



Implementación de una secuencia didáctica basada en controversias socio-científicas con Inteligencia Artificial (IA) para promover la argumentación científica

Implementation of a didactic sequence based on socio-scientific controversies with Artificial Intelligence (AI) to promote scientific argumentation

Volumen 25, Número 3
Setiembre - Diciembre
pp. 1-29

Mariano Rodríguez-Malebrán
Leticia García-Romano
Maricel Occelli

Citar este documento según modelo APA

Rodríguez-Malebrán, Mariano., García-Romano, Leticia., y Occelli, Maricel. (2025). Implementación de una secuencia didáctica basada en controversias socio-científicas con Inteligencia Artificial (IA) para promover la argumentación científica. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 25(3), 1-29. <https://doi.org/10.15517/kwz3p336>

Implementación de una secuencia didáctica basada en controversias socio-científicas con Inteligencia Artificial (IA) para promover la argumentación científica

Implementation of a didactic sequence based on socio-scientific controversies with Artificial Intelligence (AI) to promote scientific argumentation

Mariano Rodríguez-Malebrán¹
Leticia García-Romano²
Maricel Occelli³

Resumen: El objetivo del estudio consistió en diseñar e implementar una secuencia didáctica basada en controversias socio-científicas, apoyada en el uso de Inteligencia Artificial (IA), con el fin de promover la argumentación científica en estudiantes de segundo año de secundaria en Córdoba, Argentina. Enmarcado en una investigación basada en el diseño (DBR), se realizaron dos ciclos iterativos (2023 y 2024) con fases de diseño, implementación y análisis, que permitieron ajustar la propuesta tras el primer ciclo. La muestra estuvo compuesta por 37 estudiantes en el primer ciclo y 34 en el segundo, quienes trabajaron en la asignatura de Biología con énfasis en la célula y la ingeniería de tejidos. La metodología combinó la observación participante, registros escritos y el análisis de respuestas argumentativas estructuradas según el modelo de Toulmin. Los resultados muestran un incremento en las unidades argumentativas de las categorías datos y justificación (según el modelo Toulmin), mientras disminuyeron las hipótesis formuladas de forma autónoma y los contraargumentos. En conclusión, la intervención fortaleció las habilidades argumentativas, y la IA demostró su potencial para enriquecer la práctica educativa y fomentar una reflexión crítica sobre dilemas éticos y científicos, aunque persisten limitaciones en la diversidad argumentativa y cierta dependencia de la tecnología.

Palabras clave: inteligencia artificial, enseñanza secundaria, aprendizaje, escolar, controversias socio-científicas.

Abstract: The objective of the study is to design and implement a didactic sequence based on socio-scientific controversies, supported by the use of Artificial Intelligence (AI), in order to promote scientific argumentation among second-year secondary school students in Córdoba, Argentina. Framed within a Design-Based Research (DBR) approach, two iterative cycles (2023 and 2024) were carried out, including design, implementation, and analysis phases, allowing for adjustments to the proposal after the first cycle. The sample consisted of 37 students in the first cycle and 34 in the second, working in the subject of Biology with an emphasis on the cell and tissue engineering. The methodology combined participant observation, written records, and the analysis of argumentative responses structured according to Toulmin's model, comparing productions completed with and without the support of ChatGPT. The results indicated improvements in the foundation of data and justifications, reflected in clearer conclusions; however, a decrease in the autonomous formulation of hypotheses and counterarguments was observed. In conclusion, the intervention strengthened argumentative skills, demonstrating the potential of AI to enrich educational practice and foster critical reflection on ethical and scientific dilemmas, despite some noted limitations in argumentative diversity and a certain dependence on technology.

Keywords: artificial intelligence, secondary education, learning, schoolchildren, socio-scientific controversies.

¹ Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, CONICET. Dirección electrónica: mariano.rodriguez.malebran@mi.unc.edu.ar Orcid <https://orcid.org/0000-0003-4116-4274>

² Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, CONICET. Dirección electrónica: leticia.garcia@unc.edu.ar Orcid <https://orcid.org/0000-0003-3552-0287>

³ Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, CONICET. Dirección electrónica: maricel.occelli@unc.edu.ar Orcid <https://orcid.org/0000-0002-4516-0644>

Artículo recibido: 31 de marzo, 2025

Enviado a corrección: 12 de junio, 2025

Aprobado: 25 de agosto, 2025

1. Introducción

En el currículo de Córdoba, Argentina, el estudio de las células es un contenido central que se introduce en la educación primaria y se profundiza en la secundaria, especialmente en la asignatura de Biología durante el segundo año. El objetivo consiste en construir el modelo celular como unidad estructural y funcional de los seres vivos, y analizar la diversidad y especialización celular en relación con sus funciones en el organismo humano (Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba, 2011).

El análisis de las controversias socio-científicas emerge en un contexto donde los avances científicos generan repercusiones sociales, éticas y políticas, y cuando surgen discrepancias de opinión entre diversos participantes. Un ejemplo destacado de controversia socio-científica es la posibilidad de utilizar órganos creados en laboratorios para trasplantes en humanos. En la actualidad, muchas personas enfrentan largas esperas para recibir un trasplante, lo que resalta la urgencia de encontrar soluciones. Los avances en biotecnología, como la ingeniería de tejidos y la bioimpresión de órganos, han transformado el panorama, pero también traen consigo interrogantes éticos sobre el reemplazo de la donación de órganos por tejidos creados en un laboratorio (León-Pineda et al., 2025). La aplicabilidad de los postulados de la Teoría Celular se relaciona estrechamente con la ingeniería de tejidos, ya que estos avances se fundamentan en la comprensión de la célula como unidad estructural y funcional de los seres vivos, lo que posibilita la creación y manipulación de tejidos humanos en un laboratorio. No obstante, esto plantea dilemas éticos sobre la posibilidad de sustituir órganos humanos por soluciones de bioimpresión 3D, lo cual desafía los límites de la biotecnología y las normativas éticas que rigen su aplicación.

Estos avances tecnológicos generan dilemas sobre la viabilidad y la ética de las soluciones propuestas, como el uso de animales (ejemplo de ello es la Rata de Vacanti) en experimentos científicos, o la creación de tejidos humanos para corregir malformaciones. Este contexto resalta la importancia de una alfabetización científica que fomente habilidades de argumentación que le permitan a la ciudadanía comprender el impacto de estas innovaciones y participar en debates informados sobre su desarrollo y aplicación (Fernández-Rodríguez et al., 2024).

En este contexto, el aprendizaje basado en controversias socio-científicas brinda una oportunidad para abordar estos temas en el ámbito educativo mediante estrategias como el análisis crítico de noticias, debates, juegos de roles y ensayos, las cuales fomentan el pensamiento crítico y la toma de decisiones informadas (Olivares-Petit et al., 2024). Esta

estrategia puede verse enriquecida por el uso de herramientas digitales, como la Inteligencia Artificial (IA), que facilitan la interacción dinámica del estudiantado con los temas y le permite generar textos argumentativos.

Sin embargo, la incorporación de IA en el entorno educativo genera tanto entusiasmo como preocupación. Si bien se ve como una herramienta para personalizar el aprendizaje y fomentar habilidades científicas, algunos advierten sobre el riesgo de depender demasiado de estas tecnologías, lo que podría comprometer el desarrollo del pensamiento crítico y la integridad académica (Pudasaini et al., 2024).

Este estudio tiene como objetivo diseñar e implementar una secuencia didáctica basada en controversias socio-científicas con IA para promover la argumentación científica en segundo año de secundaria en una escuela de Córdoba, Argentina.

2. Referentes teóricos

2.1. Aprendizaje basado en controversias socio-científicas

Las cuestiones socio-científicas son dilemas sociales que surgen de la interacción entre la ciencia y la sociedad. Estas controversias emergen cuando existen diferencias de opinión, generalmente entre la comunidad científica, ciudadana y periodística, como señalan Díaz-Moreno y Jiménez-Liso (2012). Según Jiménez-Aleixandre et al. (2017), se trata de problemas que, aunque tienen un trasfondo científico, también están vinculados con aspectos sociales, éticos, políticos y ambientales.

Un ejemplo significativo de controversia socio-científica es la escasez de órganos para trasplantes. En Córdoba, actualmente 974 personas esperan un trasplante, lo que refleja un desafío social urgente. En este contexto, los avances en ingeniería de tejidos —liderados por científicos del CONICET en la Universidad Nacional de Córdoba—, constituyen una verdadera revolución biotecnológica (Giacomelli et al., 2018).

La implementación de biotecnologías, como la ingeniería de tejidos, plantea diversas cuestiones éticas y sociales; por ejemplo, ¿cuáles serían las implicaciones de reemplazar la donación de órganos por la creación de tejidos en un laboratorio?, ¿es moralmente aceptable utilizar animales para realizar experimentos como el de la Rata de Vacanti?, ¿cómo podrían estas tecnologías beneficiar a personas con malformaciones congénitas, y qué límites éticos deberían establecerse? Estas preguntas subrayan la importancia de promover una alfabetización científica que le facilite a la ciudadanía entender las consecuencias de estas

innovaciones y participar activamente en discusiones fundamentadas sobre su evolución y uso (Díaz-Moreno y Jiménez-Liso, 2012).

