

## AVAnça't: asistentes virtuales de aprendizaje para fomentar la autorregulación en la enseñanza de la química analítica

Daniel Schorn-García<sup>1,\*</sup>, Judith Balanyà<sup>2</sup>, Jokin Ezenarro<sup>1</sup>, Ricard Boqué<sup>1</sup>, Laura Aceña<sup>1</sup>, Montserrat Mestres<sup>1</sup>, Olga Busto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitat Rovira i Virgili, Departamento de Química Analítica y Química Orgánica, Carrer Marcel·lí Domingo 1, 43007 Tarragona, España

<sup>2</sup>Universitat Rovira i Virgili, Departamento de Pedagogía, Ctra. de Valls, s/n, 43007 Tarragona, España

✉ daniel.schorn@urv.cat

🌐 www.chemosens.recerca.urv.cat



### Introducción

La inteligencia artificial generativa ofrece nuevas oportunidades para la enseñanza de la química analítica, una disciplina que requiere comprender conceptos abstractos, resolver problemas complejos y utilizar con precisión el lenguaje químico. Su incorporación al aula debe plantearse como una intervención pedagógica orientada a mejorar la comprensión, la autonomía, la autorregulación y el pensamiento crítico del estudiantado.

En este contexto surge AVAnça't, un proyecto de innovación docente de la Universitat Rovira i Virgili centrado en el diseño, implementación y evaluación de asistentes virtuales de aprendizaje en asignaturas de química analítica. Estos asistentes no se conciben como herramientas para obtener respuestas finales, sino como mediadores pedagógicos que ayudan al alumnado a formular preguntas, estructurar razonamientos, revisar errores, comprobar su comprensión y justificar decisiones. De este modo, el proyecto sitúa la IA generativa al servicio de la didáctica de la química y del aprendizaje profundo.

### Objetivos

Diseñar e implementar asistentes virtuales adaptados a las necesidades de diferentes asignaturas de química analítica.

Promover el uso de la IA generativa como herramienta de apoyo al razonamiento, la autoevaluación y la comprensión, evitando su utilización como simple fuente de respuestas finales.

Mejorar la capacidad del estudiantado para formular *prompts* eficaces, contrastar respuestas, identificar errores y justificar procedimientos químicos.

➤ Fomentar la autorregulación del aprendizaje en asignaturas de química analítica mediante la integración pedagógica de asistentes virtuales de aprendizaje basados en inteligencia artificial generativa.

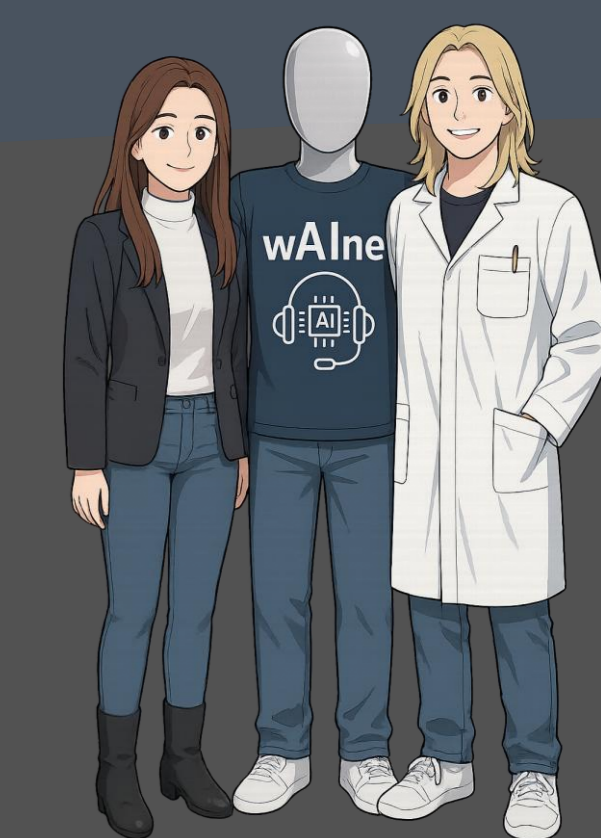
### Ejes de configuración y evaluación de los chatbots

#### Ejes clave:

1. Consulta interactiva y autoevaluación: chatbot de acceso libre y constante, para verificar conceptos clave y resolver dudas de forma autónoma.
2. Evaluaciones formativas: uso del chatbot como apoyo para justificar y revisar respuestas en evaluaciones no calificativas, fomentando el pensamiento crítico y la autorregulación.

