

## INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA GENERACIÓN DE SINOPSIS EN SEMINARIOS ESPECIALIZADOS

Luis A. Tortajada-Genaro

Departamento de Química, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, E46022 Valencia, España.  
luitorge@qim.upv.es

### Abstract

La Inteligencia Artificial (IA) está transformando el panorama educativo, ofreciendo nuevas posibilidades y enriqueciendo la experiencia de aprendizaje.

Esta investigación se centró en la integración de la IA en los seminarios docentes, especialmente en el proceso de análisis y generación de conclusiones. Tras sesiones de exposiciones, se generaron resúmenes y esquemas conceptuales que agruparon los principales resultados obtenidos. El uso de la IA redujo significativamente el tiempo de sinopsis y redacción, mejorando la precisión, atractivo visual y coherencia frente a los procesos tradicionales. Esto aceleró el desarrollo de capacidades de análisis, identificación de patrones y retroalimentación, abriendo nuevas vías para abordar la diversidad en el aula y fomentar la motivación.

La actividad fue muy bien recibida por el alumnado, que mostró una actitud participativa y valoró positivamente su carácter innovador y colaborativo. Las implicaciones de esta investigación son extrapolables a entornos de formación continua y educación superior.

### 1. Introducción

Los seminarios desempeñan un papel fundamental en el desarrollo académico y profesional, al ofrecer entornos estructurados donde los participantes colaboran en la resolución de problemas, el pensamiento crítico y el intercambio de diversas perspectivas [1]. Mediante la participación activa, los estudiantes profundizan en la comprensión de la materia y también perfeccionan sus habilidades de investigación, comunicación y razonamiento, capacidades cruciales para un aprendizaje permanente y un desarrollo profesional eficaz [2]. Estas sesiones interactivas fomentan la curiosidad intelectual y el sentido de comunidad académica, animando a los asistentes a cuestionar supuestos y desarrollar enfoques integrales para abordar cuestiones complejas [3]. Los seminarios docentes pueden clasificarse en varios tipos según su propósito y dinámica [4]. Por ejemplo, los seminarios de capacitación están orientados al desarrollo de ciertas habilidades técnicas o profesionales. Un seminario de investigación está enfocado en el análisis profundo de un tema específico y recibir una retroalimentación especializada, mientras que un seminario socrático está basado en el diálogo y la reflexión crítica donde los

participantes debaten ideas a partir de preguntas abiertas, promoviendo el pensamiento argumentativo.

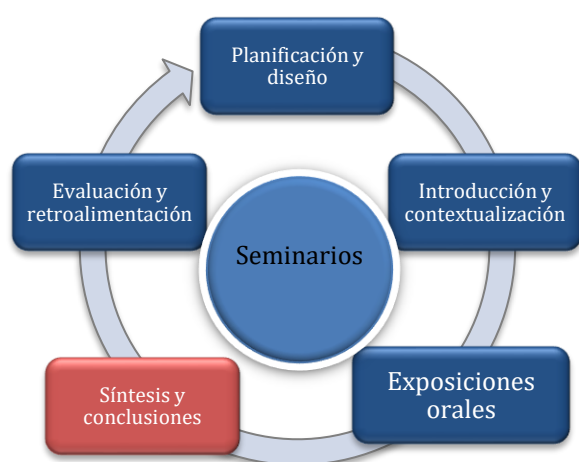
Los seminarios de actualización están orientados a incorporar nuevas metodologías o tecnologías ampliando el alcance de las técnicas básicas y, finalmente, los seminarios interdisciplinarios promueven el diálogo entre distintas áreas del conocimiento. Por lo tanto, cada tipo de seminario cumple una función específica en el proceso enseñanza-aprendizaje del estudiantado.

En los últimos años, se han incorporado tecnologías como recursos interactivos, plataformas virtuales y entornos de aprendizaje híbridos con el objetivo de promover una formación más flexible, personalizada y conectada con las demandas del mundo actual. Además, facilitan el desarrollo de competencias digitales y la adaptación continua a un entorno profesional cada vez más tecnológico [5]. En este tipo de seminarios, se logra ir más allá de la simple exposición de presentaciones de varios ponentes frente un público pasivo. Al integrar ciertas herramientas tecnológicas, se mejora en organizar contenidos, gestionar tareas, fomentar la interacción asincrónica y evaluar el progreso de los participantes de forma dinámica. Algunas también sirven para personalizar contenidos y ofrecer retroalimentación adaptativa facilitando un aprendizaje activo, colaborativo y contextualizado [6].