El aprendizaje basado en controversias socio-científicas se presenta como una estrategia educativa efectiva para abordar estos temas en el aula, actividades como el análisis de noticias, debates, juegos de roles y la redacción de ensayos (Doménech-Casal, 2017) fomentan el desarrollo del pensamiento crítico y la capacidad de tomar decisiones informadas. En el caso de la escasez de órganos, estas actividades le permiten al grupo estudiantil analizar de manera crítica soluciones innovadoras, como la ingeniería de tejidos, y explorar la aplicación de principios científicos, como los postulados de la teoría celular y el modelo de la célula, que son fundamentales para biotecnologías, como la bioimpresión de tejidos humanos (Giacomelli et al., 2018). Además, la incorporación de herramientas de IA en el análisis de estas controversias enriquece el proceso educativo al facilitar el acceso a grandes volúmenes de datos y promover la integración de diversas perspectivas, por lo que resultan de interés para su integración en diferentes contextos educativos.

2.2. IA en educación

La IA se refiere a la capacidad de las máquinas para adaptarse a nuevas situaciones, resolver problemas, planificar y ejecutar tareas que generalmente requieren habilidades cognitivas humanas (Álvarez-Hernández y Pérez-Velasco, 2025). Entre sus principales funcionalidades se destacan el aprendizaje automático, el razonamiento, la comprensión del lenguaje natural y la toma de decisiones a partir de datos complejos. Estos desarrollos han generado un impacto significativo en múltiples campos, y en particular en la educación, donde comienzan a explorarse sus posibilidades para apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje. En el ámbito de la educación científica, la IA se ha incorporado como herramienta para fomentar la resolución de problemas, facilitar la personalización de experiencias de aprendizaje y estimular competencias cognitivas de orden superior (Guo et al., 2024).

Las innovaciones impulsadas por la IA están transformando la enseñanza y el aprendizaje al permitir el acceso a información personalizada y apoyar el desarrollo de habilidades a través de plataformas que se ajustan a las necesidades específicas de cada estudiante (Chen et al., 2020). Sin embargo, este progreso también plantea la necesidad de replantear la estructura educativa, integrando la colaboración entre humanos y máquinas, y considerando su impacto en los entornos digitales (Troussas et al., 2025).

Aunque la IA presenta beneficios claros, su uso generalizado genera preocupaciones sobre la influencia en el desarrollo cognitivo, ya que podría fomentar una dependencia tecnológica que sustituya habilidades mentales esenciales (Duah y McGivern, 2024). Por ello, es fundamental encontrar un balance entre la integración de la IA y la implementación de enfoques pedagógicos que estimulen el pensamiento crítico y que aseguren que las personas estudiantes no dependan exclusivamente de estas tecnologías emergentes.

Los asistentes virtuales impulsados por IA han ganado popularidad en las aulas en los últimos años, ya que estos sistemas interactivos apoyan al estudiantado en la búsqueda de información, en la resolución de problemas científicos complejos y en el desarrollo de proyectos de investigación (Coto Jiménez, 2021). Concretamente, en el ámbito de las ciencias naturales resultan especialmente útiles para facilitar la comprensión de conceptos abstractos o difíciles de visualizar, como el modelo celular o la aplicabilidad de la Teoría Celular; o bien, para optimizar la gestión y el análisis de grandes volúmenes de datos experimentales, lo que podría contribuir a la construcción de argumentos científicos bien fundamentados (Reza Flores y Guemez Peña, 2024). El reto para el cuerpo docente radica en emplear estas herramientas tecnológicas de manera ética y equilibrada, y con ello asegurar que el estudiantado pueda aprovechar sus beneficios sin perder la capacidad de desarrollar el pensamiento crítico y la argumentación científica.

2.2. IA en creación y edición de textos

La IA ha ganado relevancia en el ámbito educativo, específicamente por su capacidad de asistir en la creación y revisión de textos. Gracias a los avances en el procesamiento del lenguaje natural (PLN), herramientas como ChatGPT o Gemini le permiten al estudiantado generar, editar y corregir sus escritos escolares, lo que mejora la calidad de sus redacciones. Estas plataformas no solo detectan errores gramaticales, sino que también sugieren mejoras estilísticas y proporcionan retroalimentación sobre la coherencia argumentativa y la estructura lógica de los textos (Hernández León y Rodríguez-Conde, 2024). Este enfoque se fundamenta en técnicas avanzadas de PLN, que incluyen la comprensión del lenguaje natural. Un ejemplo destacado de esta tecnología son los chatbots, también conocidos como bots inteligentes o asistentes virtuales, que interactúan con las personas usuarias a través de texto o voz, especialmente en plataformas digitales (Martínez-Comesaña et al., 2023).

Las respuestas generadas por esta tecnología avanzada se basan en "prompts", que son instrucciones que van desde preguntas cerradas y comandos específicos hasta consultas

más abiertas (Fuchs, 2023). Mediante el uso de algoritmos y redes neuronales, el sistema procesa y genera respuestas en lenguaje natural a partir de las consultas de los usuarios a través de una interfaz de texto (Avello et al., 2024). Esta capacidad le permite imitar el lenguaje humano de manera fluida, lo que lo convierte en una herramienta eficaz para acceder a información rápidamente (Guàrdia Ortiz et al., 2024).

El modelo de ChatGPT emplea una base de datos estática y genera respuestas basadas en patrones y relaciones estadísticas. Para ello, utiliza grandes volúmenes de datos, que incluyen tanto textos estructurados como no estructurados (Lorenzo-Lledó et al., 2024). Este proceso permite al modelo aprender a reconocer patrones y a capturar una amplia diversidad lingüística, lo que mejora su comprensión del lenguaje (Reza Flores y Guemez Peña, 2024).

Aunque los modelos de lenguaje como ChatGPT son fácilmente accesibles para el público general y no requieren habilidades tecnológicas avanzadas, su uso ha generado cierta preocupación, especialmente en el ámbito académico. Un estudio reciente de Leiter et al. (2024) analizó la percepción pública de ChatGPT a través de 300,000 tuits y más de 150 artículos científicos. Aunque la percepción general es positiva y se considera que la información generada es verosímil, ha disminuido el entusiasmo en el ámbito académico, donde algunos temen que su uso pueda fomentar prácticas deshonestas como el plagio (Magno Ventayen, 2023).

A pesar de que ChatGPT puede generar textos coherentes y adecuados al contexto, existe el riesgo de que sea utilizado de manera inapropiada, por ejemplo, para producir contenido plagiado o ficticio. Si un estudiante utilizara esta tecnología para redactar un ensayo completo, esto infringiría los principios de integridad académica (Stokel-Walker, 2022). Aunque la herramienta en sí no representa una amenaza directa, su uso debe ser responsable y acompañarse de normas claras para preservar la honestidad académica (Graham, 2022).

El uso adecuado de ChatGPT puede beneficiar al estudiantado, especialmente si se utiliza como una herramienta inicial para la elaboración de textos. Sin embargo, debe ser seguido por una revisión cuidadosa, corrección de errores y adición de citas en las versiones finales de los trabajos (Salas Acuña y Amador Solano, 2023). Según Fuchs (2023), los textos generados por la IA pueden despertar interrogantes y motivar al estudiantado a aplicar sus habilidades de análisis. Aun así, es crucial que esta herramienta no reemplace el pensamiento crítico ni el trabajo original, sino que se utilice para complementar y fortalecer las habilidades de escritura e investigación (Rudolph et al., 2023).

A pesar de los beneficios que ofrece, el uso frecuente de herramientas como ChatGPT presenta desafíos, especialmente en relación con el plagio y el uso excesivo del “copiar y pegar”. Un estudio de Pudasaini et al. (2024) menciona que usar la IA de manera constante para escribir puede hacer que el estudiantado use ideas generadas por algoritmos sin entenderlas y sin hacer un análisis propio. De manera que el estudiantado podría completar estas tareas de manera irreflexiva sin poner en juego criterios vinculados al desarrollo del pensamiento crítico y el análisis profundo, lo que afecta el objetivo educativo de las tareas.

2.3. Argumentación en la educación en ciencias

El uso de la IA en el diseño de escenarios de aprendizaje ofrece una forma innovadora de integrar prácticas científicas auténticas en la educación en ciencias y tecnología. En este contexto, prácticas clave como la indagación (recolección y análisis de datos a través de observaciones y experimentos), la argumentación (reflexión crítica y construcción de conocimiento para su comunicación) y la modelización (uso de modelos teóricos para interpretar fenómenos y crear modelos científicos en diversos contextos) son esenciales para enriquecer la enseñanza de las ciencias (Couso y Garrido, 2016; López Simó et al., 2020; Osborne, 2014).

La IA tiene el potencial de impulsar estas prácticas mediante herramientas que facilitan la recolección de datos, la simulación de modelos científicos y la gestión de debates argumentativos con el uso de análisis automatizados. La argumentación, en particular, sigue siendo una habilidad central en el aprendizaje de las ciencias naturales. Según Toulmin (2003), argumentar implica presentar afirmaciones basadas en evidencia y razonamientos lógicos, una habilidad fundamental en el ámbito científico que favorece el desarrollo del pensamiento crítico y una comprensión más profunda de fenómenos complejos. La IA puede ayudar al estudiantado a analizar datos experimentales con mayor eficiencia, formular hipótesis fundamentadas y defender sus conclusiones mediante un razonamiento lógico más preciso (Osborne, 2014).

