso, con el fin de identificar qué patrones de interacción comunicativa con el AIA podrían mejorar el pensamiento crítico frente a la recepción pasiva de información.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto I+D PID2024-156217NI-I00 *Critical Education on Socioscientific Issues in Pre-service Science and Technology Teacher Training: Applications of Artificial Intelligence Assistants*, financiado por Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades/Agencia Estatal de Investigación (MICIU/AEI/10.13039/501100011033) y Unión Europea (FEDER).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bencze, J. L. (2025). Climate wars: Pro-ecojustice educators vs. Pro-capitalist networks. *Revistamultidisciplinar.com*, 7(3), 19-40. <https://doi.org/10.23882/rmd.25298>
- Chen, L., Chen, P. y Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access: Practical Innovations, Open Solutions*, 8, 75264-75278. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2988510>
- Creswell, J.W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International journal of science education*, 25(6), 645-670. <https://doi.org/10.1080/09500690305021>
- Hwang, G.-J., Xie, H., Wah, B. W. y Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of Artificial Intelligence in Education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1(100001), 100001. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>
- Jiménez-Aleixandre, M. P. y Puig, B. (2012). Argumentation, Evidence Evaluation and Critical Thinking. En B. J. Fraser, K. Tobin y C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1001-1015). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_66
- Legardez, A. y Simonneaux, L. (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité: enseigner les questions vives*. ESF. <https://play.google.com/store/books/details?id=kAhNAAAACAAJ>
- Ouyang, F. y Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2(100020), 100020. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100020>
- Sadler, T. D. (2009). Socioscientific issues in science education: labels, reasoning, and transfer. *Cultural studies of science education*, 4(3), 697-703. <https://doi.org/10.1007/s11422-008-9133-x>
- Venturini, T. (2010). Diving in magma: how to explore controversies with actor-network theory. *Public understanding of science*, 19(3), 258-273. <https://doi.org/10.1177/0963662509102694>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M. y Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>
- Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific issues as a curriculum emphasis: Theory, research, and practice. En *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (pp. 711-740). Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9780203097267/chapters/10.4324/9780203097267-45>