

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y CONTROVERSIAS SOCIOCIENTÍFICAS EN LA
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR.
ACERCAMIENTOS Y PROYECCIONES A PARTIR DE UNA REVISIÓN
BIBLIOGRÁFICA**

JAIME OYARZO-ESPINOSA

Departamento de Ciencias de la Computación, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Alcalá, España
jaime.oyarzo@uah.es | <https://orcid.org/0009-0002-3025-2092>

CAROL JOGLAR-CAMPOS

Departamento de Biología, Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile, Chile
carol.joglar@usach.cl | <https://orcid.org/0000-0002-3102-7295>

MARIO ROBERTO QUINTANILLA-GATICA

Departamento de Didáctica, Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile
mquintag@uc.cl | <https://orcid.org/0000-0002-4411-7919>

RODRIGO ANTONIO SEPÚLVEDA-GONZÁLEZ

Departamento de Química de los Materiales, Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile,
Chile
rodrigo.sepulveda.go@usach.cl | <https://orcid.org/0000-0003-4757-3546>

MACARENA BELÉN SOTO-ALVARADO

Departamento de Didáctica, Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile
macarena.soto@uc.cl | <https://orcid.org/0000-0001-8641-4017>

RESUMEN

Esta revisión bibliográfica explora la implementación de Inteligencia Artificial (IA) y el Procesamiento del Lenguaje Natural (Natural Language Processing - NLP) en el análisis del feedback estudiantil en universidades. La metodología incluye la identificación del tema, búsqueda sistemática de fuentes, evaluación de la relevancia y calidad de los estudios, y síntesis de los hallazgos. Se discuten las ventajas y desafíos de utilizar IA y NLP para analizar el feedback estudiantil, así como su impacto en la mejora de la calidad educativa. El estudio de casos de esta revisión bibliográfica proporciona información valiosa para la integración de las controversias sociocientíficas (CSC) en la enseñanza de las ciencias.

PALABRAS CLAVE

educación superior; controversias sociocientíficas; inteligencia artificial; procesamiento del lenguaje natural; feedback estudiantil.



SISYPHUS

JOURNAL OF EDUCATION

VOLUME 13, ISSUE 01,

2025, PP 8-34

DOI: <https://doi.org/10.25749/sis.36570>

CC BY-NC 4.0

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS NO
ENSINO DE CIÊNCIAS NO ENSINO SUPERIOR. ABORDAGENS E
PROJEÇÕES BASEADAS NUMA REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA**

JAIME OYARZO-ESPINOSA

Departamento de Ciencias de la Computación, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Alcalá, Espanha
jaime.oyarzo@uah.es | <https://orcid.org/0009-0002-3025-2092>

CAROL JOGLAR-CAMPOS

Departamento de Biología, Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile, Chile
carol.joglar@usach.cl | <https://orcid.org/0000-0002-3102-7295>

MARIO ROBERTO QUINTANILLA-GATICA

Departamento de Didáctica, Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile
mquintag@uc.cl | <https://orcid.org/0000-0002-4411-7919>

RODRIGO ANTONIO SEPÚLVEDA-GONZÁLEZ

Departamento de Química de los Materiales, Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile,
Chile
rodrigo.sepulveda.go@usach.cl | <https://orcid.org/0000-0003-4757-3546>

MACARENA BELÉN SOTO-ALVARADO

Departamento de Didáctica, Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile
macarena.soto@uc.cl | <https://orcid.org/0000-0001-8641-4017>

RESUMO

Esta revisão da literatura explora a implementação da Inteligência Artificial (IA) e do Processamento de Linguagem Natural (PLN) na análise do *feedback* dos estudantes nas universidades. A metodologia inclui a identificação do tema, a pesquisa sistemática de fontes, a avaliação da relevância e da qualidade dos estudos e a síntese das conclusões. São discutidas as vantagens e os desafios da utilização da IA e do PNL para analisar o *feedback* dos estudantes, bem como o seu impacto na melhoria da qualidade do ensino. Os estudos de caso desta revisão da literatura fornecem informações valiosas para a integração das controvérsias sociocientíficas (CSC) no ensino das ciências.

PALAVRAS-CHAVE

ensino superior; controvérsias sociocientíficas; inteligência artificial; processamento de linguagem natural;
feedback dos alunos.



SISYPHUS

JOURNAL OF EDUCATION

VOLUME 13, ISSUE 01,

2025, PP 8-34

DOI: <https://doi.org/10.25749/sis.36570>

CC BY-NC 4.0

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND SOCIO-SCIENTIFIC CONTROVERSIES IN
SCIENCE TEACHING IN HIGHER EDUCATION. APPROACHES AND
PROJECTIONS BASED ON A BIBLIOGRAPHIC REVIEW**

JAIME OYARZO-ESPINOSA

Departamento de Ciencias de la Computación, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Alcalá, Spain
jaime.oyarzo@uah.es | <https://orcid.org/0009-0002-3025-2092>

CAROL JOGLAR-CAMPOS

Departamento de Biología, Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile, Chile
carol.joglar@usach.cl | <https://orcid.org/0000-0002-3102-7295>

MARIO ROBERTO QUINTANILLA-GATICA

Departamento de Didáctica, Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile
mquintag@uc.cl | <https://orcid.org/0000-0002-4411-7919>

RODRIGO ANTONIO SEPÚLVEDA-GONZÁLEZ

Departamento de Química de los Materiales, Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile,
Chile
rodrigo.sepulveda.go@usach.cl | <https://orcid.org/0000-0003-4757-3546>

MACARENA BELÉN SOTO-ALVARADO

Departamento de Didáctica, Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile
macarena.soto@uc.cl | <https://orcid.org/0000-0001-8641-4017>

ABSTRACT

This literature review explores the implementation of Artificial Intelligence (AI) and Natural Language Processing (NLP) in the analysis of student feedback in universities. The methodology includes identification of the topic, systematic search of sources, assessment of the relevance and quality of the studies, and synthesis of the findings. The advantages and challenges of using AI and NLP to analyse student feedback, as well as their impact on improving educational quality, are discussed. The case studies of this literature review provide valuable information for the integration of socio-scientific controversies (SSC) in science education.

KEY WORDS

higher education; socio-scientific controversies; artificial intelligence; natural language processing; student feedback.



SISYPHUS

JOURNAL OF EDUCATION

VOLUME 13, ISSUE 01,

2025, PP 8-34

DOI: <https://doi.org/10.25749/sis.36570>

CC BY-NC 4.0

Inteligencia Artificial y Controversias Sociocientíficas en la Enseñanza de las Ciencias de la Educación Superior. Acercamientos y Proyecciones a partir de una Revisión Bibliográfica

Jaime Oyarzo-Espinosa¹, Carol Joglar-Campos, Mario Roberto Quintanilla-Gatica, Rodrigo Antonio Sepúlveda-González, Macarena Belén Soto-Alvarado.

INTRODUCCIÓN

La globalización y la emergencia de temas planetarios como la pandemia del Covid-19 y el calentamiento global, demandan, como nunca, la construcción de una visión informada sobre aspectos socio científicos relevantes para la ciudadanía. En este contexto emergen las cuestiones o controversias sociocientíficas (CSC) (Socio-scientific Issues - SSI), como aquellos dilemas que surgen debido a la compleja relación que existe entre la ciencia y la sociedad (Díaz Moreno & Jiménez-Liso, 2012). Este tipo de controversias permiten al profesorado y alumnado de ciencias analizar críticamente intrincadas cuestiones científicas y/o tecnológicas asociadas a dilemas éticos, políticos, económicos, culturales o sociales. Así, el estudiantado puede reconocer en las CSC escenarios del mundo real relacionados con cuestiones contemporáneas, que aportan un sentido de autenticidad y relevancia al aula de ciencias.

Sin embargo, el reto de las Controversias Sociocientíficas (CSC) se centra en cómo seguimos entendiendo la enseñanza de las ciencias en la educación superior. Cuando se abordan temas científicos en debate público, como el cambio climático o manipulación genética, esto requiere que el estudiantado desarrolle una comprensión profunda no solo del conocimiento científico, sino también de la Naturaleza de la Ciencias (NOS), es decir, cómo se genera y valida el conocimiento científico. La NOS considera el conocimiento científico como un proceso dinámico, basado en evidencias y susceptible a cambios antes de nuevas pruebas. Integrar esta visión en la enseñanza permite al estudiantado una comprensión amplia acerca de las CSC, y fomenta su capacidad de participar en discusiones informadas. A su vez, fortalece la alfabetización científica (AC), que implica no solamente comprender conceptos científicos, sino también ser competente para aplicar este conocimiento en contextos sociales, éticos y políticos. En ese sentido la AC depende de una sólida comprensión y apreciación de la NOS, así como de la adquisición de razonamientos, habilidades y valores sociocientíficos (Karisan & Zeidler, 2017). Por lo tanto, conectar la NOS con las CSC promueve en el estudiantado el aprender a evaluar críticamente la información y distinguir las diferentes formas de conocimiento, contribuyendo a su desarrollo como ciudadanos responsables y autónomos.