Promover la argumentación en ciencias no solo posibilita un entendimiento activo de los principios científicos, sino que también va más allá de la simple memorización de hechos. El estudiantado que desarrollan habilidades argumentativas sólidas están mejor preparadas para participar en debates académicos, defender sus ideas y aplicar sus conocimientos a la resolución de problemas en el mundo real (Berland y McNeill, 2010). Además, la argumentación se considera una competencia cognitivo-lingüística crucial para la formación

ciudadana (Andrews y Mitchell, 2000). Este proceso discursivo puede ser llevado a cabo de manera individual o grupal tanto de forma escrita como oral, y busca persuadir a una audiencia sobre la validez de una afirmación mediante la presentación de datos, justificaciones, refutaciones y evidencias (Božar, 2019).

En el ámbito educativo, la argumentación ha sido ampliamente estudiada como una práctica esencial para promover el aprendizaje significativo y el desarrollo del pensamiento crítico necesario para la participación ciudadana (Erduran et al., 2015; Jiménez-Aleixandre et al., 2017). Pese a los esfuerzos por incorporar la argumentación en el aula, el estudiantado aún enfrenta dificultades al construir argumentos sólidos (Bravo-Torija y Jiménez-Aleixandre, 2018). Para abordar este desafío, algunos estudios sugieren integrar tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como herramientas que pueden mejorar los procesos de argumentación en los contextos educativos (Matuk, 2015). De hecho, experiencias didácticas en entornos tecnológicos han demostrado resultados positivos, pues promueven una mayor generación de ideas en cuanto a la argumentación (García-Romano et al., 2021).

En este sentido, surge la necesidad de explorar cómo herramientas de IA, como ChatGPT, pueden integrarse en el diseño de actividades didácticas para fortalecer las habilidades argumentativas en la educación secundaria. Para ello es útil analizar la calidad de las estructuras argumentativas desarrolladas por el estudiantado a partir del modelo conceptual de Toulmin, por ejemplo (Jiménez-Aleixandre et al., 2017).

Es fundamental diferenciar entre "argumento" y "argumentación". El primero hace referencia a los razonamientos que el estudiantado emplea para sustentar sus conclusiones, mientras que el segundo alude al proceso mediante el cual se construyen dichos razonamientos (Osborne et al., 2004). De acuerdo con el modelo de Toulmin, un argumento sólido debe contener al menos tres elementos clave: datos (D), conclusión (C) y garantía (G). Además, puede enriquecerse con otros componentes, como el sustento (S), el calificador modal (Q) y las condiciones de refutación (R). Las garantías permiten justificar la relación entre los datos y la conclusión, el calificador modal expresa el nivel de certeza del argumento, y las condiciones de refutación delimitan su validez (Pinochet, 2015). Estos elementos pueden manifestarse de manera explícita o implícita, especialmente en discusiones orales, lo que influye en la evaluación de la calidad argumentativa en función de su presencia (Simon et al., 2006).

El pensamiento crítico y la argumentación científica están estrechamente relacionados, mientras que el pensamiento crítico ayuda a analizar una situación de forma objetiva para

llegar a conclusiones bien fundamentadas, la argumentación se basa en construir respuestas lógicas con evidencia (Ennis, 2011). Ambas habilidades son clave en el aprendizaje de las ciencias, ya que no solo permiten entender mejor los conceptos, sino también cuestionar y evaluar la información recibida.

Más que nunca, en un mundo lleno de información, es importante desarrollar estas habilidades. El estudiantado debe aprender a diferenciar fuentes confiables de la desinformación y analizar los datos con una mirada crítica. La relevancia de este aspecto se acentúa en las ciencias naturales, donde el avance del conocimiento depende de la capacidad de formular argumentos claros y fundamentados en evidencia (Gutiérrez, 2017).

3. Metodología

3.1. Enfoque

La investigación adoptó el enfoque de Investigación Basada en Diseño (DBR) cuyo principal objetivo es producir cambios que permitan avanzar en la solución a problemas mediante intervenciones didácticas y equipos de investigación (Rinaudo, 2025). Desde esta perspectiva, se considera que el aprendizaje es un proceso contextual, por lo que las intervenciones deben ajustarse a cada entorno. A diferencia de metodologías que buscan determinar si una estrategia es efectiva, la DBR se centra en comprender cómo funciona un entorno de aprendizaje y mejorar progresivamente su diseño (Psillos y Kariotoglou, 2016). En este marco, desarrollamos una investigación descriptiva con el objetivo de caracterizar los aprendizajes que tuvieron lugar a partir de un escenario de aprendizaje particular y contextualizado. Para el análisis de los datos se utilizaron metodologías mixtas cualitativas y cuantitativas.

Este estudio se llevó a cabo a través de dos ciclos iterativos, cada uno compuesto por tres fases: diseño, implementación y análisis, complementadas con una etapa de reelaboración (Scott et al., 2020). En cada ciclo participó una profesora con más de 13 años de experiencia docente. El primer autor, junto con la profesora implementadora, se involucró en un proceso de codiseño que permitió adaptar el diseño a necesidades específicas, registrando sistemáticamente la información. Este enfoque permitió formar un equipo colaborativo en el que se integraron la profesora implementadora y los miembros del equipo de investigación según las recomendaciones de la literatura (Martinenco, 2025).

Es esencial que el equipo de investigación se familiarice con el contexto escolar, la disciplina en la que se trabajará y las teorías del aprendizaje que fundamentan los diseños

(Martinenco, 2025). Por ello, tres meses antes de comenzar la intervención de cada ciclo, se mantuvieron conversaciones con la sostenedora, la directora y la profesora de la asignatura para conocer de primera mano el entorno de la escuela, la cual posee una orientación católica. Los estudios de diseño buscan, por un lado, aportar nuevos conocimientos que optimicen las prácticas de aprendizaje específicas y, por otro, generar teorías que orienten la toma de decisiones hacia una mejora educativa (Guisasola, 2024).

3.2. Unidades de análisis

El estudio se llevó a cabo en una escuela secundaria privada de la ciudad de Córdoba, Argentina, con estudiantes de segundo año en la asignatura de Biología. Se eligió esta asignatura, ya que, de acuerdo con el diseño curricular vigente, aborda el contenido relacionado con la célula como eje temático central. La carga horaria fue de tres horas cátedra semanales, distribuidas en dos días, y la temática de la célula se abordó en la segunda unidad del diseño curricular.

Se trabajó en dos ciclos iterativos, en ambos casos con la totalidad del estudiantado. El primer ciclo iterativo se desarrolló en el año 2023, con la participación de 37 estudiantes de entre 13 y 14 años, de quienes el 63 % eran mujeres y el 37 % varones. La implementación de la secuencia didáctica en esta etapa tuvo una duración de tres semanas. Posteriormente, el segundo ciclo iterativo se llevó a cabo en 2024, con la participación de 34 estudiantes de entre 12 y 14 años, con una distribución del 56 % de mujeres y el 44 % de varones. En este caso, la implementación de la secuencia didáctica se extendió a lo largo de cinco semanas.

A partir del análisis del primer ciclo iterativo, se realizaron ajustes en el diseño del estudio, que se reflejaron en una nueva secuencia didáctica basada en los hallazgos previos. Estos cambios implicaron la extensión de la implementación del segundo ciclo por dos semanas adicionales, la incorporación de preguntas específicas para profundizar en los procesos argumentativos y la eliminación de actividades redundantes para el estudiantado. Además, se agregaron actividades orientadas al análisis de las preguntas (prompts) que el estudiantado le formulaba a ChatGPT, con el fin de optimizar la redacción, mejorar la coherencia y dar realce a sus textos argumentativos.

Asimismo, en ambos ciclos iterativos se obtuvo el consentimiento informado de las personas apoderadas del estudiantado de segundo año de secundaria, además de la aprobación previa de la sostenedora, la directora, la coordinación académica y el equipo docente de Biología.

3.3 Técnicas de recolección de datos

Para recolectar los datos, se emplearon diversas estrategias metodológicas:

- Observación participante: Durante las actividades de clase se registraron de manera continua las interacciones entre las personas estudiantes, así como su participación en las discusiones y tareas grupales. Para ello, se utilizaron grabaciones en video y audio, fotografías y notas de campo.
- Registros escritos: Se solicitó al estudiantado que escribiera textos argumentativos a mano, sin acceso a Internet, sobre la ética del experimento de la Rata de Vacanti. Estos textos fueron recolectados al final de la actividad y se conservaron en un cuadernillo del estudiante para su análisis posterior.

3.4 Secuencia didáctica

La secuencia didáctica mejorada incluyó dos actividades. La primera consistió en el análisis del experimento conocido como la Rata de Vacanti (Actividad IA), en el que se implantó una estructura similar a una oreja humana en el torso de un ratón (Figura 1). A partir de este caso, el estudiantado trabajó en grupos de cuatro y redactó un texto argumentativo de manera manual, utilizando lápiz y papel, sin acceso a Internet. La consigna planteada fue: “¿Consideras que el experimento de la Rata de Vacanti plantea dilemas éticos al utilizar ratones en la investigación, o crees que representa un avance significativo en la ingeniería de tejidos y en la medicina? Fundamenta tu respuesta.”

Figura 1. Experimento Rata de Vacanti.