Un seminario basado en exposiciones orales suele estructurarse en varias etapas (**Figura 1**). Su extensión dependerá de los objetivos del seminario, el perfil de los participantes, los contenidos a tratar, los recursos tecnológicos a utilizar y tiempo disponible. Deben incluir acciones que aseguren tanto la transmisión efectiva de conocimientos como la participación activa de los asistentes.

La etapa de síntesis y conclusiones es crítica e, incluso cuando el tiempo es limitado, debería ser indispensable porque permite consolidar los aprendizajes, identificar futuras aplicaciones y cerrar el proceso formativo con claridad. Durante esta actividad, se recogen las ideas principales abordadas durante el seminario, se destacan los aprendizajes clave y se plantean posibles aplicaciones prácticas de los contenidos tratados [7]. Elaborar conclusiones claras y bien fundamentadas valida todo el proceso de resolución de problemas y contribuye a garantizar el cumplimiento de los objetivos

de aprendizaje [8]. Además, reflexionar sobre los frutos generados durante la actividad mejora el impacto de los resultados del seminario, guiando a los participantes hacia un conocimiento práctico y una mejor toma de decisiones en proyectos futuros [9]. Por lo tanto, refuerza competencias fundamentales como síntesis de ideas, evaluación de los hallazgos y la articulación de reflexiones significativas. No obstante, la diversidad de estilos y la considerable cantidad de tiempo que requieren pueden provocar retrasos en las decisiones, la pérdida de ideas clave y ausencia de cohesión entre las aportaciones. Además, en contextos con recursos limitados o con un elevado número de participantes, esta situación puede traducirse en conclusiones incompletas o poco representativas, reduciendo la eficacia y el valor formativo de la actividad.



**Fig. 1.** Esquema con las etapas de un seminario de capacitación basado en exposiciones orales.

La hipótesis de esta investigación fue que la inteligencia artificial (IA) puede mejorar significativamente el desarrollo de los seminarios, ayudando a realizar una sinopsis más eficazmente. Las tecnologías de IA basadas en modelos de lenguaje utilizan redes neuronales profundas para comprender y generar texto de manera contextual y coherente [10]. Herramientas como ChatGPT y DALL-E pueden generar contenidos adaptados a las necesidades individuales, automatizar tareas administrativas y retroalimentación, y fomentar la creatividad [11]. La consecuencia es la transformación del panorama educativo, ofreciendo un abanico de posibilidades que enriquecen la experiencia de aprendizaje y optimizan la labor docente [12]. Las herramientas IA pueden contribuir en la enseñanza de la química en las tres etapas clave del proceso educativo: planificación, desarrollo y evaluación [13-15]. No obstante, su incorporación también plantea desafíos éticos como la privacidad de datos y la integridad académica. La UNESCO, por ejemplo, ha compartido desde 2021 algunas recomendaciones sobre ética de la IA y en 2023 ha publicado la Guía para la IA generativa en la educación y la investigación [16]. Además, el uso de herramientas de IA puede presentar limitaciones como la pérdida de matices importantes del dominio temático,

generar respuestas demasiado generales o introducir sesgo en la selección de información relevante.

En la presente investigación docente, se ha explorado si herramientas IA pueden mejorar significativamente los seminarios. El estudio se ha centrado en la elaboración de conclusiones finales, aprovechando que pueden ofrecer análisis de datos avanzados, retroalimentación en tiempo real y herramientas de apoyo personalizadas.

## 2. Metodología

La nueva actividad se realizó en la última sesión de un seminario basado en la metodología de casos. Las etapas fueron: asignación de casos, elaboración de la presentación, exposición oral de las presentaciones, síntesis de las exposiciones por categorías y reflexión colectiva utilizando los materiales generados. El estudio posee un enfoque generalista implementable en diferentes materias, no obstante, se ha aplicado a una asignatura del área de conocimiento de la química analítica.