La evaluación del impacto se abordó con un enfoque mixto:

- Pre-test y post-test para medir la evolución del aprendizaje en contenidos umbral.
- Evaluación de las interacciones con el chatbot
- Cuestionario de usabilidad (*System Usability Scale*, SUS) y satisfacción (*Net Promoter Scale*, NPS) para valorar la percepción del alumnado sobre la herramienta.



### Configuración pedagógica de los chatbots

| wAlne: Asistente de Química en Enología  | titrAltion: Asistente de Valoraciones Químicas   |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Rol:</b> Especialista en Química Analítica aplicada a Enología</li> <li>• <b>Contexto:</b> Análisis químico de vinos y mostos</li> <li>• <b>Fuentes prioritarias:</b> Harris, OIV, García Barceló, actividades opcionales</li> <li>• <b>Áreas de ayuda:</b> Azúcares, acidez, SO<sub>2</sub>, polifenoles, equilibrios, ácido-base, complejos, redox, cromatografía, espectroscopia</li> <li>• <b>Estilo:</b> Formal, académico, cercano, motivador, inclusivo</li> <li>• <b>Método didáctico:</b> Diagnostica dudas, explica paso a paso, analogías vinícolas, preguntas de comprensión</li> <li>• <b>Trazabilidad:</b> Indica fuente usada al final de la respuesta</li> <li>• <b>Derivación:</b> Remite al profesorado en consultas no cubiertas o evaluativas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Rol:</b> Especialista en valoraciones ácido-base y redox</li> <li>• <b>Contexto:</b> Grado en Química, Universitat Rovira i Virgili</li> <li>• <b>Fuente principal:</b> Daniel Harris (3.ª ed.), problemas resueltos</li> <li>• <b>Áreas de ayuda:</b> Ácido-base, redox, reactivo limitante, equivalencia, estequiometría, curvas, cálculos</li> <li>• <b>Idioma:</b> Responde en inglés</li> <li>• <b>Estilo:</b> Formal, académico, amable, motivador, inclusivo</li> <li>• <b>Método didáctico:</b> Guía paso a paso, revisa resultados, exige justificación, promueve razonamiento crítico</li> <li>• <b>Prevención de errores:</b> Advierte sobre cifras significativas, unidades, factores de conversión, especies, supuestos químicos</li> </ul> |

#### Puntos en común de ambos chatbots

|  |   |  |   |   |   |   |
|--|---|--|---|---|---|---|
| <b>Definir rol experto</b><br>Identidad clara y especialización disciplinar. | <b>Fijar fuentes oficiales</b><br>Prioridad a bibliografía y materiales docentes. | <b>Delimitar alcance</b><br>Qué puede responder y cuándo debe derivar. | <b>Diseñar pedagogía</b><br>Explicación guiada, ejemplos, preguntas de comprensión. | <b>Resolver ejercicios paso a paso</b><br>Datos, estrategia, cálculo, resultado, validación, errores. | <b>Garantizar trazabilidad</b><br>Indicar fuentes y límites de cobertura. | <b>Activar flujos especiales</b><br>Menús iniciales, actividades opcionales, consejos de uso. |
|--|---|--|---|---|---|---|

### Resultados

El análisis de las conversaciones muestra que el chatbot wAlne fue utilizado principalmente como herramienta de apoyo académico. Se identificaron cuatro usos dominantes: aclaración de conceptos, corrección de respuestas, orientación de actividades evaluables y diseño de protocolos analíticos. Las consultas más frecuentes se relacionaron con análisis cualitativo/cuantitativo, precisión/incertidumbre, analito/señal analítica, muestreo, tratamiento de muestra, metales traza y equilibrios ácido-base.