Fuente: Elaboración propia, 2025

A continuación, se introdujo al grupo estudiantil en el uso de herramientas de IA en el aula (Actividad IB). Se le pidió que ingresara la misma pregunta en ChatGPT y generará un texto argumentativo con un máximo de 200 palabras. Este enfoque le permitió comparar su producción inicial con la respuesta generada por el modelo de IA, lo que facilitó un ejercicio de análisis crítico y le ayudó a comprender cómo se estructuran los argumentos.

El experimento 'rata de Vacanti' plantea, sin duda, dilemas éticos al utilizar ratones en investigación. La comunidad científica se enfrenta al desafío de equilibrar los beneficios médicos potenciales con la consideración ética hacia los animales. Es crucial reconocer que este experimento ha sido un avance clave en la ingeniería de tejidos y medicina regenerativa, ya que permitió explorar la posibilidad de crear estructuras biomiméticas para la reparación de tejidos dañados. Aunque la ética en la investigación con animales debe ser rigurosamente debatida y regulada, no podemos ignorar los avances fundamentales que han surgido de estas investigaciones. La clave reside en encontrar métodos que minimicen el sufrimiento animal sin comprometer el progreso científico necesario para abordar desafíos médicos significativos. En última instancia, el dilema ético planteado por la 'rata de Vacanti' subraya la necesidad de una reflexión constante sobre cómo la ciencia puede avanzar de manera ética y beneficiosa para la sociedad (OpenAI, 2023).

Posteriormente, se solicitó al estudiantado que integraran ambas respuestas (la escrita a mano y la generada por ChatGPT) para redactar un nuevo texto argumentativo (Actividad IC). Este ejercicio tuvo como objetivo fortalecer sus habilidades de síntesis y mejorar la calidad de sus argumentos mediante la combinación de diferentes enfoques. La actividad no solo promovió el uso crítico de herramientas digitales, sino que también incentivó una reflexión sobre los aspectos éticos y prácticos del uso de la IA en la elaboración de textos científicos.

En el primer ciclo iterativo se implementó únicamente la Actividad 1. Tras su realización, se llevó a cabo un análisis cualitativo basado en notas de campo, entrevistas semiestructuradas con la profesora de Biología y un grupo focal con el estudiantado participante. A partir de estos insumos, se identificó la necesidad de diseñar e incorporar una segunda actividad, la cual se implementó junto con la Actividad 1 en el segundo ciclo iterativo. Esta nueva actividad se describe a continuación y representa una mejora significativa en el proceso.

La segunda actividad se centró en el análisis de un caso real relacionado con la bioingeniería y con la medicina regenerativa. *Una paciente superó un cáncer de senos paranasales que requirió la extirpación de una parte significativa de su nariz, lo que le provocó*

fobia social y pérdida del olfato. Para reconstruirla, los médicos emplearon una bioimpresora 3D y técnicas de ingeniería de tejidos para crear una nueva nariz en su antebrazo. Tras dos meses, el tejido desarrollado adquirió circulación propia y, mediante microcirugía, fue trasplantado a su rostro al conectar los vasos sanguíneos (Figura 2). A partir de este caso, se planteó la siguiente consigna: “¿Crees que estos procedimientos son esenciales para mejorar la calidad de vida de los pacientes o, por el contrario, representan riesgos para su salud? Expón tu postura y argumenta tu respuesta”.

Figura 2. En la imagen de la izquierda vemos el dispositivo 3D creado a partir de material genético y en la foto de la derecha la nariz lista para ser trasplantada.



Fuente: de Bonneau y Chaput (2019).

Luego, se solicitó al estudiantado que completara la actividad, en la cual debían reflexionar sobre cómo fortalecer sus argumentos en relación con la posición que adoptaron en la respuesta anterior. Para ello, debían redactar preguntas dirigidas a ChatGPT con el objetivo de mejorar su argumentación y explicar la razón detrás de cada una de ellas.

3.5 Procedimiento de análisis

El análisis se centró en los elementos fundamentales del modelo de argumentación de Toulmin, abarcando datos, afirmaciones y justificaciones. En relación con los datos, se efectuó una distinción entre aquellos proporcionados por la actividad educativa y los obtenidos directamente por el estudiantado. En cuanto a las afirmaciones, se identificaron hipótesis, conclusiones y oposiciones, destaca la relevancia de formular afirmaciones claras y bien fundamentadas. Además, se enfatizó la necesidad de contar con justificaciones detalladas que avalaran la validez de los argumentos presentados. Para llevar a cabo el análisis, se utilizaron

las categorías propuestas por Jiménez-Aleixandre et al. (2017), las cuales fueron adaptadas y resumidas en la Tabla 1 para ajustarse al contexto de esta investigación.

Tabla 1. Categorías de análisis basadas en los componentes del modelo de Toulmin.

Categorías/ Subcategorías (Subcat.)	Definición	Ejemplos (Sin uso de ChatGPT y con uso de ChatGPT)
Dato	Datos mencionados como fundamento para la conclusión.	
Dato suministrado (DS)	Origen de una fuente externa.	<p>- <i>Creo que fue un gran avance, que fue clave en la ingeniería de tejidos y la medicina, porque la base de la extracción de las células del ratón permitió implantarle una oreja similar a la de un humano y colocarla en el ratón, y el ratón prosperó.</i> (Ciclo II; Sin uso de ChatGPT).</p> <p>- <i>Fue un experimento crucial en la ingeniería de tejidos y la medicina por haber logrado implementar la oreja en la rata. Ya que los seres humanos y las ratas son muy parecidos, aunque a simple vista son muy diferentes. Generó dilemas éticos por el uso de animales en investigación. Lo que tiene de importante es la reparación de tejidos en humanos.</i> (Ciclo II; Con uso de ChatGPT).</p>
Dato obtenido (DO):		
-Dato empírico (DE)	Fuente de experiencia, como un experimento de laboratorio.	- No se encontraron ejemplos de estos componentes durante el curso de esta investigación.
-Dato hipotético (DH)	Origen en conocimiento.	<p>- <i>Para mí el experimento de Rata de Vacanti, podría llegar a ser diferente el resultado porque los organismos son distintos.</i> (Ciclo I; Sin uso de ChatGPT).</p> <p>- <i>Me parece bien que sigan experimentado y que pueda avanzar pero creo que no está bien que experimenten con animales, fue un avance clave pero deberían tener cuidado porque la rata puede tener alguna bacteria.</i> (Ciclo I; Sin uso de ChatGPT)</p>
Subcat. - DS + DH	Combinación entre la exposición de una postura y una proyección o hipótesis sobre posibles resultados futuros.	- <i>El experimento vacanti plantea sin duda dilemas éticos debido al uso de animales en la investigación. Si siguen haciendo estas investigaciones estas en un futuro puede llegar a ayudar a mucha gente.</i> (Ciclo II; Con uso de ChatGPT).
-Conclusión (C)	Enunciado cuya veracidad se busca confirmar.	- <i>Me parece interesante que puedan imprimir células (partes del ser humano), porque algunos no nacen con estos o lo han perdido.</i> (Ciclo II; Sin uso de ChatGPT).

-Oposición (O)	Enunciado que cuestiona la validez de otro.	- Este experimento plantea dilemas éticos ya que puede ser más pesado, ya que el ratón no se puede esconder en los mismos lugares que antes. (Ciclo II; Sin uso de ChatGPT).
-Hipótesis (H)	Enunciado hipotético cuya validez se quiere establecer.	- A mi parecer, el experimento "rata de vacanti" podría llegar a ser no muy efectivo o similar a la implantación en el humano. Esto podría deberse a la diferencia entre ambos organismos y las reacciones que pudiera desencadenar el implante de un cuerpo extraño a las distintas estructuras, ya que, como sabemos, cada organismo es diferente y podrían reaccionar de diferentes maneras. (Ciclo I; Sin uso de ChatGPT). - Servirá para que nazcan con alguna deformación o algún problema. (Ciclo II; Sin uso de ChatGPT).
Subcat. - C+O	Integran ambas ideas: se destaca un avance o conclusión afirmativa y, al mismo tiempo, se plantea una crítica ética.	- Creo que plantea dilemas éticos porque están afectando la naturalidad de la rata y, además, creo que es un avance clave en la ingeniería para seguir conociendo y experimentando. (Ciclo II; Sin uso de ChatGPT).
Subcat. - C+H	Combinación de una conclusión afirmativa con una hipótesis futura.	- El experimento Vacanti plantea sin duda dilemas éticos debido al uso de animales en la investigación. Si siguen haciendo estas investigaciones, en un futuro puede llegar a ayudar a mucha gente. (Ciclo II; Con uso de ChatGPT).
Justificación (J)	Enunciado general que justifica la conexión entre datos y conclusiones.	- Opino que el experimento Rata de Vacanti no planteó dilemas éticos en la utilización de ratas, pero considero que fue un avance clave en la medicina, ya que da oportunidades de trasplante en niños con malformaciones congénitas en sus orejas. (Ciclo II; Sin uso de ChatGPT). - Fue un experimento crucial en la ingeniería de tejidos y la medicina por haber logrado implementar la oreja en la rata. Ya que los seres humanos y las ratas son muy parecidos, aunque a simple vista son muy diferentes. Generó dilemas éticos por el uso de animales en investigación. Lo importante es la reparación de tejidos en humanos. (Ciclo II; Con uso de ChatGPT).

Fuente: Elaboración propia.

