

Flipped Learning e Inteligencia Artificial en Olimpiadas de Química: Propuesta metodológica para la innovación en contextos de excelencia educativa

Flipped Learning and Artificial Intelligence in Chemistry Olympiads: A Methodological Proposal for Innovation in Contexts of Educational Excellence

DOI: 10.64325/m3fe0w77

Juan José Sanmartín Rodríguez
Colegio Plurilingüe Vila do Arenteiro
juan@juansanmartin.net, <https://orcid.org/0000-0002-4486-7939>

Como citar: Sanmartín Rodríguez, J. J. (2026). Flipped Learning e Inteligencia Artificial en Olimpiadas de Química: Propuesta metodológica para la innovación en contextos de excelencia educativa. In M. Chacón Castro (Ed.), *Libro de Memorias. V Congreso Internacional de STEAM y Metodologías Activas*. Editorial Didaxis. <https://doi.org/10.64325/m3fe0w77>

Esta obra está bajo una Licencia BY 4.0 International (CC BY).



Resumen

La Olimpiada Gallega de Química representa un espacio de excelencia donde estudiantes de alto rendimiento desarrollan competencias avanzadas, pero su preparación sigue basándose en metodologías tradicionales. Este trabajo presenta el diseño de una investigación que propone integrar Flipped Learning e Inteligencia Artificial (IA) en la preparación de la prueba. El objetivo general es diseñar, implementar y evaluar un programa formativo innovador, analizando su eficacia, aceptación y escalabilidad territorial. La metodología sigue un diseño de investigación-acción mixto en cinco fases: análisis de necesidades, desarrollo de materiales digitales, implementación en la prueba gallega, extrapolación a otras comunidades autónomas y análisis integrado. Se trabajará inicialmente con 150-200 estudiantes gallegos por edición, recopilando datos cuantitativos (rendimiento académico, analíticas de uso) y cualitativos (entrevistas, cuestionarios, observaciones). Como resultado esperado, se generará un modelo validado, evidencia empírica sobre estas metodologías en contextos de alta exigencia y un repositorio de recursos educativos abiertos transferibles a otros niveles formativos.

Palabras clave: flipped learning; artificial intelligence; chemistry education; scientific competencies; digital educational resources.

Abstract

The Galician Chemistry Olympiad represents a space of excellence where high-performing students develop advanced competencies, but their preparation is still based on traditional methodologies. This work presents the design of a research study that proposes integrating Flipped Learning and Artificial Intelligence (AI) into the preparation for the exam. The main objective is to design, implement, and evaluate an innovative training program, analyzing its effectiveness, acceptance, and territorial scalability. The methodology follows a mixed action-research design in five phases: needs analysis, development of digital materials, implementation in the Galician exam, extrapolation to other autonomous communities, and integrated analysis. The project will initially work with 150-200 Galician students per edition, collecting quantitative data (academic performance, usage analytics) and qualitative data (interviews, questionnaires, observations). As an expected outcome, the project will produce a validated model, empirical evidence on these methodologies in high-demand contexts, and a repository of open educational resources transferable to other educational levels.

Keywords: teacher education, Interdisciplinarity, Education for sustainability, Global citizenship, educational sustainability.

Introducción

Las Olimpiadas de Química constituyen un evento educativo de gran relevancia en el panorama STEAM, atrayendo anualmente a miles de estudiantes con alto rendimiento y motivación hacia las ciencias experimentales. Estos espacios competitivos no solo premian el conocimiento químico, sino que fomentan el desarrollo de competencias científicas avanzadas, pensamiento crítico, resolución de problemas complejos y colaboración entre pares. Sin embargo, existe una paradoja: mientras estas competiciones representan la vanguardia del talento científico juvenil, la metodología utilizada para su preparación permanece anclada en enfoques tradicionales caracterizados por la transmisión unidireccional de contenidos y la