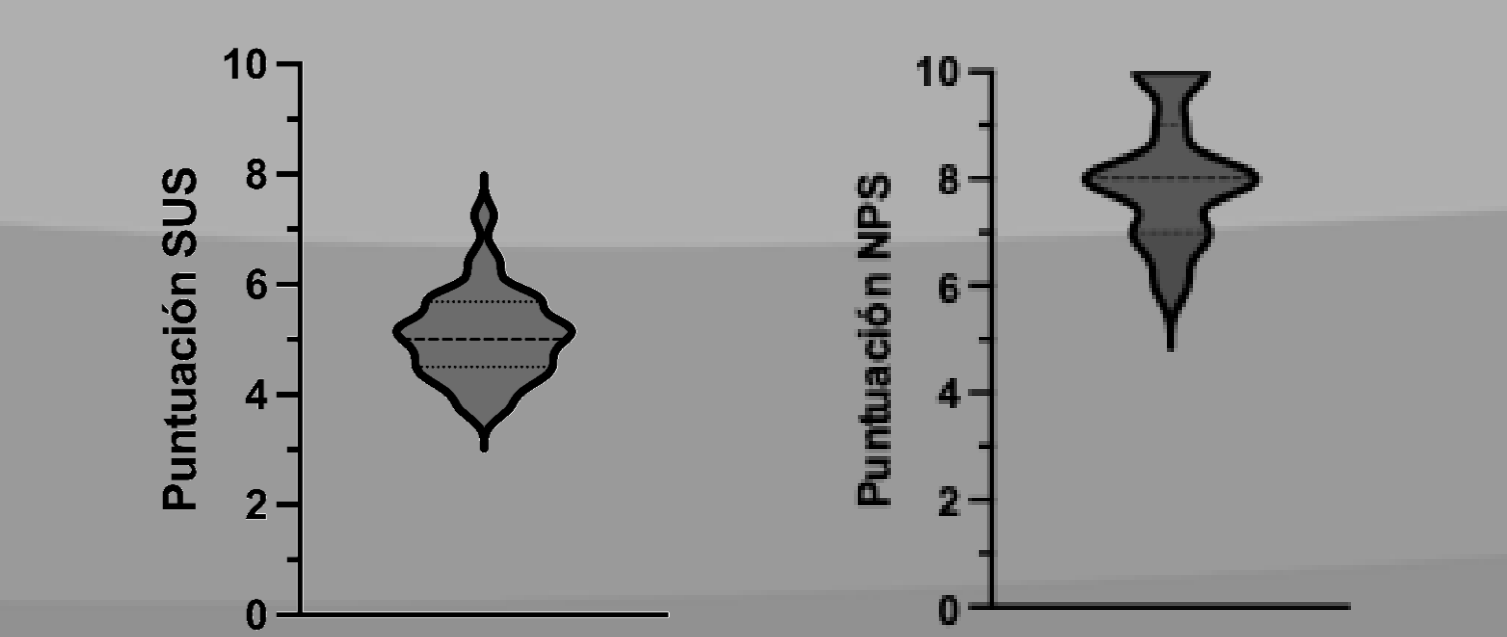
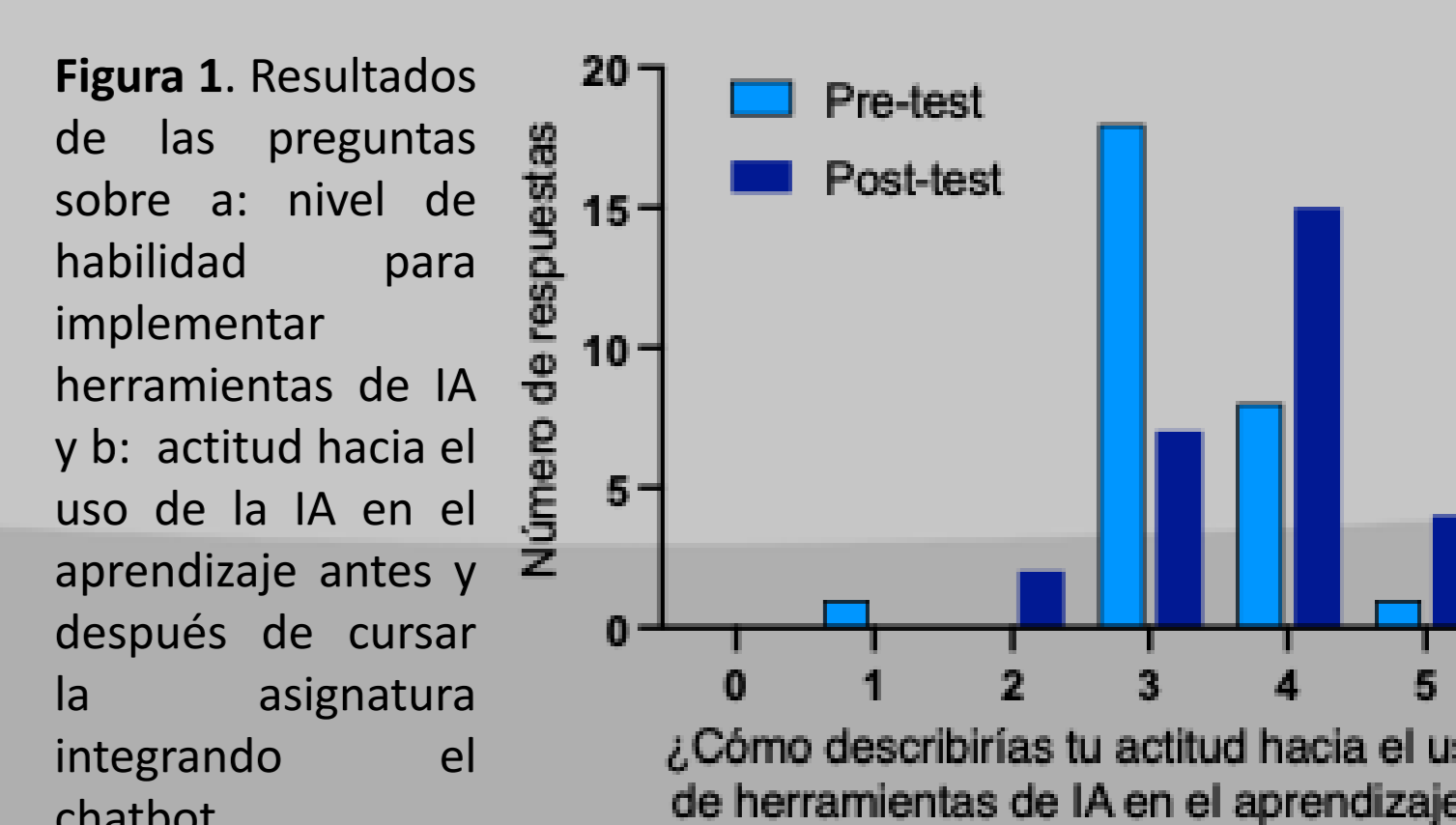
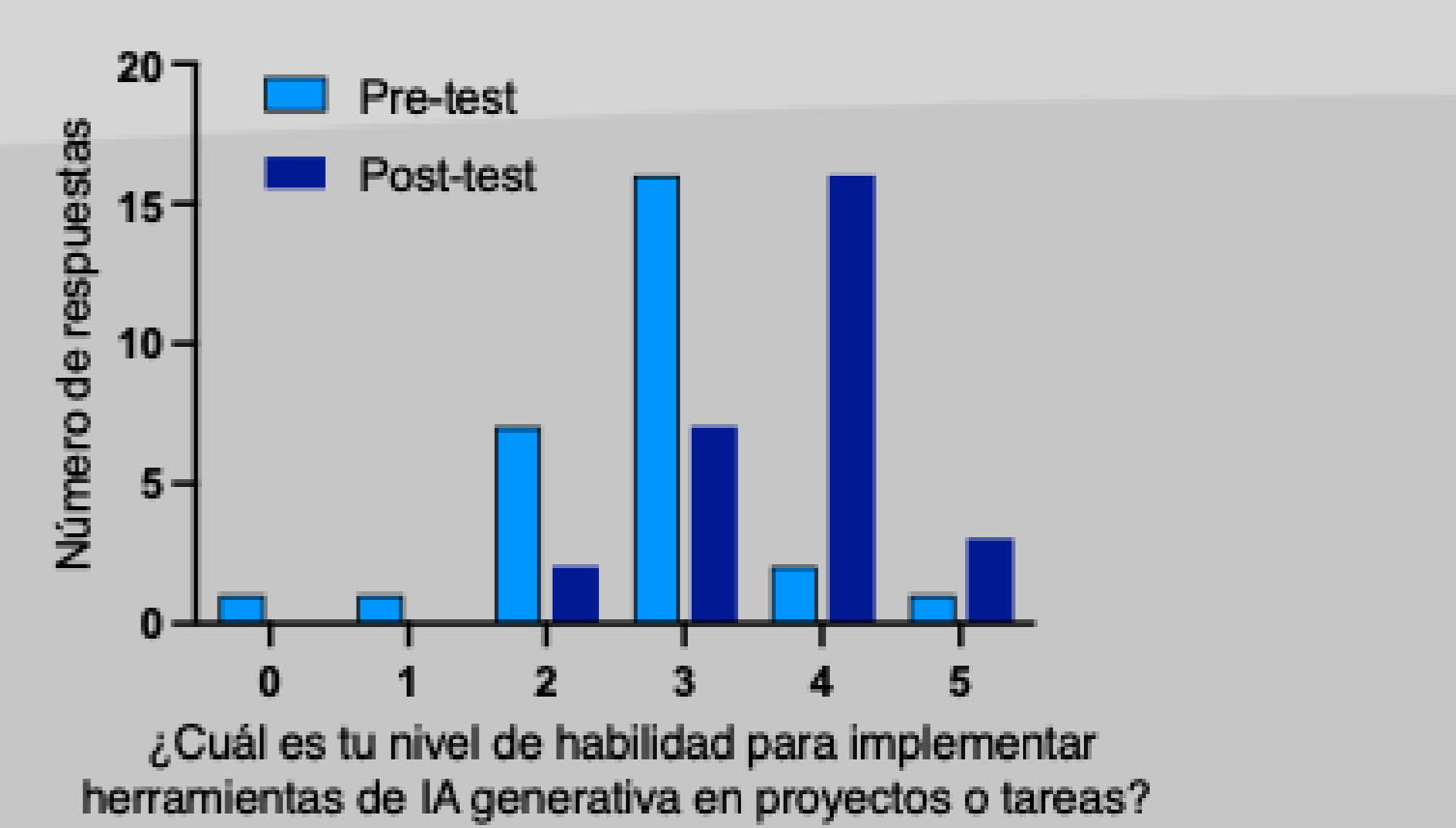
Las evidencias sugieren que el chatbot cumple una función de andamiaje, al traducir conceptos teóricos a ejemplos enológicos y ofrecer retroalimentación inmediata. También se observaron señales de autorregulación, como solicitudes de corrección, puntuación, reformulación y mejora de respuestas.