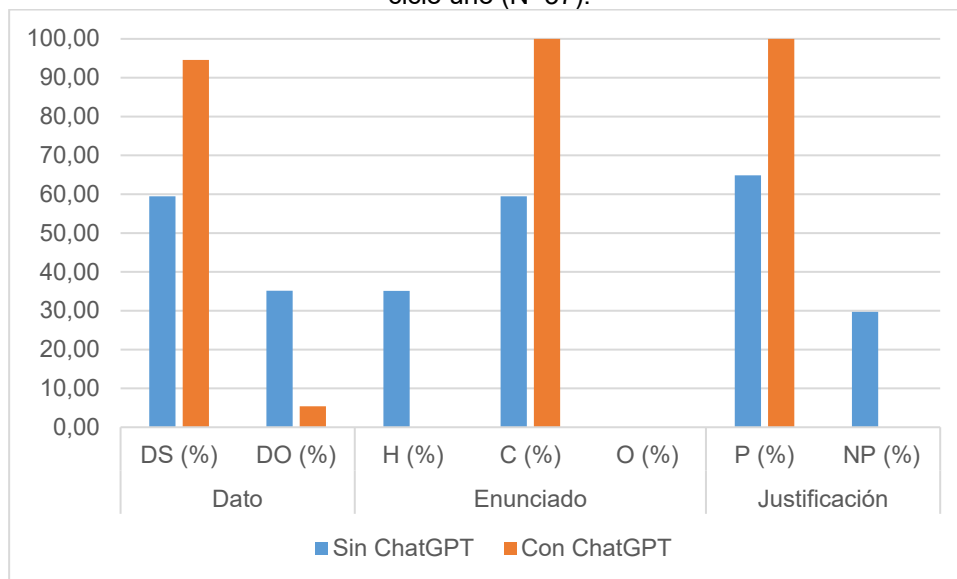
4. Resultados y discusión

4.1. Análisis del primer ciclo: Estudio contextual

El análisis de los resultados preliminares evidencia transformaciones significativas en la estructura argumentativa del estudiantado de segundo año de secundaria, al comparar las respuestas realizadas sin y con ChatGPT (Figura 3). En primer lugar, se observó que la categoría de DS aumentó notablemente, se pasó del 59,46 % en las respuestas sin ChatGPT, al 94,4 % en las asistidas, lo que indica una mayor aptitud para identificar y utilizar la

información proporcionada. Este avance es coherente con lo planteado por Jiménez-Aleixandre et al., (2017) y Díaz-Moreno y Jiménez-Liso (2012), quienes destacan la importancia de fundamentar los argumentos en datos objetivos para abordar controversias socio-científicas, integrando elementos científicos, éticos y sociales.

Figura 3. Comparación entre las respuestas sin ChatGPT y con ChatGPT durante las actividades del ciclo uno (N=37).



Fuente: Elaboración propia.

En contraste, la categoría de DO se redujo del 35,1 % al 5,4 %, lo cual sugiere que, tras la intervención, el estudiantado se centró en la información facilitada y dependieron menos de datos inferidos o adicionales. Este cambio podría reflejar una comprensión más precisa y enfocada, aunque también plantea la interrogante de si se pierde la capacidad para explorar perspectivas alternativas, aspecto fundamental según el modelo de Toulmin (2003) y Pinochet (2015).

Asimismo, la categoría de H desapareció por completo, se pasó del 35,1 % al 0 %, lo que indica un cambio en el enfoque argumentativo: el estudiantado dejó de formular hipótesis para concentrarse en conclusiones más directas. Si bien esta modificación aporta claridad, podría limitar el análisis crítico necesario para explorar escenarios futuros o alternativas interpretativas (Berland y McNeill, 2010; Ennis, 2011).

La categoría de C mostró un incremento significativo, pues alcanzó el 100 % en las respuestas con ChatGPT en comparación con el 59,5 % inicial. Este resultado demuestra una notable mejora en la capacidad para sintetizar y cerrar adecuadamente los argumentos, esto,

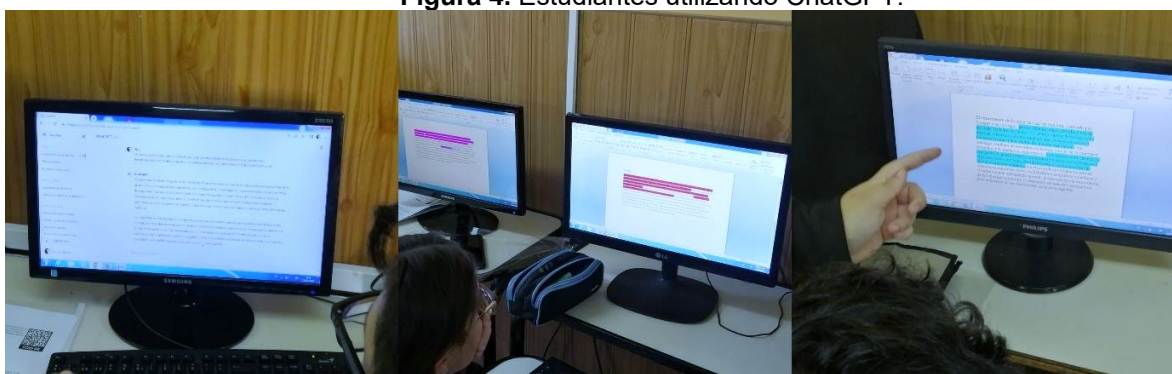
en línea con la importancia que Osborne et al. (2004) atribuyen a la formulación de conclusiones basadas en evidencia. No obstante, la ausencia de elementos de O en las respuestas asistidas sugiere que la búsqueda de conclusiones claras pudo haber llevado a omitir la consideración de contraargumentos, aspecto esencial para una argumentación completa y equilibrada (Andrews y Mitchell, 2000; Božar, 2019).

Uno de los hallazgos más destacados es el fortalecimiento de la justificación, ya que las respuestas justificadas alcanzaron el 100 % con ChatGPT, mientras que las respuestas sin justificación se redujeron del 64,9 % (sin ChatGPT) al 0 % (con ChatGPT). Este resultado subraya una mejora en la capacidad para conectar datos y conclusiones mediante razonamientos lógicos, lo cual es coherente con los postulados del Modelo Toulmin (2003) y las investigaciones de Couso y Garrido (2016), que destacan la justificación como el nexo esencial en la argumentación.

4.2 Análisis de la implementación del diseño

Durante la implementación del diseño didáctico, se observó que el estudiantado trabajó en grupo utilizando tanto los computadores del laboratorio como sus dispositivos móviles personales. Para interactuar con ChatGPT, fue necesario contar con conexión a internet. Realizaron las Actividades I y II y luego compartieron las respuestas con sus compañeros de curso (Figura 4). Esta estrategia combinó el uso de diferentes tecnologías y fomentó el trabajo en equipo, y la adaptación a nuevas herramientas digitales.

Figura 4. Estudiantes utilizando ChatGPT.



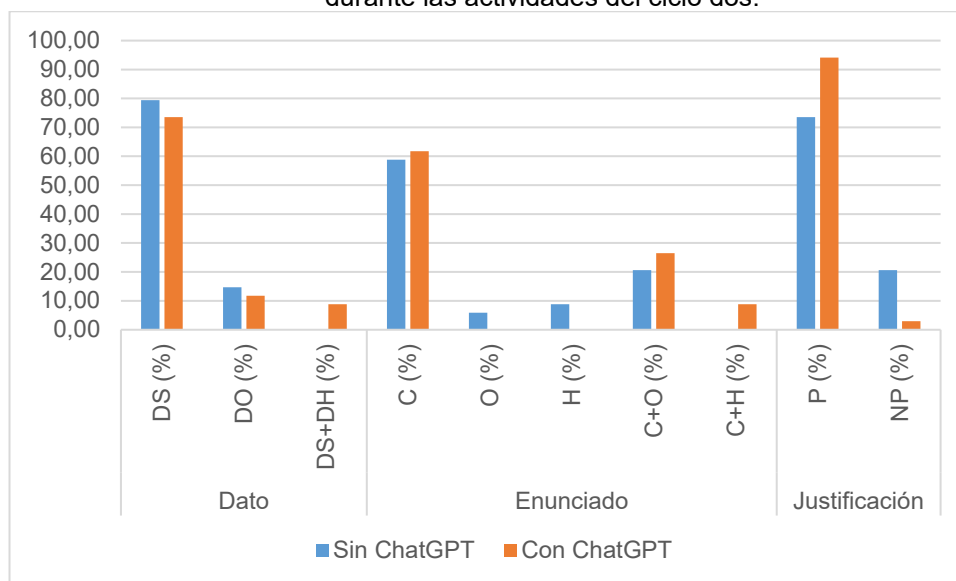
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del segundo ciclo de intervención revelan transformaciones profundas en la forma en que el estudiantado de segundo año de secundaria estructura sus argumentos, lo que se evidencia tanto en las categorías principales como en las subcategorías que emergen

al analizar sus respuestas. Al comparar las condiciones sin y con ChatGPT, se aprecia un cambio en el uso y la integración de los datos, en la formulación de enunciados y en la elaboración de justificaciones, aspectos fundamentales para enfrentar problemáticas complejas en controversias socio-científicas (Figura 5).