Los participantes fueron alumnos de 4º curso del grado Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universitat Politècnica de València en una asignatura optativa titulada 'Gestión de Laboratorios Químicos'. El número de alumnos fue 32 y el seminario se titulaba 'Nuevas tendencias en la gestión de laboratorios' que se dividió en cuatro áreas tituladas 'Liderazgo y Gestión de Laboratorio', 'Seguridad, Calidad y Sostenibilidad', 'Innovación Científica y Nuevas Tecnologías' y 'Digitalización y Automatización del Laboratorio'.

La gestión de la documentación del seminario se realizó mediante la plataforma de aprendizaje en línea PoliformaT (<https://poliformat.upv.es/>) basada en el sistema de gestión del aprendizaje (LMS) de código abierto Sakai (<https://sakaiproject.org/>).

En la sesión final en el aula, los estudiantes cuyas presentaciones trataban la misma temática trabajaron de forma cooperativa. El objetivo fue realizar un análisis comparativo y estructurado de las distintas exposiciones, elaborando conjuntamente un resumen esquemático común de esa área temática para compartir con el resto del grupo. Esta tarea se llevó a cabo tanto de manera tradicional como con el apoyo de herramientas de IA. Se emplearon diversas plataformas, tanto sugeridas por el profesorado como propuestas libremente por el alumnado (Tabla 1). Como cierre, se realizó una encuesta con escala Likert destinada a conocer la opinión del alumnado.

## 3. Diseño de la sesión de seminario

La metodología de seminario en el contexto de la educación universitaria es una estrategia de enseñanza-aprendizaje activa centrada en el alumnado. Se consideró una planificación y desarrollo que exigiera que el alumnado investigara, analizara y expusiera un

tema específico bajo la guía del profesorado. El objetivo fue fomentar el pensamiento crítico, la comunicación científica y la profundización en contenidos mediante la discusión y el intercambio de ideas.

En la presente experiencia de innovación docente se empleó la metodología de casos, donde el alumnado analizaba y resolvía situaciones reales. Por el contexto de la asignatura donde se ha realizado la innovación, los casos correspondían con retos actuales de los laboratorios químicos. Los estudiantes de forma individual se enfrentaron a un caso, debiendo investigar, discutir y proponer soluciones específicas basadas en los conocimientos adquiridos en la asignatura. Se diseñó como una estrategia de aprendizaje activo que fomenta competencias cognitivas de orden superior según la taxonomía de Bloom (analizar, evaluar y crear). El alumnado debía aplicar los conceptos teóricos a la resolución de problemas prácticos en contextos simulados o reales relacionados con su futura práctica profesional.

**Tabla 1.** Tecnologías IA de apoyo para elaboración de resúmenes y esquemas finales.

Plataforma	Características principales	Ideal para...
ChatGPT (con herramientas)	Ayuda a estructurar esquemas, redactar contenido y generar ideas para infografías.	Planificación, redacción y organización de ideas
Piktochart AI	Genera infografías a partir de texto. Personalización sencilla.	Usuarios sin experiencia en diseño
Canva (Magic Design)	Plantillas y sugerencias automáticas de diseño.	Diseños rápidos y profesionales
Vennngage	Especializado en infografías basadas en datos. Herramientas de visualización avanzadas.	Presentaciones académicas o empresariales
MyMap.AI	Crea infografías desde texto, archivos o URLs. Intuitivo.	Mapas mentales y esquemas conceptuales
Visme	Amplia biblioteca de plantillas. Visualización de datos interactiva.	Proyectos visuales más elaborados
Infography.ai	Convierte texto, URLs o archivos en infografías automáticamente.	Profesionales que buscan rapidez
Ideogram AI	Puede usarse creativamente para infografías visuales.	Diseñadores creativos y visuales

La información inicial (instrucciones, plantillas de documentos y ejemplos) se proporcionó a través de LMS-Sakai. Esta plataforma de software incluye funcionalidades como distribución de documentos, registro de calificaciones, foros de discusión, chat en directo, tareas y evaluaciones en línea. Cada estudiante accedió a la plataforma para descargar y compartir los archivos necesarios. En estos documentos, se definieron los objetivos del seminario, los contenidos a tratar, los

recursos tecnológicos a utilizar, metodología, cronograma, dinámicas de participación y criterios de evaluación.