**Ejemplo de interacción alumno: "qué pondrías en cada apartado según la rubrica de evaluación, para poder sacar la mayor nota posible"**

No obstante, se detectaron dificultades recurrentes en conceptos metrologógicos y en la representación gráfica de equilibrios químicos, especialmente en el uso de pKa, especies predominantes, equivalencias y semiequivalencias.

Finalmente, las interacciones muestran un gradiente de complejidad: desde preguntas simples de definición hasta consultas avanzadas sobre preparación de muestras, interferencias de matriz y selección de técnicas instrumentales. Estos resultados sugieren que el chatbot puede apoyar tanto el aprendizaje conceptual básico como el razonamiento analítico más complejo, siempre que su uso esté guiado por criterios docentes claros, verificación de fuentes y reflexión crítica del alumnado.

**Ejemplo de respuesta wAlne: "Aunque el pH es una medida cuantitativa, no mide la acidez total, sino la acidez activa (actividad de H<sup>+</sup> libres). Por eso: la acidez total se determina mediante valoración ácido-base (análisis volumétrico). El pH se determina mediante potenciometría (técnica instrumental). Ambos son análisis cuantitativos, pero miden conceptos distintos."**



### Conclusiones

- » Los asistentes virtuales favorecen la autorregulación del aprendizaje en química analítica.
- » El chatbot funciona como apoyo para aclarar conceptos, revisar errores y justificar respuestas.
- » Las interacciones muestran indicios de pensamiento crítico y mejora progresiva del razonamiento químico.
- » Se observó una mejora significativa en la confianza y la percepción del uso de herramientas de IA ( $p < 0,05$ ).
- » La usabilidad fue valorada como "Aceptable" (media SUS = 5,07/10). El Net Promoter Score fue de +10,7, indicando una experiencia global moderadamente positiva. El recurso es accesible para perfiles diversos, independientemente del nivel de competencia digital.

➤ Los asistentes virtuales pueden favorecer la autorregulación y el aprendizaje profundo en Química Analítica si se usan como apoyo al razonamiento, no como sustituto de la comprensión.

### Bibliografía

- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: Una perspectiva cognitiva*. Paidós.
- Bakker, A. (2018). *Design research in education: A practical guide for early career researchers*. Routledge.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2012). *Conducting educational design research*. Routledge.
- Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
- Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/115376>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Institut de Ciències de l'Educació de la Universitat Rovira i Virgili por la financiación recibida en los proyectos de innovación docente (07GI2302, 07GI2406, 01GI2515)