Es evidente, además, que la IA ha transformado la forma en que vivimos y trabajamos, y la educación no es la excepción (Adair, 2023). Y es en este contexto que la educación superior enfrenta desafíos sin precedentes en la era digital. La inteligencia artificial (IA) y el procesamiento del lenguaje natural (Natural Language Processing - NLP), pueden constituir

¹ Universidad de Alcalá, Pza. San Diego, s/n. 28801 - Alcalá de Henares (Madrid), España.



un gran aporte para el profesorado y estudiantes, ya que ofrecen oportunidades para transformar la experiencia educativa y mejorar los resultados del aprendizaje.

La educación científica en todos los niveles educativos, específicamente en la educación superior, y el avance en la investigación en didáctica de las ciencias sobre la comprensión de la naturaleza de la ciencia (NOS), han proporcionado hallazgos sustantivos que desafían las perspectivas tradicionales, promoviendo nuevas miradas sobre la ciencia como una actividad profundamente humana, impregnada de valores en disputa, emociones, lenguajes y culturas educativas situadas en un mundo en compleja transformación (Quintanilla-Gatica & Adúriz-Bravo, 2024). Esto ha permitido establecer nuevas relaciones entre la alfabetización científica y la alfabetización informacional.

Klucevsek (2017) explicita en su estudio que las cuestiones sociocientíficas urgentes, como el cambio climático, generan brechas de consenso entre los científicos y la sociedad sobre un mismo tema. Esto podría explicarse por las diferentes fuentes de información desde las cuales estos grupos generan conocimiento, lo que subraya la relevancia de la alfabetización informacional científica en la educación superior.

Debemos analizar críticamente la Integración de la inteligencia artificial en la educación superior. Aunque es evidente que la inteligencia artificial (IA) tiene un gran impacto en la enseñanza y el aprendizaje en la educación superior, su aplicación no alcanza aún un efecto generalizado. Una de las razones por este limitado impacto en algunos sectores de la educación superior es que, a menudo, la implementación de nuevas tecnologías se realiza de manera puntual y como un elemento coadyuvante en la formación superior (Lerma García et al., 2020). Este enfoque tiende a ser “tecnicista”, frecuentemente asociado a bases utilitaristas e instrumentalistas, enfocadas en una formación profesional orientada al crecimiento económico y la productividad global, sin considerar nuevas alternativas y visiones pluralistas que promuevan la justicia social de manera general (Guerrero & Sjöström, 2024).

La integración pedagógica y técnica necesaria en la educación superior queda rezagada, lo que provoca que este sector generalmente se quede atrás en lo que respecta a la adopción de nuevas tecnologías. Esta pasividad para asumir riesgos o adoptar innovaciones, junto con la falta de financiación para iniciativas que se alejan de los métodos tradicionales de enseñanza, opera en contra de la incorporación de nuevas tecnologías en la educación, el aprendizaje y el desarrollo (Wheeler, 2019).

Además, debemos tomar en consideración que muchas de las denominadas aplicaciones de IA para la enseñanza y el aprendizaje en la educación superior se centran en la presentación de contenidos y en la realización de pruebas de comprensión y entendimiento. Algunos autores (Zawacki-Richter et al., 2019) discuten la casi ausencia de reflexión crítica sobre los retos y riesgos de la IA en educación, la débil conexión con las perspectivas pedagógicas teóricas y la necesidad de seguir explorando los enfoques éticos y educativos en la aplicación de la Inteligencia Artificial en la Educación (Artificial Intelligence in Education - AIEd). Señalan que la mayoría de los trabajos de investigación y desarrollos de IA para la enseñanza y el aprendizaje son obra de informáticos, no de educadores. No es extraño que estos desarrollos tienden a utilizar y reproducir modelos de aprendizaje basados en el funcionamiento de ordenadores o de redes informáticas, reproduciendo un modelo de aprendizaje muy conductista, lo que tiene un particular y complejo impacto en la enseñanza, la evaluación y el aprendizaje de las ciencias y que se ha venido discutiendo de manera persistente desde hace ya más de 2 décadas (Sanchez et al., 2021; Sanmartí, 2007; Sanmartí & García, 1999).

El peligro reside en considerar los datos y la codificación como una fuente absoluta y no relativa de orientación y apoyo. La educación es demasiado compleja para reducirla únicamente a análisis de datos y algoritmos. Como ocurre con las tecnologías digitales

en general, los datos digitales no ofrecen una solución técnica clara a los dilemas educativos, por muy convincente que sea el resultado (Selwyn, 2016).

Con un prisma similar, Lynch (2017) sostiene que:

Si la IA va a beneficiar a la educación, requerirá fortalecer la conexión entre los desarrolladores de IA y los expertos en ciencias del aprendizaje. De lo contrario, la IA simplemente 'descubrirá' nuevas formas de enseñar mal y perpetuará ideas erróneas sobre la enseñanza y el aprendizaje. La comprensión y el entendimiento son, en efecto, habilidades fundamentales importantes, pero hasta ahora la IA no está ayudando al desarrollo de habilidades de orden superior en los alumnos, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y la gestión del conocimiento. (Lynch, 2017) (traducción de los autores)

Analizar y comprender las perspectivas de los estudiantes, durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, se convierte en un factor de referencia fundamental para la adaptación de los métodos pedagógicos, contenidos y servicios de apoyo para brindar una educación más efectiva, eficaz y satisfactoria. La justificación de este enfoque radica en la necesidad de mantener la relevancia y la calidad de la educación superior en un entorno en constante evolución.

CONTROVERSIAS SOCIOCIENTÍFICAS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

El nuevo enfoque de controversias o perspectivas sociocientíficas en la educación ha comenzado a valorarse en los procesos formativos (Díaz Moreno & Jiménez-Liso, 2012); y está presente en estudios que exploran los cambios en la comprensión de la naturaleza de la ciencia por parte de los profesores de ciencias en formación y sus opiniones sobre la naturaleza de la ciencia, la enseñanza de la ciencia y la argumentación, tras su participación en procesos explícitos de naturaleza de la ciencia y argumentación sociocientíficas (Kutluca & Aydin, 2017); y como se está adoptando la enseñanza basada en cuestiones sociocientíficas (CSC), para promover la alfabetización científica (Pitpiorntapın & Topçu, 2016); ocupan un lugar relevante en la investigación en didáctica de las ciencias, en la formación del profesorado (Albe et al., 2014; Dos Santos & Mortimer, 2016; Genel & Topçu, 2016; Tidemand & Nielsen, 2016) y en la divulgación y la alfabetización científica (González-Gaudio et al., 2020). Sin embargo, aún persisten desafíos en el uso de las CSC en la educación superior y formación profesional.

Es necesario superar las nociones tradicionales de la Naturaleza de la Ciencia (NOS), en las que el conocimiento científico se presenta como “superior” a otros tipos de conocimientos. Formar profesionales implica adoptar una mirada de humildad, reconociendo que el conocimiento es un producto humano, y que las relaciones entre las personas y la naturaleza conforman ecosistemas interdependientes. Esta educación debe personalizar la formación profesional, para que los estudiantes puedan sentirse como sujetos autónomos y ejercer responsablemente su ciudadanía.

Las herramientas de IA pueden desempeñar un papel clave en el desarrollo del pensamiento crítico y la alfabetización científica. Además de ayudar a identificar



rápidamente las ideas clave y los malentendidos en las respuestas de los estudiantes, permite que el profesorado intervenga de manera oportuna con aclaraciones o preguntas adicionales que fomenten la reflexión y el debate. Los análisis automáticos de discusiones en clases pueden apoyar el aprendizaje de nociones de NOS y elementos de la argumentación en los debates de CSC en las cuales también es importante reflexionar sobre cuestiones éticas, políticas y sociales. El debate y el enfoque colaborativo aporta perspectiva y enriquece el enfoque de la CSC.

DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA A LAS CONTROVERSIAS SOCIOCIENTÍFICAS

Una revisión bibliográfica sobre el análisis de los comentarios de los estudiantes mediante el uso de inteligencia artificial (IA) y procesamiento del lenguaje natural (PLN) en las universidades proporciona información valiosa para la integración de las controversias sociocientíficas (CSC) en la enseñanza de las ciencias, que pueden aportar los siguientes beneficios:

1. *Mayor precisión de la retroalimentación/feedback*: La IA y el PLN mejoran la precisión del análisis de los comentarios de los estudiantes. Esto permite a los instructores identificar matices de las perspectivas de los estudiantes sobre cuestiones sociocientíficas, promoviendo así estrategias de enseñanza más específicas.
2. *Itinerarios de aprendizaje personalizados*: Las herramientas de IA permiten personalizar las experiencias de aprendizaje. Esto puede ser un importante incentivo a los instructores, en la promoción de un compromiso más profundo con las CSC al adaptar el contenido al desarrollo cognitivo y ético individual de los estudiantes.
3. *Pensamiento crítico y razonamiento ético*: Los comentarios/feedback de los estudiantes analizados con IA destacan un mayor desarrollo del pensamiento crítico y el razonamiento ético, que constituyen valores esenciales para las CSC en la enseñanza de las ciencias.
4. *Adaptación en tiempo real*: Las tecnologías de PNL ofrecen un análisis en tiempo real de los comentarios, lo que permite realizar ajustes oportunos en los métodos de enseñanza asociados a las preocupaciones emergentes de los estudiantes en torno a las CSC.
5. *Detección de prejuicios y conciencia ética*: La IA y la PNL pueden identificar sesgos en los comentarios de los estudiantes, promoviendo debates sobre cuestiones éticas en la IA, lo que es directamente aplicable al abordar las CSC de manera responsable y equilibrada.