En la dimensión de los datos, las respuestas sin ChatGPT se sustentaron principalmente en los DS, con un 79,41 %, y en menor medida en los DO (14,7 %), sin que se observara la presencia de elementos que combinaran datos con hipótesis (DS+DH). Con la intervención asistida por ChatGPT, se evidencia una ligera disminución en DS (73,5 %), pero se introduce la subcategoría DS+DH (8,8 %). Este cambio sugiere que el estudiantado ha comenzado a integrar no solo la información objetiva facilitada, sino también elementos interpretativos o proyecciones que enriquecen su argumentación. La integración de DS+DH es fundamental en controversias socio-científicas, ya que, según Díaz-Moreno y Jiménez-Liso (2012), y Jiménez-Aleixandre et al., (2017), abordar problemas que tienen trasfondos científicos y, a la vez, implican dimensiones éticas, sociales y ambientales requiere la articulación de datos objetivos con interpretaciones críticas que permitan cuestionar y ampliar el análisis.

Figura 5. Comparación entre las respuestas sin ChatGPT y con ChatGPT durante las actividades del ciclo dos.



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la formulación de enunciados, se observa un incremento en la capacidad para sintetizar la información a través de la categoría de C, que aumenta de 58,8 % a 61,8 % en las respuestas con ChatGPT. No obstante, los resultados también muestran la aparición de

subcategorías combinadas como C+O (que aumenta de 20,6 % a 26,5 %) y C+H (que aparece con 8,8 % en las respuestas asistidas), mientras que las categorías de H y de O en forma aislada desaparecen en la condición con ChatGPT. Este patrón indica que el estudiantado, al contar con el apoyo de la IA, tiende a articular enunciados más completos que integran elementos de oposición o hipótesis de manera combinada, en lugar de desarrollarlos de forma independiente. La integración de estas subcategorías sugiere un intento de incorporar contraargumentos o escenarios alternativos en una misma unidad de respuesta, lo cual es un aspecto positivo por cuanto enriquece el debate interno del argumento. Pese a ello, la ausencia de formulaciones aisladas de hipótesis y oposición podría limitar la capacidad de explorar de manera más profunda cada uno de estos elementos, lo cual es crucial para construir argumentos robustos, como lo proponen Toulmin (2003) y Pinochet (2015).

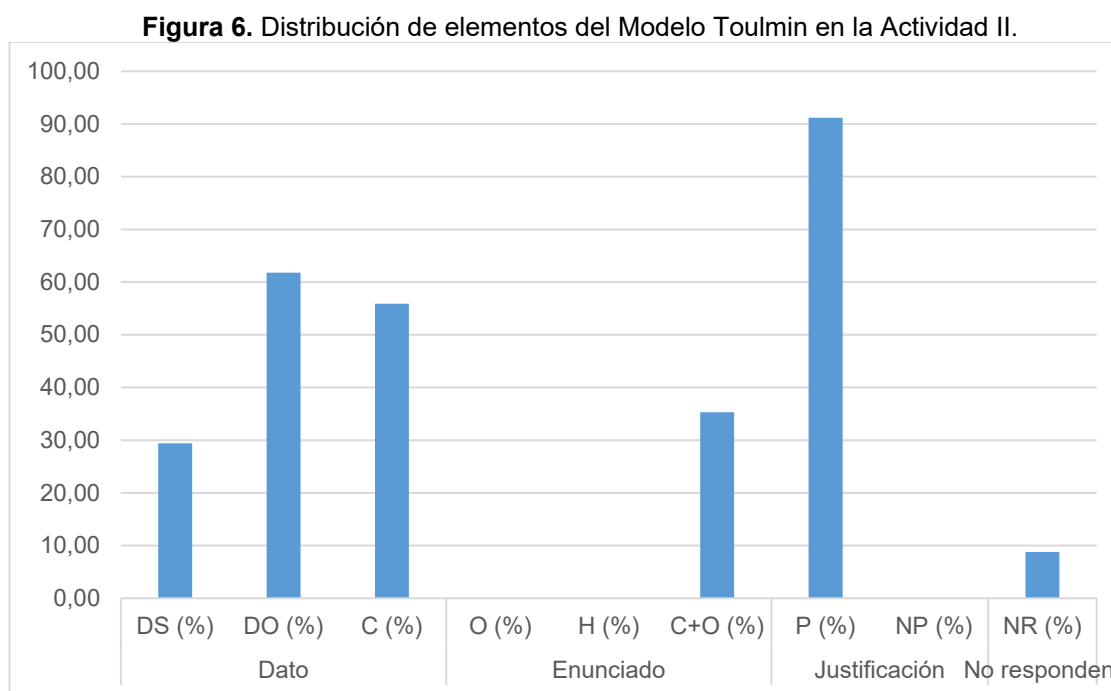
La dimensión de la justificación es otro aspecto que muestra mejoras significativas. Mientras que en las respuestas sin ChatGPT, el 73,5 % presentaban justificación y el 20,6 % carecían de ella, en las respuestas asistidas con ChatGPT la presencia de justificaciones se elevó al 94,1 %, lo que reduce las respuestas sin justificación al 2,9 %. Este cambio es determinante, ya que la justificación es el nexo que conecta los datos con las conclusiones y es fundamental para consolidar la credibilidad del argumento. La mejora en esta dimensión coincide con las recomendaciones de Couso y Garrido (2016), y refuerza el enfoque del Modelo Toulmin, que destaca la importancia de fundamentar cada afirmación con evidencias y razonamientos lógicos. En el marco de las controversias socio-científicas, donde es esencial que los argumentos se basen en evidencia verificable para poder debatir sobre dilemas éticos, sociales y políticos, este fortalecimiento en la justificación representa un avance crucial.

Estos resultados, al integrarse, sugieren que la intervención educativa apoyada por herramientas de IA como ChatGPT ha potenciado la capacidad del estudiantado para estructurar y fundamentar sus argumentos de manera más coherente y precisa. El incremento en el uso de DS y la aparición de la subcategoría DS+DH permiten una mejor integración de la información suministrada con elementos interpretativos, lo que es esencial para abordar problemáticas complejas. Asimismo, la combinación de elementos en los enunciados, a través de subcategorías como C+O y C+H, refleja una mayor tendencia a sintetizar diferentes perspectivas dentro de un mismo enunciado, lo cual permite un análisis más integral.

Sin embargo, es importante señalar que la desaparición de categorías aisladas como H y O podría indicar que, a pesar de mejorar la claridad y la precisión de las respuestas, la intervención podría estar limitando la exploración autónoma de hipótesis o la articulación

explícita de contraargumentos. Este aspecto es particularmente relevante, ya que el marco teórico enfatiza la importancia de que el estudiantado desarrolle habilidades argumentativas que incluyan la formulación de hipótesis y la consideración de perspectivas opuestas para enfrentar de manera efectiva controversias socio-científicas. (Jiménez-Aleixandre et al., 2017; Díaz-Moreno y Jiménez-Liso, 2012). Aunado a esto, el uso de la IA para facilitar la elaboración de textos debe acompañarse de estrategias que aseguren la reflexión crítica y la originalidad del pensamiento, con el fin de evitar una dependencia excesiva que podría conducir a respuestas superficiales o a la omisión de análisis profundos (Hernández León y Rodríguez-Conde, 2024; Pudasaini et al., 2024).

Los resultados obtenidos en la Actividad II se reflejaron en la distribución de los elementos del modelo de Toulmin (Figura 6), donde se evidencia que el estudiantado incorporó DO en un 61,8 %, lo cual indica una fuerte dependencia de la experiencia empírica para sustentar sus argumentos, aspecto fundamental en la argumentación científica (Osborne, 2010; Toulmin, 2003).



Fuente: Elaboración propia.

El uso de DS fue del 29,4 %, lo que indica una baja integración de información externa que podría aumentarse mediante el acceso a fuentes diversas facilitado por herramientas digitales. El 55,9 % de los argumentos presentó conclusiones claramente formuladas; sin

embargo, no se registraron objeciones ni hipótesis (0,0 %), lo que sugiere que el estudiantado no exploró contraargumentos ni hipótesis alternativas que habrían enriquecido el debate (Jiménez-Aleixandre et al., 2017; Erduran et al., 2015). La justificación alcanzó 91,2 %, evidenciando un esfuerzo por vincular datos con conclusiones, y la combinación de conclusión con elementos incipientes de objeción se situó en 35,3 %. Estos resultados indican que, aunque la observación empírica favoreció la coherencia argumentativa, existen oportunidades para fortalecer la argumentación mediante la incorporación de datos secundarios y la generación de hipótesis y refutaciones. La integración de herramientas como ChatGPT podría facilitar el acceso a fuentes variadas y promover la formulación de hipótesis y contraargumentos, enriqueciendo así el análisis crítico en controversias socio-científicas.

La segunda parte de la Actividad II evidencia que el uso de ChatGPT como herramienta para enriquecer y contrastar ideas fomenta una argumentación más profunda y un análisis crítico del procedimiento descrito. El estudio muestra que la integración de ChatGPT fortalece los argumentos del estudiantado desde diversas perspectivas.

El análisis de las preguntas formuladas por el estudiantado en la Actividad II permitió identificar los distintos enfoques desde los cuales abordan el problema planteado. Para ello, se elaboró una categorización de las preguntas, se adaptaron a las categorías de análisis propuestas por Roca-Tort et al. (2013) según su objetivo o demanda cognitiva. Esto facilitó comprender cómo el estudiantado estructura su indagación y argumentación utilizando ChatGPT como herramienta de apoyo (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de preguntas formuladas por el estudiantado.