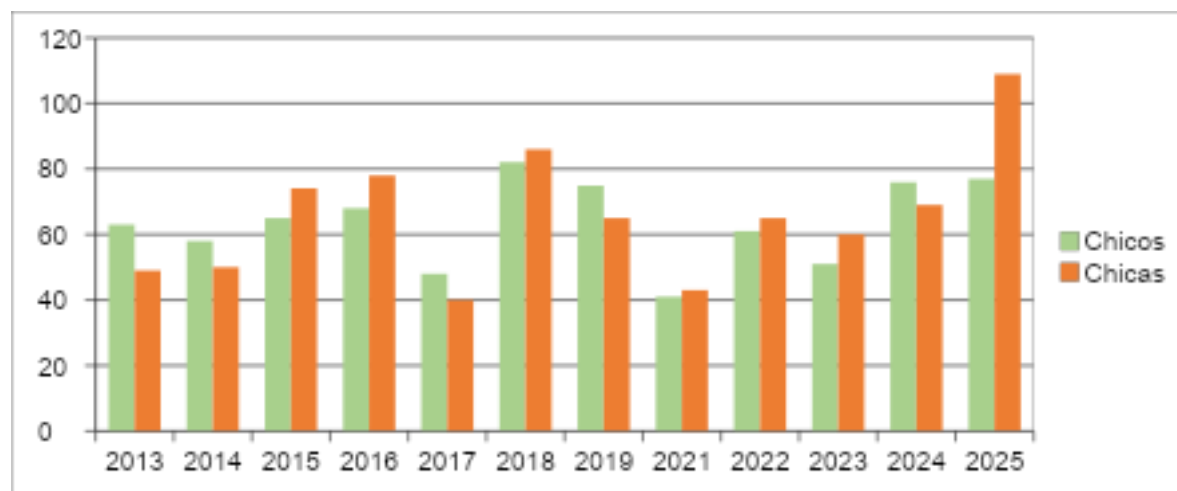
resolución repetitiva de problemas tipo.

El problema de investigación surge de esta contradicción entre el potencial del alumnado participante y las limitaciones metodológicas de su preparación. La literatura reciente en didáctica de las ciencias evidencia que metodologías activas como el Flipped Learning, combinadas con herramientas tecnológicas emergentes como la Inteligencia Artificial, pueden transformar significativamente los procesos de enseñanza-aprendizaje. El modelo de aprendizaje invertido, fundamentado en la taxonomía de Bloom revisada, propone que los niveles cognitivos inferiores (recordar, comprender) se trabajen de forma autónoma mediante recursos digitales, liberando el tiempo presencial para actividades de mayor complejidad cognitiva como aplicar, analizar, evaluar y crear. Autores como Bergmann y Sams han demostrado la eficacia de este modelo en educación secundaria, mientras que metaanálisis recientes confirman su impacto positivo en el rendimiento académico en disciplinas STEAM.

Paralelamente, la Inteligencia Artificial está revolucionando la educación mediante sistemas de tutoría inteligente, evaluación automática con feedback adaptativo, generación personalizada de ejercicios y analítica predictiva del aprendizaje. En el campo específico de la química, herramientas basadas en IA permiten visualizar estructuras moleculares complejas, simular reacciones químicas y proporcionar explicaciones contextualizadas a dudas específicas. Sin embargo, la investigación sobre la aplicación de estas tecnologías en contextos de alta exigencia académica como las olimpiadas científicas es prácticamente inexistente, constituyendo una laguna en el conocimiento que urge abordar.

Además, las olimpiadas científicas presentan persistentes brechas de género que reflejan problemas estructurales más amplios en la participación femenina en STEAM. Datos nacionales muestran una infrarrepresentación sistemática de estudiantes mujeres en las fases finales de competiciones científicas (Real Sociedad Española de Química, 2013 - 2025), aunque curiosamente este patrón no se replica en el contexto gallego, donde la participación femenina ha mostrado mayor estabilidad histórica (Asociación de Químicos de Galicia, 2013-2025).

Tabla 1. Participación por sexos 2013 - 2025



Nota. Elaboración propia a partir de los datos de participación publicados por la Asociación de Químicos de Galicia (2013-2025) y la Real Sociedad Española de Química (en su web).

La justificación de esta investigación reside en su triple aportación. Desde el punto de vista científico, genera conocimiento empírico riguroso sobre metodologías innovadoras en contextos educativos de excelencia, cubriendo una laguna investigadora significativa. En el plano educativo, responde a las demandas de la LOMLOE sobre aprendizaje competencial, digitalización y metodologías activas, alineándose con el Marco Europeo de Competencia Digital para Educadores (DigCompEdu) y los Planes Digitales de Centro. Finalmente, su diseño modular garantiza transferibilidad más allá del ámbito olímpico: los materiales y estrategias pueden adaptarse a la enseñanza de química en Bachillerato, preparación de la PAU e incluso a otras disciplinas científicas, democratizando el acceso a recursos de excelencia y contribuyendo a reducir desigualdades educativas.

