



Inteligencia artificial en simulación médica: estado actual y proyecciones futuras

Artificial intelligence in medical simulation: current state and future outlook

Rafael Selman-Álvarez,^{*,‡} Úrsula Figueroa-Fernández,^{*,§} Enrique Cruz-Mackenna,^{*,¶} Cristián Jarry,^{||,*} Gabriel Escalona,^{**,‡‡} Marcia Corvetto,^{§§} Julián Varas-Cohen^{¶¶}

Palabras clave:

inteligencia artificial, simulación médica, educación médica, modelos de lenguaje, retroalimentación, cirugía.

Keywords:

artificial intelligence, medical simulation, medical education, language models, feedback, surgery.

RESUMEN

Este artículo explora la evolución y el impacto de la inteligencia artificial (IA) en la simulación médica y la educación quirúrgica. Destaca la consolidación de la simulación clínica como recurso esencial en la formación médica contemporánea y examina cómo la IA, a través de modelos de lenguaje y algoritmos avanzados, está transformando la retroalimentación, personalizando la enseñanza y mejorando la evaluación en entornos simulados y reales. Se abordan desafíos éticos y operativos, como la deshonestidad académica y la falta de coherencia en respuestas generadas por IA, y se delinean direcciones futuras, incluyendo la personalización del aprendizaje, la simulación más avanzada y la colaboración interdisciplinaria.

ABSTRACT

This article explores the evolution and impact of artificial intelligence (AI) in medical simulation and surgical education. It highlights the consolidation of clinical simulation as an essential resource in contemporary medical training and examines how AI, through language models and advanced algorithms, is transforming feedback, personalizing teaching, and enhancing assessment in simulated and real environments. Ethical and operational challenges are addressed, such as academic dishonesty and the lack of coherence in AI-generated responses, and future directions are outlined, including personalized learning, advanced simulation, and interdisciplinary collaboration.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la educación médica contemporánea, la simulación clínica se ha consolidado como un recurso indispensable para la formación integral de profesionales de la salud. Este enfoque, clave para el desarrollo competente de habilidades tanto quirúrgicas como no quirúrgicas, ha evolucionado en respuesta a las necesidades actuales de una formación más eficiente y segura. La simulación proporciona un entorno controlado para la práctica y retroalimentación, minimizando las repercusiones en pacientes reales. Este artículo examina la evolución de la simulación médica, destacando la creciente influencia de la inteligencia artificial (IA) como un elemento transformador en este panorama educativo dinámico.

EVOLUCIÓN DE LA SIMULACIÓN EN EDUCACIÓN MÉDICA: CONTEXTO ACTUAL Y DESAFÍOS

En la educación médica actual, la simulación clínica ha demostrado ser una herramienta efectiva en enseñar y entrenar habilidades en diversas áreas.¹⁻³ Esto ha respondido a la necesidad de formar médicos en un contexto moderno de horas de trabajo reducidas, pasantías acotadas y preocupación por la seguridad del paciente,⁴ ya que permite la práctica segura y con retroalimentación, sin tener repercusiones en el paciente.¹ Actualmente, muchos programas de medicina, tanto en el pregrado como postgrado, han establecido la simulación como un pilar fundamental en el entrenamiento de habilidades tanto quirúrgicas como no quirúrgicas.¹

Citar como: Selman-Álvarez R, Figueroa-Fernández Ú, Cruz-Mackenna E, Jarry C, Escalona G, Corvetto M et al. Inteligencia artificial en simulación médica: estado actual y proyecciones futuras. Rev Latinoam Simul Clin. 2023; 5 (3): 117-122. <https://dx.doi.org/10.35366/114035>

* Fellow de Investigación. Departamento de Cirugía Digestiva.
‡ ORCID: 0000-0002-5139-2513
§ ORCID: 0009-0003-0834-3761
¶ ORCID: 0000-0002-0094-754X
|| ORCID: 0000-0003-3548-4909
** Investigador asociado. Departamento de Cirugía Digestiva.
‡‡ ORCID: 0000-0001-8733-3614
§§ Profesor asociado. División de Anestesiología.
¶¶ Profesor asociado. Departamento de Cirugía Digestiva.
ORCID: 0000-0002-5828-9623
Centro de Cirugía Experimental y Simulación. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.