En primer lugar, se realizó la asignación de casos centrado en un tema específico. Una vez realizada la tarea de búsqueda y recopilación de información, cada estudiante elaboró una presentación con una extensión máxima de 15 diapositivas. Posteriormente, se realizaron sesiones presenciales donde se simulaba reuniones de coordinación, en las que expertos exponen un tema a una pequeña audiencia, promoviendo la comunicación efectiva y el intercambio de ideas. Las presentaciones se organizaron en sesiones temáticas, en las que se expusieron los trabajos de manera oral en pequeños grupos, apoyándose en recursos tecnológicos como diapositivas y vídeos. Mientras un estudiante exponía, el resto tomaba notas y planteaba preguntas breves, mientras el profesor guiaba el intercambio de opiniones. Transcurrido el tiempo asignado, se producía la rotación, cambiando el grupo de estudiantes y orador. De este modo, todos tenían la oportunidad de compartir su presentación, avivar la interacción y aprender de los demás. Durante estas conversaciones, el alumnado manifestó, de manera general, que los casos fomentaron el desarrollo de habilidades prácticas, el pensamiento crítico al justificar sus propuestas, la toma de decisiones, evaluando diferentes alternativas y el aprendizaje profundo a través de la experiencia.

#### 4. Sesión final. Enfoque tradicional

En la última sesión, se simuló una reunión final de coordinación y sinopsis, actuando como encuentro donde los participantes recopilan las principales ideas y resultados sobre cada temática específica. Los objetivos de la actividad fueron:

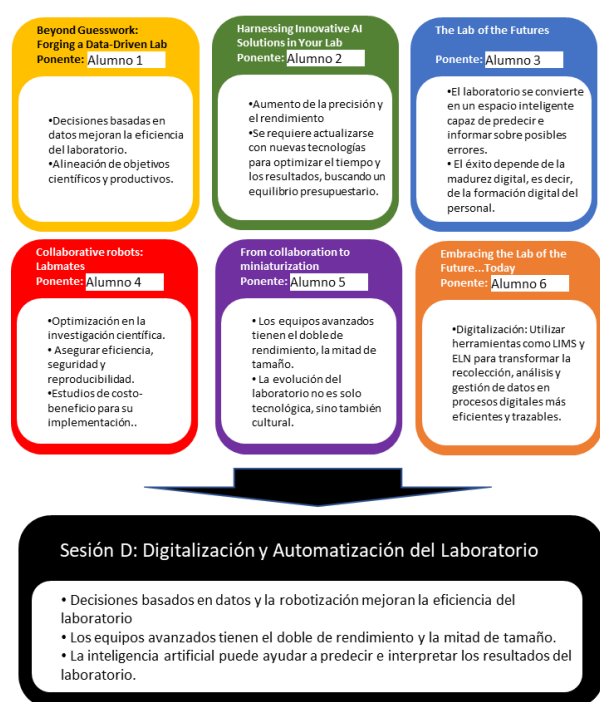
- Consolidar los conocimientos adquiridos.
- Destacar las ideas clave discutidas.
- Facilitar la comprensión global del tema tratado.
- Reflexionar sobre los temas abordados
- Identificar posibles dudas.
- Reforzar la retención de la información y el aprendizaje.

La metodología fue una actividad colaborativa realizada en pequeños grupos compuestos por el alumnado con los casos de la misma temática. Fue importante generar un ambiente propicio para el intercambio de ideas, ya que este tipo de entorno favorece la participación activa, la confianza entre los asistentes y el enriquecimiento colectivo del aprendizaje. Con este propósito, se resaltó que la sesión tenía un carácter integrador y de síntesis, orientado a extraer conclusiones comunes y reflexionar sobre los aprendizajes adquiridos, priorizando la construcción conjunta frente a la crítica. Cuando los participantes se sintieron escuchados y valorados, estuvieron más dispuestos a compartir experiencias,

La estrategia del alumnado fue resumir las conclusiones de todas las presentaciones de forma estructurada y clara. Para ello, el grupo revisó el contenido de cada exposición, identificando los puntos clave, coincidencias y diferencias entre ellas. A partir de esta comparación, seleccionaron las ideas más relevantes y organizaron la información en un esquema coherente que reflejara la visión global del tema. Posteriormente, el grupo redactó un texto sintético que integraba las conclusiones comunes, destacando los aspectos más significativos. Finalmente, el grupo revisó el resumen para asegurar la claridad, coherencia y representatividad de todas las aportaciones. La **Figura 2** muestra un ejemplo de resumen obtenido.