Metodología

El enfoque de investigación-acción resulta particularmente apropiado porque el investigador no solo observa el fenómeno educativo, sino que interviene activamente para transformarlo, generando conocimiento aplicable de forma inmediata en el contexto real de preparación olímpica. El análisis de necesidades y diseño se fundamenta en el análisis documental de datos históricos de las Olimpiadas Gallegas de Química desde 2013 hasta 2025, constituyendo una base longitudinal de trece

ediciones que permitirá identificar patrones de rendimiento, áreas de dificultad recurrentes y evolución de la participación desagregada por género.

El desarrollo de materiales didácticos digitales organizadas según los principios del Flipped Learning. Se crearán videotutoriales de entre cinco y quince minutos sobre conceptos clave de química olímpica, utilizando técnicas de diseño instruccional basadas en la teoría de la carga cognitiva para optimizar el aprendizaje mediante segmentación, señalización y multimedia. Se diseñarán formularios online y cuestionarios interactivos con autoevaluación inmediata que permitan al estudiantado verificar su comprensión. Asimismo, se desarrollarán o adaptarán herramientas basadas en IA que incluyan un chatbot tutor especializado entrenado con problemas olímpicos históricos, generadores de ejercicios adaptativos que ajusten la dificultad según el desempeño individual, y escape rooms digitales gamificados creados con Genially.

Se implementará el programa con estudiantes participantes en las Olimpiadas Gallegas de Química durante dos o tres ediciones consecutivas. La población objetivo incluye aproximadamente ciento cincuenta a doscientos estudiantes de cuarto de ESO (excepcional) y Bachillerato que se preparan anualmente para estas pruebas en centros educativos gallegos. El programa seguirá el modelo FLIP con cuatro componentes: entorno flexible que permita aprendizaje sincrónico y asincrónico; cultura de aprendizaje centrada en el estudiante como protagonista activo; contenido intencional cuidadosamente seleccionado para maximizar el tiempo presencial; y educadores profesionales que actúen como facilitadores del aprendizaje profundo. Durante esta fase se recopilará datos de forma continua mediante analíticas de uso de plataforma digital registrando tiempo de conexión, recursos más consultados, secuencias de navegación y patrones de interacción con las herramientas de IA.

Se plantea la extensión del modelo a otras comunidades autónomas mediante coordinación con organizaciones territoriales de olimpiadas científicas. Al finalizar se realizará análisis integrado de datos cuantitativos y cualitativos mediante triangulación metodológica. Se establecen consideraciones éticas rigurosas cumpliendo el Reglamento General de Protección de Datos. Se solicitarán consentimientos informados escritos al alumnado participante, familias cuando sean menores de edad y profesorado colaborador, explicando claramente objetivos, procedimientos, voluntariedad de participación y derecho de retiro sin consecuencias. Todos los datos personales serán anonimizados en bases de datos con acceso restringido, y las publicaciones derivadas garantizarán la imposibilidad de identificación individual.

Resultados y Discusiones

Dado que esta investigación se encuentra en fase de diseño metodológico, los resultados que aquí se presentan corresponden a hallazgos preliminares del análisis histórico de las Olimpiadas Gallegas de Química y resultados esperados fundamentados en la revisión de literatura, sin constituir aún evidencia empírica derivada de la implementación del programa formativo propuesto, aún en pruebas.

El análisis retrospectivo de datos de participación entre 2013 y 2025 revela tendencias interesantes. La participación total ha mostrado un crecimiento irregular con picos en años específicos probablemente relacionados con esfuerzos promocionales puntuales, mientras que la tasa de participación femenina en Galicia se mantiene relativamente estable en torno al cincuenta por ciento, significativamente superior a la media nacional. Esta particularidad convierte a Galicia en un caso de estudio valioso para identificar factores protectores contra la brecha de género en competiciones STEAM. El análisis de problemas históricos clasificados por temática muestra que las áreas con mayor dificultad, información que orientará la priorización en el desarrollo de materiales digitales.

En cuanto a resultados esperados tras la implementación completa del programa, se anticipa que la integración de Flipped Learning generará mejoras medibles en el rendimiento académico. Se espera que el alumnado participante en el programa muestre puntuaciones superiores en las pruebas olímpicas comparado con los datos históricos de características similares, tanto en problemas que requieren aplicación conceptual y razonamiento complejo más que memorización.

Respecto al uso de herramientas digitales e IA, se anticipa alta variabilidad individual en los patrones de interacción. Los datos de analítica de aprendizaje permitirán identificar tempranamente este último grupo y diseñar intervenciones de apoyo específicas.

En términos de satisfacción y percepción, se prevé alta valoración de la autonomía y flexibilidad que proporciona el modelo Flipped Learning, particularmente entre estudiantes con mayor capacidad de autorregulación. Sin embargo, la literatura también advierte sobre posibles resistencias iniciales especialmente entre quienes están acostumbrados a modelos transmisivos tradicionales, requiriendo un período de adaptación y apoyo explícito al desarrollo de estrategias de aprendizaje autorregulado.