Recibido: 15/10/2023
Aceptado: 30/11/2023

doi: 10.35366/114035

Tradicionalmente, los cursos dictados en simulación han sido presenciales, donde un docente experto brinda retroalimentación sincrónica al alumno, lo que implica recursos económicos, tiempo y un docente experto disponible.² En 2020 por la pandemia de COVID-19, esta barrera cobró especial importancia, ya que implicó políticas de restricción de movimiento, impidiendo que los alumnos pudieran ir al centro a entrenar.⁵ Como respuesta a esta necesidad, se comenzaron a dictar cursos en modalidad en línea, bajo el concepto de entrenamiento remoto, en el cual el instructor y el alumno se comunicaban de manera asincrónica.⁶

El Centro de Simulación de la Pontificia Universidad Católica de Chile instauró una plataforma digital llamada C1DO1 “see one, do one”, la cual permite dictar cursos de manera remota y asincrónica, donde el alumno revisa un video tutorial, practica la habilidad, graba un intento y posteriormente un docente experto corrige el video anteriormente cargado en esta plataforma.⁶ Dentro de los cursos que se han aplicado exitosamente están los de suturas básicas, laparoscopia básica y laparoscopia avanzada, los que han demostrado adquisición y retención de habilidades.³ No obstante, la disponibilidad de docentes expertos que puedan brindar *feedback* a los alumnos sigue siendo una limitante a resolver.⁷

SURGIMIENTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La inteligencia artificial (IA) representa un campo informático dedicado al desarrollo de sistemas y programas capaces de ejecutar tareas que generalmente requieren inteligencia humana.⁸ Para lograr esto, utiliza técnicas como el aprendizaje automático, *deep learning*, procesamiento del lenguaje natural y sistemas expertos, permitiendo a las máquinas percibir, razonar y aprender.⁸ El aprendizaje automático posibilita predicciones sin programación explícita, el *deep learning* utiliza redes neuronales para el reconocimiento de patrones, mientras que el procesamiento del lenguaje natural y la visión por computadora facilitan la comprensión y generación de texto o voz, así como el análisis visual.⁹ La toma de decisiones en sistemas expertos se basa en reglas predefinidas. Al integrar estas metodologías, se desarrollan agentes inteligentes con la capacidad de abordar problemas complejos y transformar diversos aspectos de la vida humana, incluyendo la formación médica.¹⁰

De esta manera surgen los modelos de lenguaje (LLM) básicos y grandes. Los LLM son entrenados con cantidades masivas de datos y son capaces de realizar tareas relacionadas con el procesamiento del lenguaje natural, la visión por computadora, la manipulación robótica y la interacción humano-computadora.⁸ Lo que le permite generar respuestas coherentes y contextualmente apropiadas a las solicitudes del usuario.^{8,10} Algunos de ellos son Chat GPT3.5 y Chat GPT4 de Open AI, SAM y LLaMA de Meta y LaMDA de Google.

ROL DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EDUCACIÓN MÉDICA

La retroalimentación es un aspecto fundamental en la educación y se ha visto que para que sea efectiva debe ser detallada, rápida y personalizada a las necesidades del alumno.¹¹ La aplicación de IA en la educación médica puede mejorar la comunicación docente-alumno, al facilitar la transcripción, traducción y resumen de la retroalimentación brindada.^{10,12}

También, modelos basados en IA tienen el potencial de mejorar el conocimiento, las habilidades y la competencia de los estudiantes,⁸ al recopilar y analizar grandes volúmenes de datos, extrayendo y presentando sólo la información útil al estudiante.¹³ Otro factor relevante es la mejora que la aplicación de los LLM puede tener en el desempeño del docente, por ejemplo, identificar parámetros mínimos que deben estar presentes para que la retroalimentación sea completa.¹⁰

El escenario de entrenamiento en simulación permite brindar una retroalimentación personalizada al estudiante, basada en sus fortalezas y debilidades, lo que mejora el proceso de aprendizaje al identificar áreas particulares que requieren un mayor desarrollo.¹⁰ Además, libera más tiempo para que los docentes se puedan centrar en otros aspectos de la enseñanza.⁸

APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN CIRUGÍA

En cirugía se ha incorporado la IA a través de algoritmos que reconocen patrones¹⁴ permitiendo la evaluación de entrenamiento simulado, escenarios de realidad virtual y simulación en realidad virtual,¹⁵ enfrentando al alumno a situaciones realistas e interactivas similares al escenario quirúrgico real. Además, la IA puede ocuparse para reproducir fielmente estructuras anatómicas

dinámicas, garantizando un aprendizaje atractivo y efectivo.¹⁰

En el escenario quirúrgico real, uno de los algoritmos más novedosos es el subconjunto de redes neuronales profundas (DNN), que utiliza el aprendizaje automático para identificar patrones complejos dentro de grandes volúmenes de datos, permitiendo hacer predicciones cuando se enfrentan a situaciones nuevas.¹⁶ Esto permite identificar escenas y objetos dentro de imágenes y videos, para interpretar el campo operatorio y brindar apoyo a decisiones en tiempo real.^{16,17}

APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN SIMULACIÓN UC

En la Pontificia Universidad Católica de Chile, en el contexto de estandarizar y mejorar los procesos de retroalimentación, dada la variabilidad en las características y calidad del *feedback* asignado por el docente, se desarrolló un soporte de calidad en la plataforma C1DO1 con dos características clave. En primer lugar, proporciona evaluación y apoyo a la calidad de la retroalimentación brindada por los instructores durante la revisión de videos de estudiantes. El sistema automatiza la evaluación de comentarios según cinco criterios predefinidos, permitiendo a los instructores identificar y mejorar aspectos deficitarios en la calidad de sus retroalimentaciones. En segundo lugar, facilita la generación automática de resúmenes editables de todos los comentarios de retroalimentación. Utilizando modelos de LLM de IA, ofrece opciones de resumen en formatos de lista de aspectos positivos y por mejorar, o en un solo párrafo. Los instructores pueden personalizar estos resúmenes antes de asignarlos como comentarios adicionales, brindando una herramienta eficiente para comunicar información clara y útil a los estudiantes.

También se creó un algoritmo de inteligencia artificial (IA) para evaluar un curso de laparoscopia básica simulada. Utilizando la metodología CRISP-DM y herramientas como Python y Pytorch, se implementó un modelo basado en redes neuronales convolucionales, específicamente U-net para la segmentación y YOLO v4 para la detección de elementos en videos de ejercicios laparoscópicos. Se formó un grupo experto para etiquetar cuadros de video y generar archivos Pascal VOC. El algoritmo analiza fragmentos de video, utilizando estos archivos etiquetados para detectar la posición

de las pinzas y el movimiento de los objetos, identificando la caída de porotos, transferencia de figuras y calculando el tiempo para completar el ejercicio. El modelo fue entrenado y probado con videos de ejercicios, y sus resultados fueron evaluados comparándolos con estándares de oro establecidos por expertos, proporcionando mediciones objetivas sobre la ejecución de los estudiantes en laparoscopia básica simulada.¹⁴

DESAFÍOS Y CONSIDERACIONES ÉTICAS EN LA INTEGRACIÓN DE MODELOS DE LENGUAJE EN LA EDUCACIÓN MÉDICA

La incorporación de modelos de lenguaje en la educación médica, a pesar de sus prometedores avances, plantea desafíos éticos y operativos. Entre estos desafíos, está la deshonestidad académica, dado que los LLM podrían emplearse para responder exámenes o generar ensayos fraudulentos, suscitando inquietudes sobre la integridad del proceso educativo. Asimismo, la persistencia de desinformación es una preocupación, ya que, a pesar de la mejora en la precisión de los modelos más recientes, existe la posibilidad de que generen información incorrecta, comprometiendo la calidad del aprendizaje.⁸

La falta de coherencia en las respuestas generadas por la IA constituye otro desafío, ya que estas herramientas pueden proporcionar respuestas diversas para un mismo mensaje, generando confusión entre los estudiantes. Además, el sesgo algorítmico se presenta como un riesgo, ya que los LLM pueden perpetuar estereotipos o prejuicios presentes en los datos de entrenamiento.^{8,10}

La dependencia excesiva de la IA también puede obstaculizar el desarrollo de habilidades relevantes en la educación médica, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la comunicación verbal. Relacionado a lo anterior, la falta de interacción humana y expresión emocional es otra limitación, ya que los LLM se restringen a una interfaz textual, careciendo de la capacidad de reconocer gestos o expresar emociones, aspectos fundamentales para un aprendizaje integral.⁸

Finalmente, la privacidad, siendo una consideración ética primordial en medicina, se ve comprometida por la posibilidad de que algunos LLM utilicen información personal sin el consentimiento del usuario, planteando inquietudes sobre la violación de la privacidad del paciente.⁸

DIRECCIONES FUTURAS Y PERSPECTIVAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN MÉDICA

La continua evolución de la inteligencia artificial (IA) ofrece un panorama prometedor para el avance de la educación médica, presentando diversas direcciones futuras que pueden transformar significativamente la formación de profesionales de la salud.