MARCO DE REFERENCIA

Este artículo toma en consideración cuatro definiciones clave: Inteligencia Artificial en la educación, Procesamiento del Lenguaje Natural, Ética y Responsabilidad en uso y gestión de datos privados y Controversias Sociocientíficas.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA) EN LA EDUCACIÓN

La IA puede alcanzar un rol crucial en la transformación educativa. Su implementación puede brindar múltiples beneficios y desafíos en la transformación educativa (Microsoft Copilot, 2024). Algunos de sus puntos clave corresponden a:

- **Tutoría y aprendizaje personalizado**
 - Los sistemas de tutoría basados en IA ofrecen una enseñanza personalizada adaptada a las necesidades de cada alumno.
 - Las plataformas de aprendizaje adaptativo ajustan el contenido y el ritmo en función del rendimiento y los estilos de aprendizaje del alumno.
 - *Ventajas:* Mayor compromiso de los estudiantes, mejores resultados de aprendizaje y apoyo personalizado.
 - *Desafíos:* Garantizar la precisión de las recomendaciones de la IA y mantener la privacidad de los estudiantes.
- **Análisis de datos y comentarios de los alumnos**
 - Las herramientas de IA analizan grandes conjuntos de datos para identificar tendencias y patrones en el rendimiento de los estudiantes.
 - Los mecanismos de retroalimentación en tiempo real ayudan a los estudiantes a comprender su progreso y las áreas de mejora.
 - *Ventajas:* Perspectivas basadas en datos para los educadores, intervenciones oportunas y mejor retención de los estudiantes.
 - *Desafíos:* Seguridad de los datos, consideraciones éticas y necesidad de marcos sólidos de gobernanza de datos.
- **Aprendizaje adaptativo**
 - Los sistemas de IA crean rutas de aprendizaje dinámicas que se adaptan a las necesidades cambiantes de los estudiantes.
 - Estos sistemas pueden identificar lagunas de conocimiento y proporcionar recursos específicos para abordarlas.
 - *Ventajas:* Experiencias de aprendizaje personalizadas, uso eficiente de los recursos educativos y apoyo a las diversas necesidades de aprendizaje.
 - *Desafíos:* Costes de desarrollo elevados, integración con las tecnologías educativas existentes y garantía de accesibilidad.
- **Automatización de tareas administrativas**
 - La IA automatiza tareas administrativas rutinarias como la calificación, la programación y la inscripción de alumnos.
 - Esto permite a los educadores centrarse más en la enseñanza y la interacción con los alumnos.
 - *Ventajas:* Aumento de la eficiencia, reducción de la carga administrativa y mejora de la precisión de procesos administrativos.
 - *Desafíos:* Resistencia al cambio, desplazamiento potencial de puestos de trabajo y necesidad de actualizaciones continuas del sistema.
- **Apoyo al aprendizaje activo y colaborativo**
 - La IA facilita el aprendizaje colaborativo mediante foros de debate inteligentes y herramientas de gestión de proyectos en grupo.
 - Apoya el aprendizaje activo proporcionando simulaciones interactivas y laboratorios virtuales.



- **Ventajas:** Mayor colaboración de los estudiantes, compromiso más profundo con el material del curso y desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.
- **Desafíos:** Garantizar un acceso equitativo a la tecnología, fomentar interacciones significativas y abordar la brecha digital.

La IA y la PNL son fundamentales para transformar la educación superior mejorando el aprendizaje personalizado, proporcionando información basada en datos y automatizando las tareas administrativas. Aunque los beneficios son sustanciales, para aprovechar plenamente el potencial de la IA en la educación hay que abordar retos como la seguridad de los datos, las consideraciones éticas y la necesidad de una infraestructura sólida.

PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL (NATURAL LANGUAGE PROCESSING - NLP)

El procesamiento del lenguaje natural (PLN) es un subcampo de la informática y la inteligencia artificial (IA) que utiliza el *machine learning* para permitir que los ordenadores entiendan y se comuniquen con el lenguaje humano (IBM, 2024).

El procesamiento del lenguaje natural (PLN) ofrece un conjunto único de herramientas para fomentar el análisis crítico de cuestiones científicas y tecnológicas en la enseñanza de las ciencias en la educación superior. Algunos ejemplos:

- **Identificación de conceptos clave y temas emergentes:** Análisis de grandes cantidades de literatura científica para identificar conceptos y dilemas éticos, políticos, económicos, culturales o sociales asociados. Esto permite a los educadores adaptar el contenido de los cursos para abordar los problemas más acuciantes.
- **Análisis del sentimiento y detección de sesgos:** La PNL puede analizar el sentimiento de los artículos de prensa, los debates en las redes sociales o los documentos políticos en torno a los avances científicos. Esto ayuda a los estudiantes a comprender cómo perciben la tecnología las distintas partes interesadas y los posibles sesgos que podrían influir en el discurso público.
- **Facilitar el debate y la argumentación:** Creación de plataformas interactivas en las que los estudiantes participen en debates basados en pruebas sobre cuestiones sociocientíficas y tecnológicas. Mediante el análisis de argumentos a favor y en contra de una controversia o tecnología específica, los estudiantes pueden desarrollar su capacidad de pensamiento crítico y perfeccionar su capacidad de comunicación de ideas complejas.
- **Aprendizaje y retroalimentación personalizados:** La PNL puede personalizar la experiencia de aprendizaje analizando los escritos de los alumnos y proporcionándoles comentarios específicos sobre la eficacia con la que integran consideraciones éticas, políticas y sociales en sus análisis científicos.
- **Mejora de proyectos colaborativos:** En cuyo proceso PNL puede utilizarse para analizar los proyectos de grupo y elaborar resúmenes, identificar patrones comunes de los informes, desarrollar presentaciones y conclusiones.



ÉTICA Y RESPONSABILIDAD EN USO Y GESTIÓN DE DATOS PRIVADOS

Integrar la tecnología en la enseñanza de las ciencias ofrece potentes oportunidades de aprendizaje, pero las consideraciones éticas relativas a la privacidad y la protección de datos de los estudiantes son primordiales. He aquí siete aspectos clave a considerar para una educación con garantías éticas y de responsabilidad:

- **Transparencia y consentimiento informado:** Comunicar claramente cómo se recogen, utilizan y almacenan los datos de los estudiantes.
- **Minimizar la recogida de datos:** Recoger sólo los datos necesarios para el objetivo de aprendizaje específico. Anonimizar los datos siempre que sea posible para proteger la privacidad de los estudiantes.
- **Seguridad de los datos:** Aplicar medidas sólidas de seguridad de los datos para proteger la información de los estudiantes frente a accesos no autorizados o infracciones.
- **Propiedad y acceso a los datos de los estudiantes:** Proporcionar a los estudiantes el derecho a acceder a sus propios datos y controlarlos, incluida la opción de no participar en la recopilación de datos o de solicitar su eliminación una vez finalizada la actividad de aprendizaje, siguiendo la normativa pertinente.
- **Inclusión y Accesibilidad:** Innovaciones tecnológicas accesibles para todos los estudiantes, independientemente de su origen socioeconómico o habilidades.
- **Responsabilidad:** Claros marcos de responsabilidad para los desarrolladores y usuarios de la tecnología educativa.
- **Promover debates abiertos sobre ciudadanía digital:** Sobre la privacidad de los datos, el comportamiento responsable en línea y los riesgos potenciales asociados con las herramientas de aprendizaje impulsadas por IA en todo el plan de estudios de ciencias, fomentando la agencia de los estudiantes y las habilidades de ciudadanía digital (IABAC, 2023).

CONTROVERSIAS SOCIOCIENTÍFICAS

La creciente interconexión mundial y la aparición de problemáticas de alcance planetario, tales como el cambio climático, la crisis energética, la producción de alimentos transgénicos y el impacto de la inteligencia artificial (IA), exigen con urgencia el desarrollo de una visión fundamentada sobre los aspectos socio-científicos que afectan a la ciudadanía. En este contexto, el impacto de la IA en la educación se destaca como un área clave que requiere un análisis exhaustivo, no solo en términos de su capacidad para transformar los procesos educativos, sino también con especial atención a los aspectos éticos implicados, asegurando que su implementación sea responsable y equitativa en las sociedades contemporáneas. De manera similar, Ratcliffe (Ratcliffe & Grace, 2003) aborda la importancia de incluir temas socio-científicos en la educación científica para preparar a los estudiantes a tomar decisiones informadas sobre problemas controvertidos basados en la ciencia.

El trabajo de diversos investigadores muestra esta preocupación, como es el caso de más de un decenio de trabajo realizado en la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) con relación a la economía del cambio climático (Bárcena et al., 2020).