A partir de ello, generaron un borrador de resumen estructurado que sintetizaba la información de manera coherente y concisa. Finalmente, los estudiantes revisaron y ajustaron el resultado para garantizar la precisión conceptual y la adecuación al objetivo académico. La actividad puso de manifiesto que se requerían varias interacciones con los programas hasta obtener la salida adecuada.

La **Figura 3** muestra ejemplos de resumen obtenido. Cada sistema de IA utilizado y cada pregunta formulada generaron respuestas distintas, lo que dio lugar a una amplia variedad de formatos, estilos de redacción y niveles de profundidad en los resúmenes. Esta diversidad se debió a que cada modelo procesa la información según sus algoritmos, entrenamiento y contexto de entrada. Como resultado, los productos generados reflejaron enfoques únicos que enriquecieron el análisis. La pluralidad de las distintas opciones de síntesis automatizada incentivó un debate entre los participantes sobre la calidad de la salida de la IA. Esto generó, de forma espontánea, un espíritu crítico al comparar enfoques, valorar resultados y reflexionar sobre su aplicabilidad.



## 5. Sesión final. Enfoque basado en IA

La información de entrada utilizada en estas aplicaciones variaba según el grupo. En algunos casos,



**Fig. 3.** Ejemplo de resúmenes elaborados por el alumnado utilizando herramientas IA: selección de la información de entrada (texto, objetivo, estructura, etc.), generación de la versión inicial con IA e interacciones sucesivas de mejora y verificación.



## 6. Comparación e impacto en el alumnado

El tiempo necesario para realizar el resumen varió significativamente según el método empleado. En el enfoque tradicional, el proceso requirió una revisión manual y discusión grupal prolongada, ya que implicaba analizar individualmente cada presentación, identificar ideas comunes y consensuar una redacción final. Al utilizar herramientas de IA, el tiempo de síntesis se redujo drásticamente, permitiendo generar versiones preliminares en cuestión de minutos. No obstante, fue necesario invertir un tiempo adicional en revisar, ajustar y validar los resultados, garantizando la coherencia, la precisión conceptual y la fidelidad al contenido original.

Ambas aproximaciones generaron resúmenes y esquemas detallados y estructurados que capturaban la esencia de las diversas perspectivas presentadas durante el seminario.

Los resúmenes tradicionales fueron más extensos y exhaustivos, pero también reflejaron una mayor subjetividad y, en ocasiones, incluyeron información redundante o poco relevante. En cambio, los resúmenes generados con IA tendieron a ser más breves y selectivos, aunque también omitieron detalles menores pero relevantes y reportaron frases de limitada precisión conceptual.

Las infografías generadas presentaron un alto atractivo visual gracias al diseño con un uso equilibrado de colores y la disposición armónica de los elementos gráficos. También, exhibieron una mayor jerarquía de la información y una disposición gráfica impactante que representó claramente los conceptos relacionados entre sí. Mientras que el método tradicional favoreció la síntesis propia, la IA aportó rapidez y coherencia estructural en la presentación de la información.

Por lo tanto, las plataformas basadas en IA ayudaron a identificar los puntos clave de discusión, resumir los debates y generar conclusiones bien estructuradas que sintetizan los hallazgos principales, manteniendo la coherencia y abordando todos los argumentos. Estas tecnologías no solo agilizaron el proceso de síntesis, sino que también permitieron a los participantes centrarse en el pensamiento crítico y la reflexión de orden superior, lo que aumentó la precisión, la claridad y el impacto de las conclusiones del seminario.

La integración de la IA en los seminarios tuvo un impacto positivo en el alumnado, mejorando la eficiencia de su esfuerzo, aumentando la motivación y curiosidad por explorar nuevas herramientas digitales, y fomentando tanto la autonomía como el aprendizaje colaborativo. Además, permitió a los estudiantes reflexionar sobre el papel de la tecnología en los procesos cognitivos y comparar críticamente los resultados obtenidos frente a los métodos tradicionales (Tabla 2).

**Tabla 2.** Principales ventajas y limitaciones del uso de IA para hacer resúmenes identificadas por el alumnado.

♣ Pros	♣ Contras
* Uso de la tecnología actual en el ámbito profesional.	* Necesidad de supervisión para evitar omitir detalles importantes del contenido.
* Ahorra tiempo en la elaboración estructurada de resúmenes.	* Riesgo de información incompleta o sesgada.
* Facilita la comprensión rápida de temas complejos.	* Reduce la práctica de la redacción de respuestas.
* Permite comparar diferentes estilos.	
* Fomenta centrarse en la reflexión.	