1. **Personalización y adaptación:** la IA tiene el potencial de personalizar aún más la educación médica, adaptando el contenido y la retroalimentación a las necesidades específicas de cada estudiante.¹⁴ Los modelos de aprendizaje automático pueden analizar el rendimiento individual y proporcionar recomendaciones personalizadas para optimizar el proceso de aprendizaje.¹⁷
2. **Simulación avanzada y realidad virtual:** la integración de IA en entornos de simulación médica y realidad virtual promete crear experiencias de aprendizaje más inmersivas y realistas.^{10,15} Algoritmos avanzados pueden generar escenarios complejos y adaptativos, desafiando a los estudiantes de manera progresiva para mejorar sus habilidades en situaciones clínicas diversas.^{9,18,19}
3. **Aplicación en evaluación y certificación:** la IA puede desempeñar un papel crucial en la evaluación objetiva y certificación de habilidades médicas. Desarrollar algoritmos precisos para evaluar el desempeño de los estudiantes en procedimientos específicos permitiría una evaluación más justa, precisa y estandarizable de su competencia.^{17,20}
4. **Colaboración interdisciplinaria:** fomentar la colaboración entre profesionales de la salud y expertos en IA es esencial para aprovechar al máximo las capacidades de ambas disciplinas. La creación de equipos interdisciplinarios puede impulsar la innovación en el diseño de herramientas educativas basadas en IA y su integración efectiva en la educación médica.²¹
5. **Énfasis en la ética y la transparencia:** a medida que la IA desempeña un papel más destacado en la educación médica, es imperativo abordar cuestiones éticas y garantizar la transparencia en el desarrollo y uso de estos sistemas. Establecer directrices claras y principios éticos se vuelve crucial

para mantener la integridad y confianza en la formación médica basada en IA.^{21,22}

6. **Desarrollo continuo de modelos de lenguaje:** los modelos de lenguaje seguirán siendo elementos clave en la implementación de la IA en la educación médica. El desarrollo continuo de modelos más avanzados y especializados permitirá una comunicación más efectiva entre docentes y estudiantes, mejorando la calidad de la retroalimentación y la comprensión del contenido educativo.^{8,20,23}

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación médica, especialmente en el ámbito de la simulación y la cirugía, marca un hito significativo en la evolución de las metodologías de formación de profesionales de la salud. La simulación clínica ha emergido como una herramienta esencial para abordar las limitaciones actuales en la educación médica, proporcionando un entorno seguro y controlado para el desarrollo y perfeccionamiento de habilidades tanto quirúrgicas como no quirúrgicas. La respuesta rápida a los desafíos impuestos por la pandemia de COVID-19, como se evidencia con el surgimiento de cursos remotos y asincrónicos ante la escasez de expertos con disponibilidad para realizar actividades docentes, destacando la capacidad de la IA para adaptarse a situaciones críticas y ofrecer soluciones innovadoras, superando las barreras físicas de la formación presencial y la necesidad de un docente experto.

En el ámbito de la cirugía, la aplicación de algoritmos de IA ha introducido evaluaciones más precisas y objetivas, permitiendo la simulación de escenarios realistas y la reproducción fidedigna de estructuras anatómicas dinámicas. La inclusión de redes neuronales profundas en el escenario quirúrgico real, con la capacidad de identificar patrones complejos y realizar predicciones en tiempo real, destaca el potencial transformador de la IA en el desarrollo de habilidades quirúrgicas.

El centro de simulación de la Pontificia Universidad Católica de Chile ha liderado iniciativas pioneras al desarrollar herramientas específicas, como el soporte de calidad de retroalimentación, que automatiza la evaluación y mejora de la retroalimentación en cursos remotos de simulación. Además, la creación de un algoritmo de IA para evaluar cursos de laparoscopia básica simulada demuestra un enfoque innovador en la mejora continua de la calidad educativa, respondiendo a la necesidad creciente de estrategias para la

entrega de *feedback* efectivo y la estandarización de los procesos de evaluación.