Resultados de investigaciones internacionales similares dejan en evidencia la emergencia de problemáticas sociales y geo ambientales que tienen su génesis, en gran medida, debido al desarrollo acelerado de la ciencia y la tecnología (Equihua et al., 2016; García-Carmona & Criado, 2013; Garreaud, 2011, Nielsen, 2013), desafiando la enseñanza y aprendizaje con nuevas miradas educativas que favorezcan la toma de decisiones informadas por parte de la ciudadanía (Unesco.org., 2025; Vilouta, 2018). Las mencionadas investigaciones, en distintos ámbitos, coinciden en las últimas décadas en consensos teóricos y metodológicos para transitar hacia una educación científica que permita interpretar el mundo con teoría, para intervenirlo y transformarlo (Solbes & Torres, 2020). Las nuevas propuestas demandan la inclusión de dimensiones sociales, políticas multiculturales, de género y de naturaleza de la ciencia en la promoción del pensamiento crítico y de habilidades cognitivo-lingüísticas (Carrasco et al., 2022; Jiménez Aleixandre & Puig, 2010; Torres, 2014). Este nuevo enfoque de controversias o perspectivas sociocientíficas ha comenzado a valorarse en los procesos formativos superiores para mejorar la explicación y la argumentación científica (Osborne & Patterson, 2011) y a ocupar un lugar relevante en la investigación en didáctica de las ciencias y en la formación del profesorado en la educación superior (Dos Santos & Mortimer, 2016; Genel & Topçu, 2016; Sandoval & Millwood, 2005; Tidemand & Nielsen, 2016).

METODOLOGÍA

La revisión bibliográfica es un componente crucial de la investigación académica. Proporciona una base sólida para nuevos estudios y facilita la síntesis del conocimiento existente. En el contexto de la educación superior, la implementación de la Inteligencia Artificial (IA) y el Procesamiento del Lenguaje Natural (Natural Language Processing - NLP) para analizar el feedback estudiantil ha concentrado una considerable atención en los últimos años. Esta revisión explora avances y aplicaciones de estas tecnologías en el contexto universitario, identificando buenas prácticas y resultados significativos.

'The New Education' (Davidson, 2022) enfoca el impacto de la tecnología y la revolución digital en la educación. El libro explora los retos y oportunidades que presentan las tecnologías digitales y argumenta que los educadores deben adaptar sus estrategias de enseñanza para preparar a los estudiantes para la universidad y el mercado laboral del futuro. El análisis se basa en estudios de casos de prácticas educativas innovadoras y propone un replanteamiento de la profesión docente en la era digital.

Esta revisión bibliográfica sigue un proceso estructurado que incluye cuatro etapas: 1. la identificación del tema; 2. la búsqueda sistemática de fuentes; 3. la evaluación crítica de la literatura y 4. la síntesis de la información. En el caso específico de la IA y el NLP en el análisis del feedback estudiantil, es crucial examinar cómo estas tecnologías están siendo implementadas en diferentes instituciones, sus beneficios potenciales y los desafíos que presentan.

La relevancia de este tema radica en el creciente volumen de datos generados por los estudiantes a través de diversos canales de feedback, como encuestas, foros en línea y sistemas de gestión del aprendizaje. La IA y el NLP ofrecen herramientas poderosas para procesar y analizar estos datos a gran escala, permitiendo a las instituciones obtener valiosas perspectivas sobre la experiencia estudiantil, la calidad de la enseñanza y las áreas de mejora en los programas académicos.

Este artículo constituye un estudio preliminar de casos de universidades que han implementado estas tecnologías, los métodos utilizados para el análisis del feedback, y



los resultados obtenidos. Además, discute las implicaciones éticas y prácticas de utilizar IA y NLP en el contexto educativo, así como las direcciones futuras para la investigación en este campo.

Siguiendo buenas prácticas de universidades avanzadas en este campo, los estudios consultados garantizan explícitamente que los métodos de recopilación y análisis de datos cumplen con los más altos estándares de integridad y relevancia académica.

Los materiales de referencia utilizados en este artículo incluyen la crítica a la educación tradicional (Farnós, 2024) y estudios sobre el uso de la IA en la educación para comprender mejor su impacto en el feedback estudiantil y el rendimiento académico.

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN

El artículo conecta los conceptos de ‘cuestiones sociocientíficas’, ‘inteligencia artificial’ y ‘feedback de los estudiantes’ para explorar cómo estas tres áreas pueden estar integradas eficazmente en la investigación educativa. Se analizó estudios y experiencias relacionados con las propuestas educativas y su enfoque crítico de la educación tradicional, así como estudios sobre la aplicación de la IA y el NLP en el ámbito educativo.

El enfoque sistemático de esta revisión bibliográfica está basado en el marco PRISMA (2020). Se realizó búsquedas en bases de datos académicas como Web of Science, Scopus, ERIC y Google Scholar, así como en repositorios institucionales de universidades en tecnología educativa.

Tabla 1
Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Fechas de publicación: entre 2012 y 2024	Publicación previa a: 2012
Idiomas: inglés o español	No inglés o español
Educación Superior (ES)	Nivel educativo diferente a ES
Uso de IA y NLP en el feedback estudiantil	Otras aplicaciones de IA y NLP
Publicados en revistas revisadas por pares o conferencias académicas	Fuera del ámbito de la educación superior

Nota: elaboración propia.

La selección de los estudios de referencia de esta revisión bibliográfica está basada en la temática que incorporan, y que adquiere especial interés en la integración de CSC en la educación superior. Este conjunto reducido de estudios y propuestas ofrecen un enfoque crítico de la educación tradicional y destaca la necesidad de métodos más adaptativos y centrados en el estudiante, que aportan elementos de importancia para la integración de la CSC en la enseñanza de las ciencias.



ESTUDIOS DE REFERENCIA SELECCIONADOS

Este artículo incluye el análisis de 5 artículos/estudios de referencia.

LINNAEUS UNIVERSITY, SWEDEN: TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE SENTIMIENTOS Y APRENDIZAJE PROFUNDO PARA CATEGORIZAR Y ANALIZAR COMENTARIOS DE ESTUDIANTES

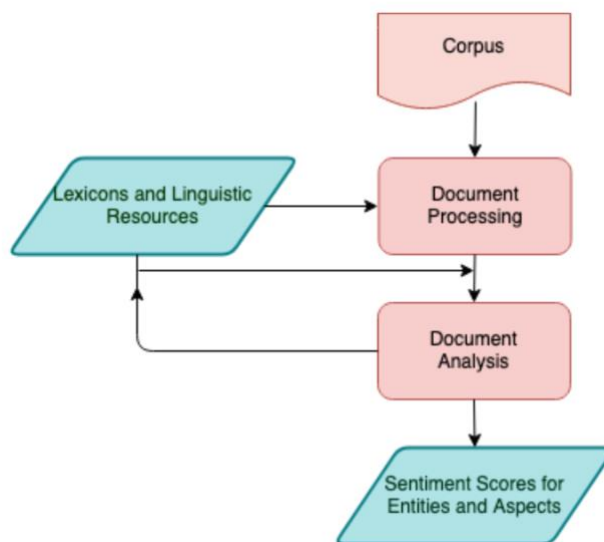
La Linnaeus University de Suecia (<https://lnu.se/>) (Kastrati et al., 2021) utilizó técnicas de análisis de sentimientos y aprendizaje profundo para categorizar y analizar comentarios de estudiantes, identificando patrones y tendencias que informan mejoras en la enseñanza.

En la última década, el análisis de sentimientos se ha aplicado ampliamente en muchos ámbitos, como los negocios, las redes sociales y la educación. En el ámbito de la educación, tratar y procesar las opiniones de los estudiantes es una tarea compleja debido a la naturaleza del lenguaje utilizado por los estudiantes y al gran volumen de información. La aplicación del análisis de sentimientos está creciendo, pero sigue siendo un reto.

Como muestra la Figura 1, la arquitectura general de un sistema genérico de análisis de sentimientos incluye tres pasos:

1. El primer paso (Corpus) representa la entrada de un corpus de documentos en el sistema en varios formatos.
2. En este segundo paso (Document Processing), los documentos introducidos son convertidos en texto y se preprocesan utilizando distintas herramientas lingüísticas, como la tokenización, el stemming, el etiquetado PoS (Part of Speech) y la extracción de entidades y relaciones. El sistema también puede utilizar un conjunto de léxicos y recursos lingüísticos.
3. El paso 3 (Document Analysis), el componente central de la arquitectura del sistema es el módulo de análisis de documentos, que también utiliza recursos lingüísticos para anotar los documentos preprocesados con anotaciones de sentimiento.
4. Las anotaciones (Sentiment Scores) representan el resultado del sistema, es decir, positivo, negativo o neutro, y se presentan mediante diversas herramientas de visualización. Dependiendo de la forma de análisis del sentimiento, las anotaciones pueden adjuntarse de forma diferente. Para el análisis de sentimientos basado en documentos, las anotaciones pueden adjuntarse a los documentos completos; para los sentimientos basados en frases, las anotaciones pueden adjuntarse a frases individuales; mientras que, para los sentimientos basados en aspectos, se adjuntan a temas o entidades específicos.

Figura 1
Arquitectura de un sistema genérico de análisis de sentimientos



Nota: Published in Applied Sciences (Kastrati et al., 2021, p. 4).