La discusión de estos resultados esperados debe situarse en el contexto de las limitaciones inherentes al diseño. La principal limitación metodológica radica en la

ausencia de grupo control estrictamente aleatorizado, dado que razones éticas y prácticas desaconsejan privar a participantes del acceso a recursos potencialmente beneficiosos. Esta limitación se mitigará parcialmente mediante comparaciones con los datos históricos y análisis estadísticos que controlen variables como centro educativo, rendimiento académico previo. Otra limitación es la posible reactividad del alumnado al saberse participante de una investigación, efecto Hawthorne que podría inflar artificialmente los resultados positivos. Finalmente, la transferibilidad de hallazgos a contextos distintos al gallego requerirá validación empírica en la fase de extrapolación a otras comunidades autónomas.

Conclusiones

Este trabajo presenta el diseño metodológico de una investigación que aspira a transformar la preparación de las Olimpiadas de Química mediante la integración sistemática de Flipped Learning e Inteligencia Artificial. Aunque la implementación completa está en fase inicial, las primeras actuaciones permiten extraer conclusiones provisionales y delinear perspectivas futuras.

La revisión de literatura confirma una laguna significativa en el conocimiento sobre metodologías innovadoras en contextos educativos de excelencia. Mientras que Flipped Learning ha demostrado eficacia en enseñanza STEAM regular, su aplicación en contextos de alta exigencia permanece inexplorada. Paralelamente, aunque la Inteligencia Artificial educativa muestra potencial transformador, su integración en educación química avanzada carece de evidencia empírica robusta. No obstante, es imprescindible mantener una postura crítica ante estas tecnologías: la IA presenta limitaciones inherentes relacionadas con sesgos algorítmicos que pueden perpetuar desigualdades existentes, falta de transparencia en los procesos de decisión automatizados, y riesgos de dependencia tecnológica que reduzcan el pensamiento crítico autónomo (UNESCO, 2019). Esta investigación aspira a generar conocimiento transferible que integre las potencialidades de la IA sin ignorar estos desafíos éticos y pedagógicos.

El análisis histórico preliminar de las Olimpiadas Gallegas revela patrones significativos. La estabilidad de la participación femenina gallega frente a la brecha nacional sugiere factores contextuales protectores que merecen investigación específica y podrían informar políticas de equidad de género en STEAM.

El diseño metodológico propuesto, fundamentado en investigación-acción mixta en cinco fases, proporciona un marco riguroso para abordar la complejidad del fenómeno educativo. La combinación de datos cuantitativos y cualitativos permitirá comprensión integral del impacto, mientras que la escalabilidad progresiva

posibilitará evaluar la robustez y transferibilidad del modelo.

Las implicaciones trascienden el ámbito olímpico. El modelo puede adaptarse a la preparación de la PAU, programas de profundización en Bachillerato y otras disciplinas STEAM. El repositorio de recursos educativos abiertos contribuirá a democratizar el acceso a preparación de excelencia, reduciendo desigualdades entre estudiantes con preparación privada y quienes dependen de recursos públicos. Este proyecto representa una apuesta por la innovación metodológica basada en evidencia, con potencial para contribuir al avance del conocimiento en didáctica de las ciencias y a la mejora de la experiencia educativa del talento científico emergente.

Referencias

- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). Flip your classroom: Reach every student in every class every day. International Society for Technology in Education.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Lai, C. L., & Hwang, G. J. (2016). A self-regulated flipped classroom approach to improving students' learning performance in a mathematics course. *Computers & Education*, 100, 126-140. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.006>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson Education.
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. (BOE, 82, 2022-46047-46408).
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (BOE-A-2023-16815). Orden EFP/823/2023, de 19 de julio, por la que se regula el procedimiento para la acreditación de la competencia digital docente, en el ámbito de gestión del Ministerio de Educación y Formación Profesional.
- O'Flaherty, J., & Phillips, C. (2015). The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review. *The Internet and Higher Education*, 25, 85-95. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2015.02.002>
- UNESCO. (2019). *Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development*. UNESCO Publishing.
- Asociación de Químicos de Galicia. (2013-2025). Datos de participación en las Olimpiadas de Química de Galicia.
- Real Sociedad Española de Química. Olimpiada Nacional de Química: Histórico (2013-2025). <https://rseq.org/olimpiadas-de-quimica/olimpiada-nacional-de-quimica-historico/>