A pesar de estos avances, se enfrentan desafíos significativos en la integración de la IA en la educación médica. La deshonestidad académica, la persistencia de desinformación y la falta de coherencia en las respuestas generadas por los modelos de lenguaje representan preocupaciones éticas y operativas. Además, la dependencia excesiva de la IA podría limitar el desarrollo de habilidades cruciales, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la comunicación verbal. La falta de interacción humana y expresión emocional también plantea cuestionamientos sobre la integralidad del aprendizaje.

Mirando hacia el futuro, las proyecciones de la IA en la educación médica sugieren un enfoque centrado en la personalización y adaptación del contenido educativo, la creación de simulaciones más avanzadas y realistas, y una mayor colaboración interdisciplinaria entre profesionales de la salud y expertos en IA. Sin embargo, se debe abordar cuidadosamente la ética y la transparencia en el desarrollo y uso de estos sistemas para garantizar la confianza y la integridad en la formación médica basada en IA.

En conclusión, la aplicación de la inteligencia artificial en la educación médica ha alcanzado logros significativos, especialmente en simulación y cirugía. Aunque enfrenta desafíos y preocupaciones éticas, el potencial transformador de la IA en la personalización del aprendizaje y la mejora continua de las prácticas educativas señala un futuro prometedor para la formación de profesionales de la salud.

REFERENCIAS

1. Varas J, Mejía R, Riquelme A, Maluenda F, Buckel E, Salinas J, et al. Significant transfer of surgical skills obtained with an advanced laparoscopic training program to a laparoscopic jejunostomy in a live porcine model: feasibility of learning advanced laparoscopy in a general surgery residency. *Surg Endosc* [Internet]. 2012; 26 (12): 3486-3494. Available in: <http://link.springer.com/10.1007/s00464-012-2391-4>
2. Tejos R, Crovari F, Achurra P, Avila R, Inzunza M, Jarry C, et al. Video-based guided simulation without peer or expert feedback is not enough: a randomized controlled trial of simulation-based training for medical students. *World J Surg* [Internet]. 2021; 45 (1): 57-65. Available in: <https://link.springer.com/10.1007/s00268-020-05766-x>
3. Belmar F, Gaete MI, Durán V, Chelebifski S, Jarry C, Ortiz C, et al. Taking advantage of asynchronous digital feedback: development of an at-home basic suture skills training program for undergraduate medical students that facilitates skills retention. *Glob Surg Educ - J Assoc Surg Educ* [Internet]. 2023; 2 (1): 32. Available in: <https://link.springer.com/10.1007/s44186-023-00112-w>
4. Riviere E, Saucier D, Lafleur A, Lacasse M, Chiniara G. Twelve tips for efficient procedural simulation. *Med Teach* [Internet]. 2018; 40 (7): 743-751. Available in: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0142159X.2017.1391375>
5. Vera M, Kattan E, Cerda T, Niklitshek J, Montaña R, Varas J, et al. Implementation of distance-based simulation training programs for healthcare professionals: breaking barriers during COVID-19 pandemic. *Simul Healthc* [Internet]. 2021; 16 (6): 401-406. Available in: <https://journals.lww.com/10.1097/SIH.0000000000000550>
6. Villagrán I, Rammsy F, Del Valle J, Gregorio De Las Heras S, Pozo L, García P, et al. Remote, asynchronous training and feedback enables development of neurodynamic skills in physiotherapy students. *BMC Med Educ* [Internet]. 2023; 23 (1): 267. Available in: <https://bmcmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-023-04229-w>
7. Quezada J, Achurra P, Jarry C, Asbun D, Tejos R, Inzunza M, et al. Minimally invasive tele-mentoring opportunity—the mito project. *Surg Endosc* [Internet]. 2020; 34 (6): 2585-2592. Available in: <http://link.springer.com/10.1007/s00464-019-07024-1>
8. Abd-alrazaq A, AlSaad R, Alhuwail D, Ahmed A, Healy PM, Latifi S, et al. Large language models in medical education: opportunities, challenges, and future directions. *JMIR Med Educ* [Internet]. 2023; 9: e48291. Available in: <https://mededu.jmir.org/2023/1/e48291>
9. Hashimoto DA, Rosman G, Rus D, Meireles OR. Artificial intelligence in surgery: promises and perils. *Ann Surg* [Internet]. 2018; 268 (1): 70-76. Available in: <https://journals.lww.com/00000658-201807000-00013>
10. Varas J, Coronel BV, Villagrán I, Escalona G, Hernandez R, Schuit G, et al. Innovations in surgical training: exploring the role of artificial intelligence and large language models (LLM). *Rev Col Bras Cir* [Internet]. 2023; 50: e20233605. Available in: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69912023000100402&tIng=en
11. Henderson M, Ryan T, Boud D, Dawson P, Phillips M, Molloy E, et al. The usefulness of feedback. *Act Learn High Educ* [Internet]. 2021; 22 (3): 229-243. Available in: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1469787419872393>
12. Solano QP, Hayward L, Chopra Z, Quanstrom K, Kendrick D, Abbott KL, et al. Natural language processing and assessment of resident feedback quality. *J Surg Educ* [Internet]. 2021; 78 (6): e72-e77. Available in: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1931720421001537>
13. Dogan ME, Goru Dogan T, Bozkurt A. The use of artificial intelligence (AI) in online learning and distance education processes: a systematic review of empirical studies. *Appl Sci* [Internet]. 2023; 13 (5): 3056. Available in: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/5/3056>

14. Belmar F, Gaete MI, Escalona G, Carnier M, Durán V, Villagrán I, et al. Artificial intelligence in laparoscopic simulation: a promising future for large-scale automated evaluations. *Surg Endosc* [Internet]. 2023; 37 (6): 4942-4946. Available in: <https://link.springer.com/10.1007/s00464-022-09576-1>
15. Kitamura FC. ChatGPT is shaping the future of medical writing but still requires human judgment. *Radiology* [Internet]. 2023; 307 (2): e230171. Available in: <http://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.230171>
16. Laplante S, Namazi B, Kiani P, Hashimoto DA, Alseidi A, Pasten M, et al. Validation of an artificial intelligence platform for the guidance of safe laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc* [Internet]. 2023; 37 (3): 2260-2268. Available in: <https://link.springer.com/10.1007/s00464-022-09439-9>
17. Ward TM, Mascagni P, Madani A, Padoy N, Perretta S, Hashimoto DA. Surgical data science and artificial intelligence for surgical education. *J Surg Oncol* [Internet]. 2021; 124 (2): 221-230. Available in: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jso.26496>
18. Von Ende E, Ryan S, Crain MA, Makary MS. Artificial intelligence, augmented reality, and virtual reality advances and applications in interventional radiology. *Diagnostics* [Internet]. 2023; 13 (5): 892. Available in: <https://www.mdpi.com/2075-4418/13/5/892>
19. Khan R, Plahouras J, Johnston BC, Scaffidi MA, Grover SC, Walsh CM. Virtual reality simulation training in endoscopy: a Cochrane review and meta-analysis. *Endoscopy* [Internet]. 2019; 51 (7): 653-664. Available in: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/a-0894-4400>
20. Maier-Hein L, Eisenmann M, Sarikaya D, Marz K, Collins T, Malpani A, et al. Surgical data science - from concepts toward clinical translation. *Med Image Anal* [Internet]. 2022; 76: 102306. Available in: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1361841521003510>
21. Kuhail MA, Alturki N, Alramlawi S, Alhejori K. Interacting with educational chatbots: a systematic review. *Educ Inf Technol* [Internet]. 2023; 28 (1): 973-1018. Available in: <https://link.springer.com/10.1007/s10639-022-11177-3>
22. Tlili A, Shehata B, Adarkwah MA, Bozkurt A, Hickey DT, Huang R, et al. What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. *Smart Learn Environ* [Internet]. 2023; 10 (1): 15. Available in: <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-023-00237-x>
23. Ahmed A, Ali N, Alzubaidi M, Zaghouani W, Abd-alrazaq AA, Househ M. Freely available Arabic corpora: a scoping review. *Comput Methods Programs Biomed Update* [Internet]. 2022; 2: 100049. Available in: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2666990022000015>

Correspondencia:
Dr. Julián Varas-Cohen
E-mail: jevaras@uc.cl