Varias revisiones bibliográficas revelan el estado de la aplicación del análisis de sentimientos en este ámbito desde diferentes perspectivas y contextos. Sin embargo, el cuerpo de la literatura carece de una revisión que clasifique sistemáticamente la investigación y los resultados de la aplicación de soluciones de procesamiento del lenguaje natural (NLP), aprendizaje profundo (Deep Learning - DL) y aprendizaje automático (Machine Learning - ML) para el análisis de sentimientos en el ámbito educativo. Este artículo presenta los resultados de un estudio de mapeo sistemático para estructurar la información publicada disponible, utilizando un marco PRISMA (2020) paso a paso para guiar el proceso de búsqueda, relevando estudios realizados entre 2015 y 2020 en las bases de datos electrónicas de investigación de la literatura científica. Los resultados del mapeo mostraron que, a pesar de los desafíos identificados, el campo está creciendo con rapidez, especialmente respecto a la aplicación de la DL. Este artículo identificó varios aspectos a tener en cuenta para contribuir a la madurez de la investigación y el desarrollo en este campo. Entre estos aspectos, destacó la necesidad de contar con conjuntos de datos estructurados, soluciones estandarizadas y una mayor atención a la expresión y detección emocional. El estudio sugiere varios hallazgos clave:

- *Alcance de la investigación:* El estudio sintetizó 92 estudios relevantes de un grupo inicial de 612, centrándose en el análisis de sentimiento de la retroalimentación de los estudiantes dentro de entornos de plataformas de aprendizaje.
- *Ámbitos de aplicación:* El análisis de sentimientos utilizando NLP se utiliza de forma creciente y generalizada en la educación durante la última década, con el objetivo de comprender las percepciones de los estudiantes y mejorar las metodologías de enseñanza.
- *Metodologías:* El estudio utiliza técnicas de deep learning y NLP para automatizar el análisis del feedback, proporcionando perspectivas sobre la efectividad de las prácticas docentes.

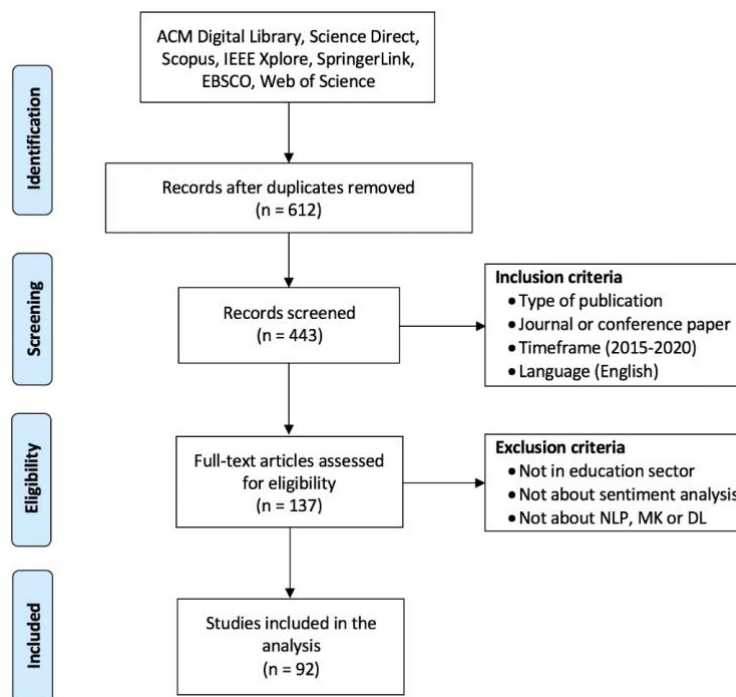


- *Contribuciones:* La investigación destaca las tendencias actuales y las brechas en el análisis de sentimientos del feedback de los estudiantes, como fuente y referencia para futuras investigaciones.
- *Implicaciones:* Las ideas obtenidas de estos estudios pueden mejorar potencialmente las prácticas educativas al proporcionar un análisis oportuno de la retroalimentación, mejorando así la satisfacción de los estudiantes y los resultados del aprendizaje.

La figura 2 muestra el proceso general de la estrategia de búsqueda.

1. *Identification:* la primera etapa del PRISMA supuso la elaboración de un protocolo de investigación mediante la determinación de las preguntas de investigación, la definición de las palabras clave de búsqueda y la identificación de las bases de datos bibliográficas para realizar la búsqueda.
2. *Screening:* la segunda etapa consistió en aplicar los criterios de inclusión.
3. *Eligibility:* en la tercera etapa, se aplicaron los criterios de exclusión.
4. *Included:* la última etapa consistió en la extracción y el análisis de los datos.

Figura 2
Proceso general de la estrategia de búsqueda



Nota: Published in Applied Sciences (Kastrati et al., 2021, p. 6).

Este estudio proporciona perspectivas sobre la efectividad de las prácticas docentes, por medio del análisis de feedback textual. Se indica que el análisis oportuno del feedback de los estudiantes permite mejorar las percepciones de satisfacción del estudiantado con sus resultados de aprendizaje.

UNIVERSIDAD DE PURDUE: NLP DE ANÁLISIS DEL LENGUAJE UTILIZADO POR LOS ESTUDIANTES EN FOROS DE DISCUSIÓN EN LÍNEA

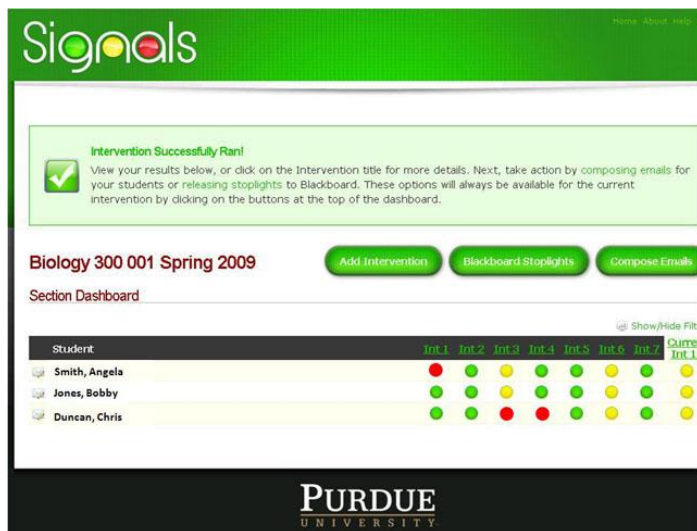
La Universidad de Purdue, en Indiana, Estados Unidos de América (<https://www.purdue.edu/>) (Arnold & Pistilli, 2012) desarrolló una herramienta de NLP llamada 'Course Signals' que analiza el lenguaje utilizado por los estudiantes en foros de discusión en línea para detectar señales de confusión o dificultades de aprendizaje.

Este estudio analiza una solución de intervención temprana para el profesorado universitario para brindar información en tiempo real del rendimiento estudiantil. 'Course Signals' no sólo se basa en las notas para predecir el rendimiento de los estudiantes, sino también en las características demográficas, el historial académico y el esfuerzo de los estudiantes medido por la interacción con Blackboard Vista, el sistema de gestión del aprendizaje de Purdue.

A través del panel de control, como muestra la figura 3, el profesorado tiene acceso a los análisis académicos, y puede proporcionar información más útil y orientada a la acción, algo que los estudiantes agradecen, especialmente los que se encuentran al principio de su carrera académica. Los profesores afirman que los estudiantes tienden a ser más proactivos gracias al sistema Signals. Aunque todavía tienden a procrastinar, empiezan a pensar antes en los grandes proyectos y tareas. Los instructores y asistentes técnicos notaron que recibían más consultas sobre los requisitos mucho antes de las fechas de entrega. Gracias a la capacidad de la analítica académica para evaluar el riesgo con antelación y en tiempo real, los estudiantes se benefician de saber cómo van realmente en un curso, de modo que comprenden la importancia relativa de las tareas, pruebas y exámenes.

Figura 3

Tablero visual: Vista de los profesores del rendimiento estudiantil



Nota: The Signals Project at Purdue University.

Aspectos centrales del estudio:

- **Propósito:** El estudio tiene como objetivo mejorar el éxito de los estudiantes proporcionando datos en tiempo real a los instructores a través de un tablero



visual que utiliza señales codificadas por colores (rojo, amarillo, verde) para predecir e intervenir en el rendimiento de los estudiantes.

- *Metodología:* 'Course Signals' integra varios puntos de datos, incluidas las calificaciones, la información demográfica, el historial académico y el esfuerzo de los estudiantes para predecir los resultados e identificar a los estudiantes en riesgo.
- *Impacto:* Aprovechando los análisis en tiempo real, Purdue se propuso mejorar las tasas de retención y el compromiso general de los estudiantes proporcionando intervenciones oportunas.
- *Conclusiones:* La implementación de 'Course Signals' subraya la eficacia de la analítica del aprendizaje en la educación superior para respaldar experiencias de aprendizaje personalizadas y mejorar los resultados de los estudiantes.

Este enfoque pone de relieve el papel proactivo de la analítica en el apoyo a los esfuerzos de los educadores para mejorar las tasas de éxito de los estudiantes mediante el tratamiento temprano de los posibles retos académicos, considerando además de las calificaciones, variables sociales en tiempo real.

STANFORD UNIVERSITY: NPL PARA EL ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS COMENTARIOS DE LOS ESTUDIANTES

El artículo académico de Demszky et al. (2023) presenta un estudio realizado en la Universidad de Stanford (<https://www.stanford.edu/>). El estudio examina la eficacia de la retroalimentación automatizada para animar a los profesores a incorporar las ideas de los alumnos a su enseñanza. Los investigadores realizaron un ensayo controlado aleatorio en un curso en línea a gran escala, en el que algunos profesores recibieron comentarios automatizados sobre las respuestas de sus alumnos. Los resultados mostraron que los profesores que recibieron comentarios automatizados eran más propensos a comprometerse con las ideas de sus alumnos y a basarse en ellas, lo que se tradujo en una mejora de los resultados de aprendizaje de los alumnos. Este estudio destaca el potencial de la retroalimentación automatizada para mejorar las interacciones profesor-alumno y promover el aprendizaje centrado en el alumno.