Según los datos obtenidos en la encuesta final, la propuesta fue aceptada satisfactoriamente por la mayoría del grupo (94 %), destacando su utilidad práctica, la visión conjunta de las conclusiones y su potencial innovador en el ámbito profesional.

## 7. Recomendaciones para implementar la propuesta

En el aula, es importante abrir espacios para la profundización y la reflexión crítica. El profesorado universitario suele incorporar el seminario académico porque constituye una estrategia didáctica eficaz en posgrado y en los últimos cursos de grado. Se valora la capacidad de integrar análisis profundo de un tema específico y fomentar la participación activa, el trabajo colaborativo y el aprendizaje entre pares. Con el fin de obtener el máximo rendimiento, una etapa final de sinopsis permite sistematizar los contenidos tratados a lo largo del seminario, resaltar los aprendizajes más significativos y sintetizar las ideas esenciales compartidas por los participantes. Dependiendo del formato del seminario, esta fase puede realizarse en grupos pequeños o en plenaria. El reto pedagógico es desarrollar la actividad alcanzando los objetivos de aprendizaje con el menor esfuerzo. Este estudio ha puesto de manifiesto que los aspectos clave para evaluar la eficiencia en la síntesis de los temas abordados son:

- ✓ La relevancia de los contenidos incluidos en el resumen debe ser clara y coherente con la temática abordada, ya que un material incompleto conlleva a un aprendizaje fallido.
- ✓ La calidad del resumen depende en gran medida de la precisión y fiabilidad de los contenidos recopilados, ya que un material poco riguroso conduce inevitablemente a conclusiones superficiales o erróneas.
- ✓ El valor estético de las infografías es innegable porque su efectividad comunicativa mejora significativamente.
- ✓ El tiempo dedicado influye en la dinámica del seminario y la carga de trabajo para el alumnado.

La **Figura 4** muestra la lista de acciones recomendadas para implementar herramientas de IA en un seminario. Es fundamental definir objetivos claros que orienten su uso, supervisar la selección de la dinámica y las herramientas más adecuadas según el contenido, y capacitar a los participantes para que interactúen eficazmente con ellas. Además, se recomienda controlar los momentos concretos cuando se integra la IA, especialmente invitar a los participantes a comparar las respuestas, identificar sesgos y reflexionar sobre su utilidad y limitaciones. Finalmente, es transcendental establecer cómo se valorará la actividad, asegurar que el uso de IA se alinee con principios éticos educativos y evaluar la experiencia de los participantes para mejorar futuras implementaciones.

Si se opta por tecnologías de procesamiento de lenguaje natural o resúmenes automáticos, es crucial el modo de interacción con el programa. El *prompt* debe incluir información clara y específica sobre el objetivo (por ejemplo, “elabora un resumen comparativo de estas presentaciones”), el formato deseado (esquema, texto narrativo, tabla), el nivel de detalle esperado y, si es necesario, los criterios de análisis (temas comunes, diferencias, conclusiones principales).

RECOMENDACIONES PARA IMPLEMENTAR IA EN UN SEMINARIO	
	DEFINIR OBJETIVOS CLAROS
	SELECCIONAR HERRAMIENTAS ADECUADAS
	CAPACITAR A LOS PARTICIPANTES
	DISEÑAR ACTIVIDADES ESPECÍFICAS
	FOMENTAR EL PENSAMIENTO CRÍTICO
	ESTABLECER CRITERIOS DE EVALUACIÓN
	GARANTIZAR LA ÉTICA Y PRIVACIDAD
	RECOGER RETROALIMENTACIÓN

**Fig. 4.** Infografía con recomendaciones clave para integrar IA en seminarios, generada mediante Copilot.

El modo tradicional es recomendable cuando se busca profundizar en la comprensión individual, desarrollar pensamiento crítico y fomentar la discusión grupal. Es especialmente útil en grupos pequeños o con temas complejos que requieren interpretación humana para refinar las ideas. En cambio, el uso de IA es más adecuado cuando se dispone de gran cantidad de información, se necesita ahorrar tiempo o se busca obtener una primera síntesis estructurada, que luego puede revisarse y mejorar con criterio académico. También, es una estrategia ideal cuando se busque aumentar la motivación o la interacción con la tecnología. Una aproximación intermedia es combinar ambos enfoques porque la unión del procesamiento automático de la IA y la revisión humana permite obtener resúmenes más equilibrados.

## Referencias

- [1] A.M. Price, C.J. Kim, E.W. Burkholder, A.V. Fritz, C.E. Wieman, A detailed characterization of the expert problem-solving process in science and engineering: Guidance for teaching and assessment. *CBE Life Sci. Educ.*, 20 (2021) ar43. <https://doi.org/10.1187/cbe.21-03-0062>
- [2] L.A. Tortajada-Genaro, Mini-cases of professional-inspired activities in e-learning platforms: An experience for the formative assessment. *REMIE: J. Multidiscip. Educ. Res.*, 12 (2022) 38–59. <https://doi.org/10.4471/remie.6070>
- [3] S. Škėrienė, P. Jucevičienė, Problem solving through values: A challenge for thinking and capability development. *Think. Skills Creat.*, 37 (2020) 100694. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100694>
- [4] D. Hamstra, J.N. Kemsley, D.H. Murray, D.W. Randall, Integrating webinar and blogging technologies into chemistry seminar. *J. Chem. Educ.*, 88 (2011) 1085–1089. <https://doi.org/10.1021/ed1007734>
- [5] B.J.M. Ng, J.Y. Han, J. Y., Kim, K.A. Togo, J.Y. Chew, Y. Lam, F.M. Fung, Supporting social and learning presence in the revised community of inquiry framework for hybrid learning. *J. Chem. Educ.*, 99 (2021) 708–714. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00842>
- [6] M.A. Mekheimer, Effective technology integration in higher education: a mixed-methods study of professional development. *Educ. Inf. Technol.* (2025) 1–46. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13175-9>
- [7] A. Spruijt, J. Leppink, I. Wolfhagen, A. Scherpbier, P. Van Beukelen, D. Jaarsma, Investigating teaching performance in seminars; a questionnaire study with a multi-level approach. *BMC Med. Educ.*, 14 (2014) 203. <https://doi.org/10.1186/1472-6920-14-203>
- [8] K. Vo, M. Sarkar, P.J. White, E. Yuriev, Metacognitive problem solving: exploration of students' perspectives through the lens of multi-dimensional engagement. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 26 (2025) 141–157. <https://doi.org/10.1039/D4RP00155B>
- [9] Richards-Babb, M., Gordon, C., Mersing, D., Perrone, T., & Ratcliff, B. (2025). Promotion of Student Success and Positive Chemistry Course Perception through Frequent Metacognitive Reporting. *J. Chem. Educ.*,

- 102(1), 102-111.  
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00486>
- [10] N. Alqahtani, Z. Wafula, Artificial intelligence integration: Pedagogical strategies and policies at leading universities. *Innov. High. Educ.*, 50 (2025) 665-684. <https://doi.org/10.1007/s10755-024-09749-x>
- [11] K.V. Nguyen, The use of generative AI tools in higher education: Ethical and pedagogical principles. *J. Acad. Ethics*, (2025) 1-21. <https://doi.org/10.1007/s10805-025-09559-2>
- [12] T. Humphry, A.L. Fuller, Potential ChatGPT use in undergraduate chemistry laboratories. *J. Chem. Educ.*, 100 (2023) 1434-1436. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00085>
- [13] J.K. West, J.L. Franz, S.M. Hein, H.R. Leverentz-Culp, J.F. Mauser, E.F. Ruff, J.M. Zemke, An analysis of AI-generated laboratory reports across the chemistry curriculum and student perceptions of ChatGPT. *J. Chem. Educ.*, 100 (2023) 4351-4359. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00581>
- [14] W. Holmes, F. Miao, Guidance for generative AI in education and research. *Unesco Publishing*. 2023
- [15] S. Wang, F. Wang, Z. Zhu, J. Wang, T. Tran, Z. Du, Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Syst. Appl.*, 252 (2024) 124167. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>
- [16] S. Sorooshian, Artificial Intelligence Think Tank (AITT): a Modern Problem-Solving Framework. *Front. Artif. Intell.*, 8 (2025) 1603562. <https://doi.org/10.3389/frai.2025.1603562>