Categorías	Ejemplos de preguntas formuladas	Descripción
Explicación causal	- <i>¿Qué sucede cuando no funciona el trasplante?</i> - <i>¿Podría haber un riesgo en el experimento de injerto de nariz?</i>	Preguntas que buscan comprender las causas y consecuencias de un fenómeno.
Evaluación y opinión	- <i>¿Crees que las bioimpresoras 3D son una opción viable para mejorar la calidad de vida?</i> - <i>¿Te parece una mejora de vida que los médicos hayan usado la bioimpresora 3D y la ingeniería de tejidos para crear una nueva nariz?</i>	Preguntas que requieren un juicio o valoración crítica sobre el tema.
Descripción	- <i>¿Cuándo se creó el trasplante de nariz?</i> - <i>¿Desde qué edad se puede hacer el trasplante de nariz?</i>	Preguntas que buscan información factual o histórica.
Comprobación	- <i>¿Cómo se conectan los implantes de la bioimpresora 3D al organismo?</i>	Preguntas que indagan sobre los mecanismos o el

	- ¿Qué dificultades presentó la paciente durante el proceso de implante de la nariz en su antebrazo?	funcionamiento del procedimiento.
Generalización/Definición	- ¿Qué enfermedades pueden usar un implante de la bioimpresora 3D? - ¿Cuánto tiempo necesitan los implantes de la bioimpresora 3D?	Preguntas que buscan establecer principios generales sobre un fenómeno.
Gestión	- ¿Cómo detectarían fallas en la bioimpresora 3D o en la impresión? - ¿Qué medidas de seguridad se toman al realizar este experimento?	Preguntas que se centran en la aplicación práctica y el manejo del procedimiento.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis muestra que las preguntas formuladas por el estudiantado no solo buscan adquirir información, sino que también permiten evaluar la comprensión conceptual, el pensamiento crítico y la capacidad de argumentación del estudiantado. La diversidad de categorías identificadas sugiere que el uso de estrategias de indagación en el aula contribuye a generar un aprendizaje significativo en torno a temas científicos de vanguardia.

Este tipo de análisis es clave en la educación en ciencias, ya que permite diseñar estrategias didácticas basadas en la formulación de preguntas que favorezcan la reflexión y el pensamiento crítico. Además, se destaca la importancia de la tecnología educativa, como ChatGPT, para fortalecer la argumentación y ampliar el acceso a información validada.

5. Conclusiones

La intervención educativa implementada en el estudio mostró un impacto positivo en la capacidad argumentativa del estudiantado de segundo año de secundaria, lo cual evidencia mejoras notables en la forma en que se estructuran y fundamentan sus respuestas. Se observó un mayor uso de datos y una elaboración más rigurosa de justificaciones, lo que les permitió construir argumentos más coherentes y fundamentados en la evidencia presentada. La incorporación de ChatGPT facilitó la estructuración de los enunciados, esto favoreció la formulación de conclusiones claras y precisas, y promovió la inclusión de elementos hipotéticos que enriquecieron el proceso argumentativo.

La segunda parte de la Actividad II refuerza estos resultados al evidenciar que el uso de ChatGPT como herramienta para enriquecer y contrastar ideas fomentó una argumentación más profunda y un análisis crítico del procedimiento. El estudio demostró que la integración de ChatGPT fortalece los argumentos del estudiantado al permitirles abordar el problema desde diversas perspectivas. El análisis de las preguntas formuladas en la actividad reveló una categorización en distintas demandas cognitivas (explicación causal, evaluación y opinión,

descripción, comprobación, generalización/definición y gestión), lo que permitió comprender de forma detallada cómo se estructura la indagación y el razonamiento a partir del apoyo de esta tecnología. La diversidad de categorías identificadas no solo evidenció la búsqueda de información, sino que también puso de manifiesto la capacidad de evaluar la comprensión conceptual, el pensamiento crítico y la habilidad argumentativa.

No obstante, pese a estos avances, se identificaron áreas que requieren mayor atención para alcanzar un nivel de argumentación aún más completo. La tendencia del estudiantado a prescindir de la formulación de hipótesis y la inclusión de elementos de oposición de forma aislada indica que, aunque se ha logrado una síntesis clara de las ideas, falta un equilibrio que permita el análisis crítico de perspectivas alternativas. Además, la inclinación a basar los argumentos en valoraciones personales sin un adecuado respaldo de datos empíricos sugiere la necesidad de fortalecer la conexión entre la evidencia objetiva y el razonamiento subjetivo, elemento esencial para el desarrollo de un pensamiento crítico integral.

Se reconocen varias limitaciones y sesgos. La muestra, centrada en estudiantes de segundo año en un solo establecimiento, impide generalizar los hallazgos a otros niveles o contextos. El uso de ChatGPT como fuente de apoyo puede condicionar la estructura de las respuestas por sesgos del modelo, por lo que sería recomendable combinarlo con otras fuentes (bases académicas, expertos) o protocolos de prompt más controlados. Es importante mejorar las estrategias de enseñanza para incluir diferentes perspectivas y fomentar el análisis de alternativas, con el objetivo de fortalecer el pensamiento crítico y lograr una argumentación más completa y equilibrada frente a las controversias socio-científicas.

En síntesis, se sostiene que es crucial diseñar estrategias didácticas que fomenten no solo el uso de herramientas como ChatGPT para estructurar argumentos, sino también el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico que incluyan la formulación de hipótesis y la exploración detallada de contra-argumentos. En este marco, se debe buscar un equilibrio entre el uso de información proporcionada por el profesorado y la exploración de datos de diversas fuentes para asegurar una comprensión más completa de las controversias socio-científicas. En otras palabras, el uso de ChatGPT puede ser una herramienta poderosa para iniciar debates y análisis más profundos, pero debe complementarse con actividades que busquen el desarrollo de un pensamiento independiente y una exploración exhaustiva de diferentes perspectivas.

6. Referencias

- Andrews, Richard., y Mitchell, Sally. (2000). *Learning to argue in higher education*. Heinemann.
- Álvarez Hernández, Gabriel Alejandro., y Pérez Velasco, Arturo Alejandro. (2025). Percepciones del estudiantado universitario en el uso y apropiación de la inteligencia artificial. *Actualidades Investigativas en Educación*, 25(1), 1–27. <https://doi.org/10.15517/aie.v25i1.60626>
- Avello, Raidel., Gajderowicz, Tomasz., y Gómez-Rodríguez, Víctor Gustavo. (2024). ¿ChatGPT es útil para que los estudiantes de posgrado adquieran conocimientos sobre narración digital y reduzcan su carga cognitiva? Un experimento. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 24(78). <https://doi.org/10.6018/red.604621>
- Berland, Leema., y McNeill, Katherine. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94(5), 765-793. <https://doi.org/10.1002/sce.20402>
- Boğar, Yurdagül. (2019). Synthesis Study on Argumentation in Science Education. *International Education Studies*, 12(9), 1-14. <https://doi.org/10.5539/ies.v12n9p1>
- Bravo-Torija, Beatriz., y Jiménez-Aleixandre, María Pilar. (2018). Developing an initial learning progression for the use of evidence in decision-making contexts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16, 619-638. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9803-9>
- Chen, Lijia., Chen, Pingping., y Lin, Zhijian. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264-75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
- Coto Jiménez, Marvin. (2021). Consideraciones para la incorporación de la Inteligencia Artificial en un programa de pregrado de Ingeniería Eléctrica. *Actualidades Investigativas en Educación*, 21(2), 25. <https://doi.org/10.15517/aie.v21i2.46761>
- Couso, Digna., y Garrido, Anna. (2016). Models and modelling in elementary school pre-service teacher education: the influence of teaching scenarios. In *11th ESERA Conference Selected Contributions*. pp. 1–18.
- de Bonnezaze, Guillaume., y Chaput, Benoit. (2019). An innovative reconstruction procedure of total nasal resurfacing with a bipediced propeller perforator flap. *Head & Neck*, 41(9), 3049-3055. <https://doi.org/10.1002/hed.25790>
- Díaz-Moreno, Naira., y Jiménez-Liso, María Rut. (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>
- Domènech-Casal, Jordi. (2017). Propuesta de un marco para la secuenciación didáctica de controversias socio-científicas: Estudio con dos actividades alrededor de la genética. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 601-620. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i3.07