La herramienta, denominada M-Powering Teachers, utiliza el procesamiento del lenguaje natural para asesorar en tiempo real a los profesores durante las clases. He aquí las principales conclusiones:

- *Objetivo:* El estudio pretende mejorar las prácticas docentes dialógicas de los profesores aumentando su capacidad de respuesta a las ideas de los alumnos.
- *Metodología:* Los investigadores realizaron un ensayo controlado aleatorizado en un curso de informática en línea con 1.136 profesores.
- *Resultados:*
 - *Mejora de la asimilación:* La herramienta aumentó en un 13% la aceptación de las contribuciones de los estudiantes por parte de los profesores.
 - *Satisfacción de los estudiantes:* Hay indicios de que la herramienta también mejoró la satisfacción de los estudiantes con el curso y la realización de tareas.



La figura 4 muestra los componentes de la aplicación de feedback de una página. En la parte superior de la página, un breve párrafo introduce la retroalimentación a los usuarios, haciendo hincapié en que la retroalimentación es privada y su objetivo es apoyar el desarrollo profesional del usuario. A continuación, los usuarios pueden ver estadísticas sobre el tiempo de conversación y ejemplos de su transcripción cuando sus preguntas provocaron una larga intervención del estudiante. A continuación, los usuarios pueden ver el número de “uptakes” (es decir, ejemplos en los que se basaron en las aportaciones de los alumnos). Los mejores ejemplos de asimilación se producen en el contexto de una pregunta de seguimiento del profesor.

Figura 4
Componentes de la aplicación web M-Powering Teachers

AI-Based Feedback on Your Section

Week 1 ▾

At Code in Place, we believe in the power of collaborative learning, which has also been shown to lead to student success.

Powered by state of the art AI, we provide you with feedback on two key mechanisms of student engagement: student talktime and moments when you built on student contributions.

This feedback is meant to give you reflect and to support your professional development. It is not meant as an evaluation.

Notes: 1% of your section was spent in breakout rooms, which are not analyzed here. Our language-based algorithms right now only work for sections taught in English.

Students talked 21% of the time and you talked 79% of the time.
Giving the floor to your students is a great way to motivate them and help them learn.

Students in your section talked 3% less than the students on average across all week 1 sections (N=961, mean=24%, std=14%). This could also be because you engaged students in breakout rooms as opposed to the main room.

Check out things you said that got students to talk:

post conditions, and I think control flow basically like loops and conditionals, right?

You: And what would be a good use of the while loop? Hide

Student: Like when you wanted to be repeated? Like, when the condition is true or when you don't know the exact number of times you wanted to be repeated? Yes.

You: Sorry. Oh, by the way, you guys can up for everyone. So if you guys want to ju can just type it for us. I think I heard move move two spaces deeper, where are we a

Student: [PERSON_NAME] and I though function. And when [PERSON_NAME] so

Ideas for encouraging student participation

- Ask **open-ended questions**, including
 - ⇒ reflection questions, e.g. "what do you think?", "what did you do when...?"; "can you tell me more?", "what else?"
 - ⇒ clarification/probing questions, e.g. "can you tell me more?", "how come you did X and not Y?"
 - ⇒ hypothetical questions, such as "what would you do if...?"
- Give your student time to think (**wait at least 8 seconds** after asking a question).
- If you have more than one student, you can invite them to **respond to each others' comments**.

Reflection question

- What did you do and what else will you do to encourage students to talk? (Here are some **ideas** from other section leaders.)

Write down strategies and examples. We'll use your ideas to improve our advice to future section leaders.



Este tipo de estudio proporciona relevantes posibilidades en el feedback necesario para el aprendizaje de las ciencias en la enseñanza superior, esto debido a que se basa en datos cualitativos, los cuales, en general, son utilizados en las discusiones realizadas por el estudiantado durante el análisis de CSC.

UNIVERSITY OF FLORIDA: NPL RESPUESTAS ABIERTAS DE MATEMÁTICAS

Este artículo explora cómo los profesores de la Universidad de Florida (<https://www.ufl.edu/>) utilizan las preguntas abiertas para evaluar la comprensión conceptual de los alumnos y las estrategias didácticas mediante el procesamiento del lenguaje natural (NLP) para la evaluación automatizada y la retroalimentación de respuestas abiertas de los estudiantes de matemáticas (Botelho et al., 2023).

Aspectos centrales del estudio:

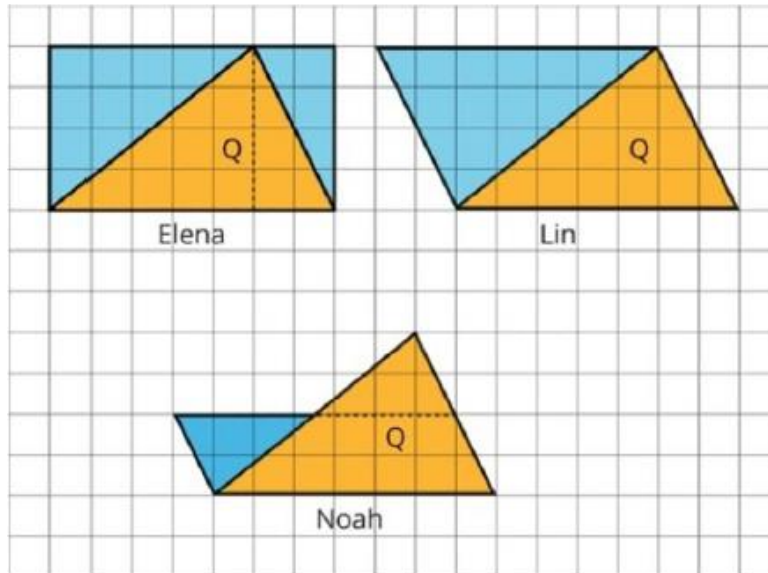
- *Representación semántica*: Utilizar representaciones semánticas a nivel de frase de las respuestas de los alumnos. Este enfoque mejora la capacidad de comprender el significado y el contexto de cada respuesta.
- *Filtrado colaborativo (Collaborative Filtering)*: Implementar métodos basados en el filtrado colaborativo para predecir el rendimiento de los alumnos y proporcionarles comentarios personalizados en función de sus respuestas.
- *Calificación automática*: Desarrollar calificadores automatizados que evalúen la corrección y profundidad de las explicaciones de los estudiantes en contextos de resolución de problemas matemáticos.
- *Generación de comentarios*: Generar feedback utilizando técnicas de NLP para analizar las respuestas de los estudiantes y proporcionar comentarios constructivos o sugerencias de mejora involucrando a los estudiantes en explicar, argumentar y justificar sus trabajos, lo que conduce al desarrollo de una comprensión conceptual y un mejor aprendizaje.
- *Desafíos*: Abordar retos como la variabilidad en las respuestas de los alumnos y garantizar la precisión en la evaluación del razonamiento matemático.

Los problemas con respuestas cerradas tienen un número único o finito de respuestas posibles (por ejemplo, una pregunta de opción múltiple o preguntas para rellenar) que son fácilmente reconocibles por un sistema. Por lo general, los sistemas de apoyo al aprendizaje se limitan a este tipo de problemas y proporcionan fácilmente la puntuación de corrección con un mensaje de retroalimentación que destaque el error del alumno. Las preguntas abiertas, sin embargo, permiten a los alumnos expresar su comprensión de los conceptos a través del lenguaje natural (por ejemplo, figura 5); aunque sigue existiendo un número finito de respuestas conceptualmente aceptables, dichas respuestas pueden variar enormemente, lo que hace imposible utilizar un enfoque de correspondencia directa como el que puede emplearse para los problemas cerrados. En muchas aulas de matemáticas de primaria y secundaria, los profesores utilizan este tipo de preguntas abiertas para evaluar la comprensión y el proceso de pensamiento de sus alumnos sobre el tema asignado.



Los desafíos que plantean los problemas abiertos en el desarrollo de herramientas para apoyar mejor la provisión de diversas formas de retroalimentación se hacen aún más evidentes en los dominios de las matemáticas.

Figura 5
Ejemplo de pregunta abierta



Nota: Elena, Lin y Noé encontraron que el área del triángulo Q es de 14 unidades cuadradas, pero razonaron de forma diferente, como se muestra en los diagramas. Explica al menos la forma de pensar de un alumno y por qué su respuesta es correcta (extraído de <http://openupresources.org/>)

Aprovechando el NLP, los educadores pueden evaluar de forma eficiente y proporcionar comentarios significativos sobre las respuestas abiertas de los estudiantes en matemáticas, mejorando los resultados del aprendizaje y la eficacia de la enseñanza. Las conclusiones del artículo subrayan la relevancia y el potencial de utilizar tecnologías de procesamiento de lenguaje natural para mejorar la evaluación y la retroalimentación en el contexto de las respuestas abiertas de los estudiantes en matemáticas.

Este estudio abre a posibilidades de su uso en química y biología, específicamente en el uso de lenguaje simbólico y la interpretación de textos multimodales por parte del estudiantado en el abordaje de CSC.

UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER: NPL PARA EL PROCESAMIENTO DE ENCUESTAS

Las encuestas se han utilizado durante mucho tiempo en la investigación de la enseñanza para comprender el razonamiento de los estudiantes e informar sobre las mejoras de los cursos. Sin embargo, para que el análisis de grandes conjuntos de respuestas resulte práctico, la mayoría de las encuestas utilizan un formato de respuesta cerrada con un pequeño conjunto de opciones de respuestas.

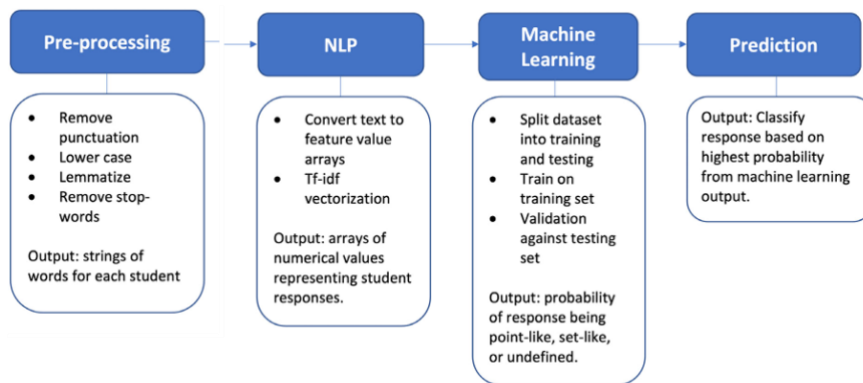


Los formatos abiertos, como las respuestas escritas de una encuesta, pueden proporcionar una visión más profunda del pensamiento y opinión de los estudiantes, pero su análisis manual es lento, especialmente con un gran número de respuestas. Wilson et al. (2022) exploran el procesamiento del lenguaje natural como solución informática a este problema en University of Colorado Boulder (<https://www.colorado.edu/>)

En el estudio se emplearon varios métodos y técnicas clave para analizar y categorizar las respuestas de manera efectiva, como ilustra la figura 6:

- *Técnicas de procesamiento de lenguaje natural (NLP)*: para procesar y analizar los datos de texto de las respuestas de los estudiantes.
- *Modelos de aprendizaje automático*: para construir un modelo de clasificación que pudiera categorizar las respuestas en función del contenido y los patrones de razonamiento.
- *Técnicas de ingeniería de características (Feature Engineering)*: para representar los datos de texto en un formato que los algoritmos de aprendizaje automático puedan procesar.
- *Interpretación de resultados*: para obtener información sobre el razonamiento, los conceptos erróneos o los patrones de aprendizaje de los estudiantes. Estos conocimientos pueden servir de base para las prácticas educativas y las intervenciones en la investigación de la enseñanza de la física.

Figura 6
Proceso de análisis de las respuestas de los alumnos



Nota: Diagrama del proceso de análisis de las respuestas de los alumnos. Las respuestas recibidas originalmente se procesan y luego se vectorizan mediante NLP. Estos vectores de características son la entrada del algoritmo de aprendizaje automático. El algoritmo genera probabilidades que se utilizan para predecir a qué categoría pertenece una respuesta (Wilson et al., 2022).

Este estudio pone de relieve los esfuerzos que se están realizando tempranamente sobre los datos provenientes de encuestas cualitativas, los cuales son fundamentales para la enseñanza de las ciencias en la educación superior en la actualidad.

Estos casos de estudio demostraron la efectividad de las técnicas de NLP para obtener información valiosa de las respuestas abiertas de los estudiantes. Sin embargo, también destacaron la importancia de contar con conjuntos de datos de alta calidad y de abordar los desafíos éticos y de privacidad asociados con el procesamiento de datos personales.

En cuanto a las técnicas específicas de NLP y aprendizaje automático utilizada, estos estudios incluyeron el análisis de sentimientos, la extracción de temas, el modelado de tópicos y el aprendizaje supervisado y no supervisado. Estas técnicas permitieron identificar patrones, tendencias y opiniones clave en los comentarios de los estudiantes, brindando información valiosa para la toma de decisiones institucionales.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos subrayan la efectividad de educación soportada por inteligencia artificial en mejorar la experiencia educativa de los estudiantes. La alta satisfacción general y la percepción de aprendizaje más efectivo y eficaz sugieren que estos nuevos enfoques proporcionan un entorno de aprendizaje más dinámico y adaptado a las necesidades individuales de los estudiantes en áreas inimaginadas como, por ejemplo, las emociones que se generan durante el aprendizaje, andamiajes cognitivos personalizados que aportan a la equidad educativa, entre otros. Estas conclusiones están en línea con estudios previos que documentan los beneficios de la educación basada en tecnología avanzada (Technology Enhanced Learning - Stockholm University, 2024).

El feedback personalizado proporcionado por herramientas de inteligencia artificial emerge como uno de los aspectos más valorados. Este hallazgo es crucial ya que indica que la inversión en tecnología para mejorar el feedback directo puede tener un impacto significativo en la calidad del aprendizaje. La capacidad de recibir retroalimentación rápida y precisa permite a los estudiantes corregir sus errores en tiempo real y ajustar su trayectoria de aprendizaje de manera continua, fomentando un ambiente de mejora constante.

Sin embargo, los desafíos reportados por los estudiantes, como la integración tecnológica y la capacitación de los profesores, destacan la necesidad de un enfoque holístico para su implementación. Es imprescindible que las universidades no solo inviertan en tecnología avanzada, sino que también proporcionen capacitación para el desarrollo y soporte continuo tanto para estudiantes como para profesores. Esto garantizará que todos los usuarios puedan maximizar el potencial de estas herramientas.

El estudio resalta la importancia de la formación y soporte técnico adecuado para los profesores, como componente clave para el éxito de cualquier iniciativa innovadora, original y diferente a la educación tradicional que promueva el pensamiento crítico a partir de la reflexión de las tecnologías con el mundo real. Universidades que ya han implementado programas exitosos, como la Universidad de Stanford, coinciden en que la capacitación continua y el soporte técnico robusto son fundamentales para la integración efectiva de nuevas tecnologías (Demszky et al., 2023).

Recibir desde el profesorado un feedback temprano y la información sobre el progreso del aprendizaje, permite la autorregulación del aprendizaje del estudiantado. Por lo tanto, es importante para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en cualquier nivel educativo, sin embargo, específicamente en la enseñanza superior. La incorporación de la inteligencia artificial (IA) y el procesamiento del lenguaje natural (NLP) como un apoyo en el feedback temprano puede ser de gran relevancia. El hecho que, estas tecnologías puedan analizar grandes volúmenes de datos cualitativos provenientes de respuestas escritas, discusiones y encuestas de manera eficiente y rápida, mejoran la calidad y la rapidez de la retroalimentación.



CONCLUSIONES

Este estudio adopta un enfoque para examinar cómo la inteligencia artificial puede potenciar el feedback estudiantil en el contexto de la educación superior. Al combinar análisis cualitativos y cuantitativos con herramientas avanzadas de IA, el estudio permite no sólo documentar las experiencias actuales, sino también establece una línea para futuras investigaciones en esta área del conocimiento académico.

Los estudios y publicaciones analizadas indican que la educación superior de manera general, cuando se combina con herramientas de inteligencia artificial para el análisis y provisión de feedback, puede ofrecer mejoras significativas en la satisfacción y eficacia del aprendizaje de los estudiantes. Estas tecnologías pueden facilitar al estudiantado a navegar en entornos informacionales complejos desde enfoques críticos y multidimensionales.

Por lo tanto, la integración de la IA y el NPL en el contexto de las CSC tiene el potencial de aportar al profesorado en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la educación superior, ofreciendo nuevas formas de analizar, retroalimentar y fomentar la reflexión crítica en este nivel formativo. Sin embargo, el éxito de su implementación depende de la correcta integración tecnológica, la capacitación y desarrollo adecuado de los docentes, lo que sugiere un enfoque integral para las instituciones que buscan adoptar estos métodos, particularmente comprendiendo el mundo actual que está en compleja transformación, donde la IA emerge también como una estrategia controversial en la medida que irrumpe en la institucionalidad tradicional generando oportunidades diferentes para comprender el mundo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: J. O., C. J. y M. Q.; Metodología: J. O. y C. J.; Validación: C. J., M. Q., J. O. y R. S.; Análisis formal: J. O., M. Q. y R. S.; Investigación: J. O., C.J. y M. Q.; Redacción - borrador original: J. O.; Redacción - revisión y edición: C. J., M. Q., R. S., J. O. y M. S.; Supervisión: J. O., M. Q. y C. J.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo sigue las orientaciones teóricas y metodológicas del proyecto FONDECYT 1231325 patrocinado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Conocimiento que financia la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) del Gobierno de Chile y los proyectos VRI-Interdisciplinario y Novus Triada patrocinados y financiados por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Católica de Chile. Todos ellos liderados por el tercer autor.



REFERENCIAS

- Adair, A. (2023). Teaching and Learning with AI: How Artificial Intelligence is Transforming the Future of Education. *XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students*, 29(3), 7-9. <https://dl.acm.org/doi/fullHtml/10.1145/3589252>
- Albe V., Barrué C., Bencze L., Byhring A. K., Carter L., Grace M., Knain E., Kolstø D., Reis P., & Sperling E. (2014). Teachers' beliefs, classroom practices and professional development towards socio-scientific issues. In C. Bruguere, A. Tiberghien & P. Clement (Eds.), *Topics and Trends in Current Science Education* (pp. 55-69). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7281-6_4
- Arnold, K. E., & Pistilli, M. D. (2012). Course signals at Purdue: using learning analytics to increase student success. *LAK '12: Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge* (pp. 267-270). <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2330601.2330666>
- Bárcena, A., Samaniego, J., Peres, W., & Alatorre, J. E. (2020). *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?* Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), N°160 (LC/PUB.2019/23P), Santiago de Chile. <https://hdl.handle.net/11362/45677>
- Botelho, A., Baral, S., Erickson, J. A., Benachamardi, P., & Heffernan, N. T. (2023). Leveraging natural language processing to support automated assessment and feedback for student open responses in mathematics. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(3), 823-840. <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10470437>
- Carrasco, P. A., Orellana, N. J., & Quintanilla-Gatica, M. (2022, abril-junio). Argumentación y aprendizaje de la Teoría Ácido-Base. *Educación Química*, 33(2), 50-63. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.2.78138>
- Davidson, C. N. (2022). *The New Education. Updated Paperback Edition: How to Revolutionize the University to Prepare Students for a World in Flux*. Basic Books.
- Demszky, D., Liu, J., Hill, H. C., Jurafsky, D., & Piech, C. (2023). Can Automated Feedback Improve Teachers' Uptake of Student Ideas? Evidence From a Randomized Controlled Trial in a Large-Scale Online Course. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 46(3), 483-505. <https://doi.org/10.3102/01623737231169270>
- Díaz Moreno, N., & Jiménez-Liso, M. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 9(1), 54-70. <http://hdl.handle.net/10498/14624>
- Dos Santos, W. L. P., & Mortimer, E. F. (2016). Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. *Investigações em Ensino De Ciências*, 14(2), 191-218. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/355>
- Equihua, M., Hernández, A., Pérez, O., Benítez, G., & Ibáñez, S. (2016). Cambio Global: El Antropoceno. *CIENCIA ergo-sum*, 23(1), 67-75. <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/8115>



- Farnós, J. D. (2024). Formación de alumnos y docentes en el S XXI (Educación disruptiva & IA)-II. <https://juandomingofarnos.wordpress.com/2024/05/07/formacion-de-alumnos-y-docentes-en-el-s-xxi-educacion-disruptiva-ia-ii/>
- García-Carmona, A., & Criado, A. M. (2017). Enseñanza de la energía en la etapa 6-12 años: un planteamiento desde el ámbito curricular de las máquinas. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación Y Experiencias Didácticas*, 31(3), 87-102. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/285796>
- Garreaud, R. (2011). Cambio Climático: Bases Físicas e Impactos en Chile. *Revista Tierra Adentro – INIA*, (93). http://dggf.uchile.cl/rene/PUBS/inia_RGS_final.pdf
- Genel, A., & Topçu, M. S. (2016). Turkish preservice science teachers' socioscientific issues-based teaching practices in middle school science classrooms. *Research in Science & Technological Education*, 34(1), 105-123. <https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1124847>
- González-Gaudiano, E., Meira, P., & Gutiérrez, J. (2020) ¿Cómo educar sobre la complejidad de la crisis climática? Hacia un currículum de emergencia. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, XXV(87), (NÚMERO TEMÁTICO Educación y comunicación para el cambio climático), 843-872. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662020000400843
- Guerrero, G., & Sjöström, J. (2024). Critical scientific and environmental literacies: a systematic and critical review. *Studies in Science Education*, 61(1), 41-87. <https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2344988>
- IABAC. (2023, September 13). *Ethical Considerations in Data Science - IABAC - Medium*. <https://iabac.medium.com/ethical-considerations-in-data-science-1453dee88b2>
- IBM. (2024, June 10). *Procesamiento del lenguaje natural*. <https://www.ibm.com/es-es/topics/natural-language-processing?regionCode=es&languageCode=es&cm-history=es-es>
- Jiménez Alexandre, M. P., & Puig, B. (2010). Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, (63), 11-18. <http://hdl.handle.net/11162/24293>
- Karisan, D., & Zeidler, D. L. (2017). Contextualization of Nature of Science Within the Socioscientific Issues Framework: A Review of Research. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(2), 139-152. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1124953.pdf>
- Kastrati, Z., Dalipi, F., Imran, A. S., Pireva Nuci, K., & Wani, M. A. (2021). Sentiment Analysis of Students' Feedback with NLP and Deep Learning: A Systematic Mapping Study. *Appl. Sci.*, 11(9), 3986. https://www.mdpi.com/2076-3417/11/9/3986?type=check_update&version=1
- Klucevsek, K. (2017). The Intersection of Information and Science Literacy. *Communications in Information Literacy*, 11(2), 354-365. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1166457.pdf>

- Kutluca, A. Y., & Aydin, A. (2017). Changes in Pre-service Science Teachers' Understandings After Being Involved in Explicit Nature of Science and Socioscientific Argumentation Processes. *Science & Education*, 26(6), 637-668. <https://philpapers.org/rec/KUTCIP>
- Lerma García, L., Rivas Porras, D., Adame Gallegos, J. R., Ledezma Millán, F., López De La Torre, H. A., & Ortiz Palomino, C. E. (2020). Realidad Virtual como técnica de enseñanza en Educación Superior: perspectiva del usuario. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria De Didáctica*, 38(1), 111-123. <https://doi.org/10.14201/et2020381111123>
- Lynch, J. (2017). *How AI Will Destroy Education*. <https://medium.com/buzzrobot/how-ai-will-destroy-education-20053b7b88a6>
- Microsoft Copilot. (2024). *Large language model*. Retrieved from <https://copilot.cloud.microsoft>. Access October, 2024 (based on guidelines on citing generative AI in APA style <https://apastyle.apa.org/blog/how-to-cite-chatgpt>)
- Nielsen, J. A. (2013). Delusions about evidence: On why scientific evidence should not be the main concern in socioscientific decision making. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 13(4), 373-385. <https://doi.org/10.1080/14926156.2013.845323>
- Opertti, R. (2022). *Sobre La Disrupción En La Educación - notas Temáticas N°9*. UNESCO https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000382283_spa
- Osborne, J., & Patterson, A. (2011). Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? *Science Education*, 95, 627-638. <https://doi.org/10.1002/sce.20438>
- Pitporntapin S., & Topçu, M. S. (2016). Teaching Based on Socioscientific Issues in Science Classrooms: A review study. *KKU International Journal of Humanities and Social Sciences*, 6(1), 119-136. https://rtt.kku.ac.th/ejournal/pa_upload_pdf/229897.pdf
- PRISMA-Statement (2020). (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). <http://www.prisma-statement.org>
- Quintanilla-Gatica, M., & Adúriz-Bravo, A. (Eds.) (2024). *La actualidad del modelo cognitivo de ciencia escolar. Tributo a Mercè Izquierdo-Aymerich*. Editorial Bellaterra Ltda.
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: teaching socio-scientific issues*. Open University Press. https://www.academia.edu/34522233/Science_Education_For_Citizenship_Teaching_Socio_Scientific_Issues
- Sanchez, A., Gil Perez, D., & Martinez Torregrosa, J. (2021). Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las ciencias. *Investigación en la escuela*, (30), 15-26. <https://revistascientificas.us.es/index.php/IE/article/view/8060>
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2301_2



- Sanmartí, N. (2007). *10 ideas claves para aprender*. Editorial Grao.
- Sanmartí, N., & García, P. (1999). Interrelaciones entre los enfoques curriculares CTS y los enfoques de evaluación. *Pensamiento Educativo*, 25(2), 265-298. <https://www.revistadisena.uc.cl/index.php/pel/article/view/26221>
- Selwyn, N. (2016). *Is Technology Good for Education?* Polity Press. <http://au.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0745696465.html>
- Solbes, J., & Torres, N. Y. (2020). Educación científica basada en pruebas. *Praxis & Saber*, 11(27), e12287. <https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n27.2020.12287>
- Technology Enhanced Learning - Stockholm University. (2024, September 3). [www.su.se. https://www.su.se/english/research/research-subjects/computer-and-systems-sciences/technology-enhanced-learning](https://www.su.se/english/research/research-subjects/computer-and-systems-sciences/technology-enhanced-learning)
- Tidemand S., & Nielsen J. A. (2016). The role of socioscientific issues in biology teaching: from the perspective of teachers. *International Journal of Science Education*, 39(1), 44-61. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1264644>
- Torres, N. (2014). *Pensamiento crítico y cuestiones socio- científicas: un estudio en escenarios de formación docente*. (Tesis Doctoral). Universidad de Valencia, España. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1507>
- Vilouta, N. (2018). Problemas sobre la conceptualización y abordaje de las controversias sociocientíficas en los profesores de ciencias. *Educación y Ciencia*, 7(50), 77-85. <http://www.educacionyciencia.org/index.php/educacionyciencia/article/view/460>
- Unesco.org. (2025). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385119>
- Wheeler, S. (2019). *Digital learning in organizations*. Kogan Page.
- Wilson, J. Pollard, B., Aiken, J. M., Caballero, M. D., & Lewandowski, H. J. (2022). Classification of open-ended responses to a research-based assessment using natural language processing. *Physical Review Physics Education Research*, <https://jila.colorado.edu/sites/default/files/2022-06/PhysRevPhysEducRes.18.010141.pdf>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M. et al. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *Int. J. Educ. Technol. High Educ.*, 16, 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

*

Received: July 2, 2024

Revisions Required: September 27, 2024

Accepted: November 5, 2024

Published online: February 28, 2025