- Duah, James Ewert., y McGivern, Paul. (2024). How generative artificial intelligence has blurred notions of authorial identity and academic norms in higher education, necessitating clear university usage policies. *The International Journal of Information and Learning Technology*, 41(2), 180-193. <https://doi.org/10.1108/IJILT-11-2023-0213>
- Ennis, Robert. (2011). *The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities*. https://education.illinois.edu/docs/default-source/faculty-documents/robert-ennis/thenatureofcriticalthinking_51711_000.pdf
- Erduran, Sibel., Ozdem, Yasemin., y Park, Jee-Young. (2015). Research trends on argumentation in science education: A journal content analysis from 1998–2014. *International Journal of STEM Education*, 2, 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0020-1>
- Fernández-Rodríguez, Lucía; Jiménez-Liso, María Rut y Blanco-López, Ángel. (2024). Contextualización para el desarrollo de prácticas científicas. *Ciències: revista del professorat de ciències de primària i secundària*, (47), 60-68. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.499>
- Fuchs, Kevin. (2023). Exploring the opportunities and challenges of NLP models in higher education: is Chat GPT a blessing or a curse?. *Frontiers in Education*, 8, 1166682. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1166682>
- Garcia-Romano, Leticia., Ocelli, Maricel Ester., y Adúriz-Bravo, Agustín. (2021). School Scientific Argumentation Enriched by Digital Technologies: Results with Pre-and In-Service Science Teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(7). <https://doi.org/10.29333/ejmste/10990>
- Giacomelli, Carla., Gómez, Cesar., Mattea, Facundo., Rojas, Ricardo., Romero, Marcelo., y Valenti, Laura. (2018). Impresión 3D en medicina. *Bitácora Digital*, 1(9), 1-4. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/Bitacora/article/view/24244>
- Graham, Flora. (2022, 12 de diciembre). Daily briefing: Will ChatGPT kill the essay assignment?. *Nature Briefing*. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-04437-2>
- Guàrdia Ortiz, Lourdes., Maina, Marcelo., Cabrera Lanzo, Nati., y Fernández-Ferrer, Maite. (2024). La autorregulación del aprendizaje desde un enfoque de feedback entre pares: perspectivas de la IA generativa. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 24(78). <https://doi.org/10.6018/red.599511>
- Guisasola, Jenaro. (2024). La investigación basada en el diseño: algunos desafíos y perspectivas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 21(2), 1-12. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2801
- Guo, Shuchen., Zheng, Yuanyuan., y Zhai, Xiaoming. (2024). Artificial intelligence in education research during 2013–2023: A review based on bibliometric analysis. *Educ Inf Technol*, 29, 16387–16409. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12491-8>

- Gutiérrez, Mario Fernando. (2017). Escritura colaborativa de textos en quinto grado: Razonamiento y argumentación causal sobre un fenómeno físico. *Actualidades Investigativas en Educación*, 17(1). <https://doi.org/10.15517/aie.v17i1.27291>
- Hernández León, Nuria., y Rodríguez-Conde, María José. (2024). Inteligencia artificial aplicada a la educación y la evaluación educativa en la Universidad: introducción de sistemas de tutorización inteligentes, sistemas de reconocimiento y otras tendencias futuras. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 24(78). <https://doi.org/10.6018/red.594651>
- Jiménez-Aleixandre, María Pilar., Álvarez Pérez, Víctor., y Lago Lestón, Juan. (2017). La argumentación en los libros de texto de ciencias. *Tarbiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa*, (36). <https://revistas.uam.es/tarbiya/article/view/7232>
- Leiter, Christoph., Zhang, Ran., Chen, Yanran., Belouadi, Jonas., Larionov, Daniil., Fresen, Vivian., y Eger, Steffen. (2024). Chatgpt: A meta-analysis after 2.5 months. *Machine Learning with Applications*, 16, 100541. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2024.100541>
- León-Pineda, Camila Fernanda., Guacho-Guzman, Dayana Sthefania., Tamay-Siguenza, Erika Fabiola., y Vintimilla-Peralta, Karla Estefanía. (2025). Órganos 3D: la revolución tecnológica que está transformando la medicina moderna. *MQRInvestigar*, 9(1), 2-10 <https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.1.2025.e183>
- López Simó, Victor., Couso, Digna., y Simarro, Cristina. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital: El papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas *Revista de Educación a Distancia*, 20(62), 29. <https://doi.org/10.6018/red.410011>
- Lorenzo-Lledó, Gonzalo., Lorenzo-Lledó, Alejandro., y Rodríguez-Quevedo, Angel. (2024). Análisis mediante inteligencia artificial de las emociones del alumnado autista en la interacción social con el robot NAO. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 24(78). <https://doi.org/10.6018/red.588091>
- Magno Ventayen, Randy Joy. (2023). OpenAI ChatGPT-Generated Results: Similarity Index of Artificial Intelligence-Based Contents. In *International Conference on Soft Computing for Security Applications* (pp. 215-226). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Martinenco, Rebeca Mariel. (2025). La investigación basada en diseños en educación desde una perspectiva ecológica. En Rebeca Mariel Martinenco, Leticia Garcia-Romano, y Rocío Belén Martín (Comps.), *Investigación basada en diseños: Experiencias y proyecciones en el campo de la educación* (Colección Innovaciones Pedagógicas y Curriculares; pp. 30-65). UniRío Editora. Libro digital, PDF. <https://www.unirioeditora.com.ar/wp-content/uploads/2025/03/978-987-688-597-3.pdf>
- Martínez-Comesaña, Miguel., Rigueira-Díaz, Xurxo., Larrañaga-Janeiro, Ana., Martínez-Torres, Javier., Ocaranza-Prado, Iago., y Kreibel, Denis. (2023). Impacto de la inteligencia artificial en los métodos de evaluación en la educación primaria y secundaria: revisión sistemática de la literatura. *Revista de Psicodidáctica*, 28(2), 93-103. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2023.06.001>

- Matuk, Camillia. (2015). Argumentation environments. *Encyclopedia of science education*, 59-63.
- Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba. (2011). *Diseño curricular: Ciclo básico de la educación secundaria*. Secretaría de Educación, MCba.
- Olivares-Petit, Carla., Cerda Martínez, María Inés., Madariaga Jara, Bernardo., y Quintanilla-Gatica, Mario Roberto. (2024). Controversias sociocientíficas en la formación inicial docente: una reflexión desde el contexto chileno. *Sisyphus: Journal of Education*, 12(3), 8-28. <https://doi.org/10.25749/sis.36567>
- OpenAI. (2023). *ChatGPT* (versión del 15 de septiembre) [Modelo de lenguaje de gran tamaño]. <https://chat.openai.com/chat>
- Osborne, Jonathan. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Osborne, Jonathan., Erduran, Sibel., y Simon, Shirley. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of research in science teaching*, 41(10), 994-1020. <https://doi.org/10.1002/tea.20035>
- Pinochet, Jorge. (2015). El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciência & Educação (Bauru)*, 21(2), 307-327. <https://doi.org/10.1590/1516-731320150020004>
- Psillos, Dimitris., y Kariotoglou, Petros. (2016.). *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences*. Springer.
- Pudasaini, Shushanta., Miralles-Pechuán, Luis., Lillis, David., y Llorens Salvador, Marisa. (2024). Survey on AI-Generated Plagiarism Detection: The Impact of Large Language Models on Academic Integrity. *Journal of Academic Ethics*, 1-34. <https://doi.org/10.1007/s10805-024-09576-x>
- Reza Flores, Ricardo Alberto., y Guemez Peña, Marco Antonio. (2024). Aprendizaje basado en modelización asistido con inteligencia artificial en las ciencias naturales: Propuesta de intervención neurodidáctica. *Práxis Educativa*, 19, 1–19. <https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.19.22722.011>
- Rinaudo, María Cristina. (2025). Investigación basada en diseños: Hacia una ampliación de horizontes. En Rebeca Martinenco, Leticia García-Romano y Rocío Martín (Comps.), *Investigación basada en diseños: Experiencias y proyecciones en el campo de la educación* (Colección Innovaciones Pedagógicas y Curriculares; pp. 8-29). UniRío Editora. <https://www.unirioeditora.com.ar/wp-content/uploads/2025/03/978-987-688-597-3.pdf>
- Roca-Tort, Montserrat., Márquez Bargalló, Conchita., y Sanmartí Puig, Neus. (2013). Las preguntas de los alumnos: una propuesta de análisis. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1), 95-114. <https://enciencias.uab.es/article/view/v31-n1-roca-marquez-sanmarti>

- Rudolph, Jürgen., Tan, Samson., y Tan, Shannon. (2023). ChatGPT: Bullshit spewer or the end of traditional assessments in higher education?. *Journal of applied learning and teaching*, 6(1), 342-363. <https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.1.9>
- Salas Acuña, Erick., y Amador Solano, María Gabriela. (2023). Usos de ChatGPT® para la revisión de textos académicos: algunas consideraciones. *Revista Innovaciones Educativas*, 25(SPE1), 60-78. <http://dx.doi.org/10.22458/ie.v25iespecial.4936>
- Scott, Emily., Wenderoth, Mary Pat., and Doherty, Jennifer. (2020). Design-based research: A methodology to extend and enrich biology education research. *CBE—Life Sciences Education*, 19(3), es11. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-11-0245>
- Simon, Shirley., Erduran, Sibel., y Osborne, Jonathan. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International journal of science education*, 28(2-3), 235-260. <https://doi.org/10.1080/09500690500336957>
- Stokel-Walker, Chris. (2022, 9 de diciembre). AI bot ChatGPT writes smart essays-should academics worry?. *News explainer*. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-04397-7>
- Toulmin, Stephen. (2003). *The uses of argument*. Cambridge university press.
- Troussas, Christos., Krouska, Akrivi., y Sgouropoulou, Cleo. (2025). A Novel Framework of Human–Computer Interaction and Human-Centered Artificial Intelligence in Learning Technology. In *Human-Computer Interaction and Augmented Intelligence (Cognitive Systems Monographs, Vol. 34; pp. 387-431)*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-84453-9_9

Revista indizada en



Distribuida en las bases de datos:

