

APRENDIZAJE BASADO EN ERRORES. UNA PROPUESTA COMO NUEVA ESTRATEGIA DIDÁCTICA EN LA EDUCACION MEDICA ERROR-BASED LEARNING. A PROPOSAL AS A NEW DIDACTIC STRATEGY IN MEDICAL EDUCATION

Ramón Miguel Vargas-Vera PhD.

dr.ramonvargasvera@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1922-8983>

Universidad de Guayaquil

Ecuador

Martha Verónica Placencia-Ibadango PhD.

marthitaplacencia1975@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3967-6166>

Universidad de Guayaquil

Ecuador

Silvia Maribel Placencia-Ibadango MSc.

smpla5@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3164-1639>

Universidad de Guayaquil

Ecuador

Kathiuska Stefany Vargas-Silva Lcda.

kattvargas88@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-3718-3329>

Universidad de Buenos Aires

Argentina

Artículo recibido: 23 de febrero 2025

Aceptado para publicación: 20 de mayo de 2025

RESUMEN

Introducción: El aprendizaje basado en errores es una estrategia educativa enfocada en el uso de errores como fuente de aprendizaje. Mediante el análisis y corrección de errores que conducen al razonamiento y a la memoria. El propósito de este estudio consiste en comparar los descubrimientos de investigaciones anteriores acerca del aprendizaje basado en errores en la educación médica. El método es: Se llevó a cabo una revisión sistemática de los artículos publicados entre 2013 y 2023. Utilicé diversos buscadores como Google Academic, Scopus, Embase, Clínica Key y Web of Science como fuentes de datos. La búsqueda se basó en diferentes palabras claves y estrategias de aprendizaje. **Resultados:** se identificaron cuatro temas principales a través del análisis de los artículos seleccionados: generalidades de la educación basada en errores y diversas disciplinas de enseñanza médica. **Conclusiones:** Se determinó que incluir errores en la formación médica motivan a los estudiantes, los mismos necesitan ser estimulados o inducidos; representando un impacto positivo al dar la oportunidad de encontrar y corregir errores motivando al estudiante a investigar.

Palabras clave: “formación médica” “Aprendizaje” “Medicina” “competencias” “errores diagnósticos” “error”

ABSTRACT

Introduction: One of the teaching strategies is error-based learning, which focuses on the use of errors as a learning platform. Observation, analysis, and correction of errors give rise to reasoning and memory. **Objective:** This research is to contrast the findings of previous research on error-based learning in medical education. **Method:** A systematic review of articles published between 2013 and 2023 was conducted. I used several search engines such as Google Academic, Scopus, Embase, Clinical Key and Web of Science as sources of information. The search was based on different keywords and learning strategies. **Results:** Four main themes were identified through the analysis of the selected articles: generalities of error-based education and various disciplines of medical education. **Results** The analysis of the selected articles identified four main themes: an overview of error-based education, error-based learning in neurology, error-based learning in otolaryngology, error-based learning in surgery, and error-based learning in sports medicine. **Conclusions:** It was determined that errors in medical training motivate students, they need to be stimulated or induced; representing a positive impact by giving the opportunity to find and correct errors and motivating the student to investigate.

Keywords: medical training" "Learning" "Medicine" "competences" "diagnostic errors" "error"

INTRODUCCIÓN

El termino aprender es un medio de adquirir conocimiento por medio de la experiencia y el estudio, así mismo estaría relacionado con la capacidad de fijar en la memoria; por lo que, el aprendizaje tiene un contenido innato de las capacidades propias y heredadas que están condicionada por lo aprendido basado en la experiencia individual y colectiva. Sobre este proceso participa el sistema neuronal con zonas especializadas del sistema nervioso central como el sistema límbico, donde analizan las señales que llegan al cuerpo que después de esto darán repuestas condicionada a diferentes factores de aspecto social, seguridad, existencia socioeconómicos, etc.(Pellón R, 2014). Por consiguiente, garantizan repuestas entre el individuo y el medio social que pertenece. Este aprendizaje está integrado a la recompensa o al castigo por la complicidad, el compañerismo, la solidaridad, la garantía, etc.

El sistema educativo aplica muchos estilos de aprendizaje en sus diferentes asignaturas que siempre estuvieron direccionada por la clase magistral apoyada por recursos visuales y trabajos individuales(Cyr AA & Anderson ND, 2018), en la actualidad se emplean muchas estrategias para mejorar la interacción estudiante-docente en la carrera de medicina lo que implica un cambio del paradigma educativo tradicional en el uso de metodologías didácticas novedosas; el aprendizaje basado en errores es una nueva metodología donde el docente incluye errores para motivar al estudiantes a encontrarlos y dar solución a una evaluación(Guerrero Benavides et al., 2013); a la vez asegura la autoestima o placer en lograr encontrar el error y discusión grupal, por consiguiente adquiere conocimientos y promoviendo el trabajo en grupo, incrementado por lo tanto el rendimiento, la dedicación y el compañerismo. La estrategia de este aprendizaje incentiva el aprendizaje basado en la gamificación(Macho-González A et al., 2020), a través de una experiencia implementada en cinco materias en la Universidad Complutense de Madrid, que permitió a un mayor número

de individuos obtener calificaciones superiores. En el proceso de comunicación escrita en estudiantes de bachillerato, se lo planteo desde el ámbito meta cognitivo y constructivista (Vinces Mieles & Delgado Cedeño, 2022). Los errores cometidos por los maestros ayudan a los estudiantes a retener el conocimiento durante el proceso de aprendizaje (Molina-Montes ME, 2020). . Se ha demostrado que la recuperación explícita del error junto con la respuesta correcta no es necesaria, lo que implica que el efecto beneficioso del error podría estar basado en procesos implícitos (Mera Equiza Yeray; Mera Equiza Yeray, 2018). A pesar que los errores son la primera y más importante fuente de aprendizaje, es frecuente que muchas instituciones desaprovechen el potencial de las quejas de los estudiantes o el conocimiento de los docentes sobre las deficiencias de la organización para mejorar(Vázquez-Suárez L & Sánchez-Gómez R, 2019). Se han evaluado los errores en la técnica de arrebatamiento en niños de 10 a 12 años, demostrando que el proceso es esencial para mejorar la autoeficacia y la motivación del alumno(Souissi et al., 2023). Por otra parte, el proceso de educación basado en casos en el uso de la ambulancia aérea de Londres, demostró que el proceso de revisión del caso comienza con un informe en el momento de la escena, un proceso informal que a menudo involucra a otros servicios de emergencia(Carenzo et al., 2022).

De la misma forma se han identificados los componentes básicos y las estrategias para superar las barreras sobre las experiencias de múltiples instituciones; el esquema forma una base en la que deben construir futuros colaboradores para potenciar una implementación más generalizada en la educación médica, para mejorar la educación en medicina y, en última instancia, los resultados de los pacientes(Sicker et al., 2020).

Aunque existen pocas evidencias con respecto a esta estrategia de aprendizaje en la carrera de medicina a pesar de su importancia en su aplicación nos hemos propuesto a realizar una revisión sistemática de esta metodología de aprendizaje

El objetivo de esta investigación es conocer la importancia de la del aprendizaje basado en errores en la educación médica de 2013-2023.

METODOLOGIA

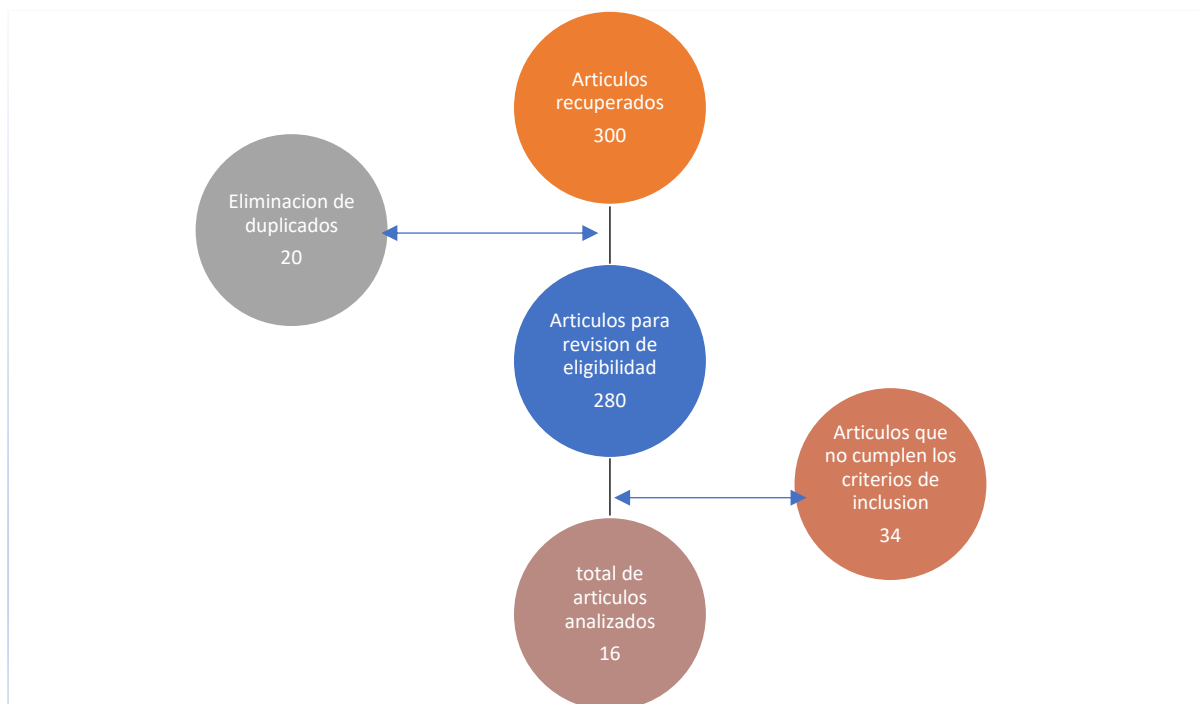
Por falta de datos sistematizados sobre el aprendizaje basado en errores, esta investigación responderá a las siguientes preguntas:

¿Qué contenidos generales se encuentran en el aprendizaje basado en errores? ¿Cuál es el impacto de la educación basado en errores en el desarrollo profesional del médico? Como fomenta el aprendizaje basado en errores en la educación de los estudiantes

Se utilizó el método de desarrollo de Arksey y O'Malley, formulando preguntas que nos permitieron examinar los vacíos en las evidencias (Arksey & O'Malley, 2005). Se buscaron documentos médicos publicados del 2013 al 2023 (10 años), y las fuentes de información fueron Google Academic, Scopus, Embase, Clinic Key. Se utilizó una estrategia de búsqueda en inglés con las palabras clave “aprendizaje basado en errores”, “medicina”, “formación médica” y “formación médica basada en errores”. Se seleccionaron 300 artículos de dos bases de datos. Los registros se revisaron utilizando el software Mendeley 2021 para refinar y eliminar duplicados. Del primer cribado quedaron 197 artículos, los cuales fueron evaluados en función del tema analizado, resumen y palabras clave. Los criterios de inclusión se basaron en el período de tiempo específico correspondiente a las palabras clave en español e inglés y de las revistas incluidas en la base de datos seleccionada en el estudio. Se eliminaron los artículos que presentaban estrategias de enseñanza u otros modelos marco. Se seleccionaron 16 artículos debido a la importancia del tema analizado. Un diagrama del proceso de selección se puede ver en la Figura 1.

Fig.1

Proceso de Selección de Artículos.



Proceso de selección de artículos siguiendo la metodología PRISMA.

RESULTADOS

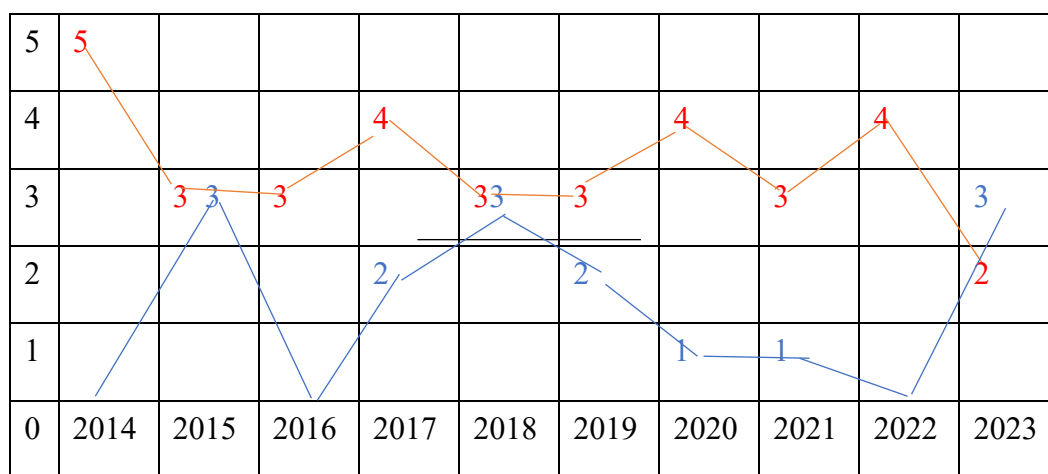
Características de los artículos seleccionados. Del total de artículos recuperados de Scopus, Web of Science, Clinical Key, Google académico y Embase, solo el cincuenta por ciento se consideró relevante para el estudio de 16 trabajos de la última década. La disminución en la productividad indica que la temática no ha sido suficientemente explorada y, además, la literatura académica carece de la relevancia necesaria. Por consiguiente, se requiere una priorización de las competencias académicas en los estudiantes de medicina, dado que se encuentra en un sistema académico tradicional, sin necesidad de alterar las estrategias de enseñanza. Dado las particularidades de la carrera, resulta crucial que los estudiantes comprendan cómo responder a diversas tácticas de aprendizaje, en comparación con la etapa estudiantil como profesional.

No obstante, en la figura número 2 se comparan los artículos que no cumplieron con los criterios de inclusión y los seleccionados durante los últimos diez años, donde se aprecia un incremento económico de la temática, lo cual demuestra el incremento constante en la investigación sobre el tema objeto de estudio.

La tabla número 1 contiene una explicación detallada de los artículos seleccionados de la muestra, que se encuentran representados por los autores, el año de publicación, y una síntesis de la temática tratada en cada trabajo. Cinco artículos se sustentaron en la metodología de la estrategia. de la estrategia de enseñanza(Macho-González A et al., 2020)(Mera Equiza Yeray; Mera Equiza Yeray, 2018)(Klein et al., 2017)(Ownsworth, 2018)(Klein et al., 2019); cinco artículos estuvieron centrado en disciplina de neurología(Souissi et al., 2023)(Sengupta & Nasir, 2015)(Anglin et al., 2017)(Chien & Chen, 2018)(Ramírez-Hernández et al., 2023a), tres artículos estuvieron centrados en otorrinolaringología(van Vugt & Tillmann, 2015a)(Anderson et al., 2015)(Serel Arslan et al., 2018), un artículo en cirugía(Truong et al., 2023) y un artículo en medicina del deporte(de Haas et al., 2019).

Fig. 2

Comparación Entre Artículos que No Cumplieron Con los Criterios de Inclusión



	Artículos que no cumplieron con los criterios establecidos para la inclusión.
	Artículos incluidos en las muestras.

Los autores establecieron cuatro temáticas primordiales que abarcaron el estudio de los artículos seleccionados con el fin de responder a las interrogantes de investigación.

Tabla 1
Descripción de la Muestra Seleccionada que Corresponde la Base del Estudio

Numero		Autores, año	Temática principal	Muestra	Base de datos
1	metodología de la estrategia de enseñanza ABE	Klein et al, (2017)	Fomento del conocimiento educativo aplicable en estudiantes: Efectos de seminario basado en errores y apoyo instructivo durante las pruebas de conocimiento aplicable	Estudios anteriores mostraron efectos positivos de los entornos de aprendizaje basados en errores.	SCOPUS
2		Owensworth, T. (2018)	Errores: ¿Amigo o enemigo? La teoría y base de evidencia en el aprendizaje basado en errores.	Se describe el protocolo para un ensayo controlado aleatorio (ECA) que compara el aprendizaje basado en errores y el aprendizaje	SCOPUS
3		Mera Equiza; Marín García (2019)	Aprendizaje basado en errores en materias de la nutrición: validación de una estrategia docente en un contexto inter universitario	dos grupos de participantes	Google académico
4		Klein et al, (2019)	Fomentar el razonamiento clínico de los estudiantes de medicina aprendiendo de los errores en los casos clínicos: efectos y condiciones en procedimientos que incitación para fomentar las auto explicaciones	fomentar el razonamiento clínico de los estudiantes de medicina de pregrado mediante el aprendizaje de los errores	CLINICAL KEY
5		Macho-González A, Bastida S, Sarriá Ruiz B, Sánchez Muniz FJ. (2021)	Aprendizaje basado en errores. Una propuesta como nueva estrategia didáctica	3 escuelas universidad complutense (Farmacia (15%, $p < 0,05$) que del Doble grado de Farmacia y Nutrición Humana y Dietética	Google académico
6	ABE en neurología	Sengupta, R., & Nasir, S. M. (2015)	Redistribución de coherencia de la fase neural refleja en el establecimiento del mapa feedforward en la adaptación	diseño experimental de medidas repetidas con 31 lactantes, de 4,5 a 6,5 meses de edad	SCOPUS
7		Anglin et al, (2017)	Adaptación visomotora en realidad virtual montada en la cabeza versus entrenamiento convencional	Veinticuatro individuos sanos fueron colocados en HMD-VR o CT y entrenados en una tarea de adaptación visomotora	CLINICAL KEY
8		Chien et al, (2018)	La influencia del aprendizaje guiado basado en errores en la autoeficacia y el logro de las habilidades motoras	75 estudiantes El grupo experimental (aprendizaje guiado basado en errores, $n = 37$) grupo control $n=38$	CLINICAL KEY
9		Souissi, et al, (2023)	Efectos de tres estrategias de corrección de errores en técnica de arrebataamiento en niños de 10 a 12 años: un ensayo controlado aleatorio	48 niños con 2 meses de experiencia fueron asignados aleatoriamente	SCOPUS
10		Ramírez-Hernández et al, (2023)	¿Qué métodos de entrenamiento son efectivos para aprender nuevas aplicaciones de memoria de teléfonos inteligentes después de una lesión cerebral adquirida?	38 participantes en modelos de redes neuronales para el control adaptativo de las trayectorias de movimiento del brazo	Google académico

11	ABE en otorrinolaringología	Floris et al, (2015)	Retroalimentación auditiva en el aprendizaje basado en errores de la regularidad motora	36 participantes proporciono evidencia de que el aprendizaje basado en errores en la retroalimentación auditiva	SCOPUS
12		Anderson y col. (2015)	El paradigma de perturbación modula el aprendizaje basado en errores en un Tarea automatizada: resultados en la cinemática de la deglución	la elevación hiolarínea en 25 adultos sanos (30 degluciones: 10 preperturbación, 10 perturbación y 10 pos perturbación)	CLINICAL KEY
13		Serel Arslan et al, (2018)	Efectos de la estimulación eléctrica superficial submentoniana en la cinemática de deglución en adultos sanos: un paradigma de aprendizaje basado en errores	efectos del SES submental sobre la cinemática hiolarínea en 30 adultos sanos que tragarón 50 veces	EMBASE
14	ABE en cirugía	Eric de Haas et al, (2019)	El enfoque de enseñanza basado en errores disminuye los errores de anastomosis vascular: un estudio piloto	73 suturas de las cuales 12 fueron errores	Google académico
15	ABE en medicina del deporte	Truong, C et al, 023)	Aprendizaje basado en errores y refuerzo en tiros libres de baloncesto	60 participantes se dividieron en cuatro grupos (n = 15 por grupo): (i) el grupo basado en errores (retroalimentación sensorial), (ii) el grupo de refuerzo (retroalimentación binaria que incluye éxito o fracaso), (iii) el grupo mixto (retroalimentación sensorial seguida de retroalimentación binaria) y (iv) el grupo control.	EMBASE

NOTA: Se realiza un análisis de las publicaciones incluidas en la investigación, detallando las características de cada uno, de acuerdo al autor, año de publicación, disciplina aplicada, temática, muestra y población de estudio y la base de datos

Discusión

Por tradición el profesor era el único vehículo de transmisión de conocimiento, (2 actualmente con el avance de la tecnología se promueven nuevas estrategias y sistemas de enseñanzas(Cyr AA & Anderson ND, 2018)(Anderson et al., 2015)(Edwards & Rosenfeld, 2006)(Ramis et al., 2019)(Muñoz Rojas M, 2016)(Sein-Echaluze ML et al., 2015)(Nagaraj et al., 2023), que de la misma manera permite que el estudiante incremente su participación en la enseñanza, que potencia la interacción con el profesor, no obstante, el estudiante es el gestor de su aprendizaje(Ramis et al., 2019)(Buzón-García O et al., 2018)(Hénard F, 2019)(Salmasi et al., 2023)(Holland, 2003); el aprendizaje basado en errores es una nueva metodología a través del cual el docente incluye errores para motivar al estudiante a encontrar y dar solución a una evaluación(Guerrero Benavides et al., 2013)(Macho-González A et al., 2020)(Arai & Mazuka, 2014) donde se menciona que esta estrategia de aprendizaje incentiva

el aprendizaje basado en la gamificación, sobre una experiencia aplicada en cinco asignaturas en la Universidad Complutense de Madrid, que permitió que un mayor número de personas logren un nivel alto de calificaciones, donde estas asignaturas presentaban una metodología practica(Grado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, 2019) según el programa de la asignatura Dietética Aplicada, en la que se incluían textos y seminarios prácticos con errores con la utilización de la plataforma Kahoot como alternativa para vencer el miedo del estudiante al participar en público(Ramis et al., 2019)(Buzón-García O et al., 2018)(Albert & Shadmehr, 2018). Actualmente con esta experiencia al participar o dar respuesta a preguntas planteadas en el aula; demostraron que los temas impartidos en forma conjunta los errores revelaron una nota superior a los métodos tradicionales e incluso en temas que no se presentaron errores. Así mismo se encontraron evidencias que evaluaron los errores en la técnica de arrebatamiento en niños de 10 a 12 años(Souissi et al., 2023)(Kolobe & Fagg, 2019), de este modo las implicaciones prácticas para los profesores de educación física, donde se requiere práctica para mejorar la técnica y la eficacia del aprendizaje. Este proceso es esencial a la vez para mejorar la autoeficacia y la motivación del alumno(Butcher et al., 2017).

Se ha demostrado los diferentes paradigmas de disturbio que alteran los resultados de aprendizaje basados en errores en una tarea altamente automatizada(Anderson et al., 2015). Así mismo se aplicó el método en la adaptación en una tarea de rotación visomotora en el modelo interno implícito basado en errores y un componente estratégico más cognitivo y explícito(Anglin et al., 2017)(Alfonso Uresti-Cabrera et al., 2015).

Así mismo merece destacar la examinación de los efectos de la estimulación eléctrica submental(SES) sobre la cinemática hiolaríngea en 30 adultos sanos que tragarón 50 veces a través del aprendizaje basado en errores(Serel Arslan et al., 2018)(Chen et al., 2022). La

comparación de la eficacia de tres métodos de entrenamiento de habilidades (TEL de ensayo y error) fueron comparados y los resultados incluyeron la generalización de las habilidades, la comisión de errores, la frecuencia y la confianza en el uso de teléfonos inteligentes y las quejas subjetivas de memoria(Ramirez-Hernandez et al., 2023b)(Ownsworth et al., 2017) (Wong & Shelhamer, 2011)(Ramirez-Hernandez et al., 2020)(Xu et al., 2022)(Dharminder & Chandran, 2020).

Los razonamientos clínicos de los estudiantes de medicina de pregrado fueron fomentados mediante el aprendizaje de los errores(Klein et al., 2017). El alcance en el apoyo instruccional a través del aprendizaje basado en la web con ejemplos erróneos de casos clínicos varió en un diseño factorial con tres grupos: presentación de casos como (a) trabajados sin apoyo o proporcionando a los participantes (b) indicaciones cerradas en forma de tareas de opción múltiple o (c) indicaciones de reflexión abiertas durante el proceso de aprendizaje. La hipótesis de que la retroalimentación auditiva contribuye al tiempo de aprendizaje, de manera similar a los modelos de aprendizaje visuoespacial; proporcionando evidencia de aprendizaje basado en errores en la retroalimentación auditiva mejorando la calidad del movimiento en 36 participantes(van Vugt & Tillmann, 2015b)(Gaudio & Grossberg, 1991)(van der Kooij et al., 2019). La utilización de errores para fomentar el conocimiento educativo basadas en la taxonomía de Jong y Ferguson-Hessler(de Jong & Ferguson-Hessler, 1996), pero la estructura y la automatización en las explicaciones posteriores del seminario integrado fueron superiores al del seminario regular(Klein et al., 2017). La eficacia del aprendizaje basado en errores dentro de la rehabilitación de lesiones cerebrales, fue observado en un plan piloto que propuso(Ownsworth, 2018) así como la enseñanza basada en errores en residentes de cirugía a través de anastomosis vascular(Truong et al., 2023)(van Vugt & Tillmann, 2015b).

Conclusiones

La estrategia de enseñanza aprendizaje basado en errores puede ser eficaz para mejorar las habilidades clínicas y la capacidad de aprendizaje de los estudiantes de medicina. Los hallazgos obtenidos en la investigación respaldan la relevancia del aprendizaje basado en errores en la educación médica. Como se ha observado, la inclusión de errores en los temas de clase o en las tareas prácticas motivan a los estudiantes, no obstante, requieren ser estimulados o inducidos. Este efecto se traduce en un impacto positivo al incentivar al estudiante a estudiar, buscar las causas fundamentales y las fuentes del error.

Financiación: Recursos propios

Presentaciones previas: Ninguna

En el presente artículo no se utilizó ningún tipo de inteligencia artificial

Declaración de intereses contrapuestos

No hay ningún interés financiero ni conflictos de intereses en la investigación. El propósito de la investigación no reflejaba la política o posición oficial de la organización y el gobierno. No fue necesario pasar por comité de ética por cuanto es una revisión bibliográfica, no hubo manipulación de variables ni se incluyen nombres de personas ni de instituciones

Agradecimientos

Agradecimiento especial a los internos de ginecología de la Universidad de Guayaquil y Estudiantes de enfermería de la Universidad Católica de Guayaquil que nos han contribuido en la búsqueda de referencias bibliográficas.

Referencias:

Albert, S. T., & Shadmehr, R. (2018). Estimating properties of the fast and slow adaptive processes during sensorimotor adaptation. *Journal of Neurophysiology*, 119(4), 1367–1393. <https://doi.org/10.1152/jn.00197.2017>

- Alfonso Uresti-Cabrera, L., Vaca-Palomares, I., Diaz, R., Beltran-Parrazal, L., & Fernandez-Ruiz, J. (2015). Effects of aging on strategic-based visuomotor learning. *Brain Research*, 1618, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.05.022>
- Anderson, C., Macrae, P., Taylor-Kamara, I., Serel, S., Vose, A., & Humbert, I. A. (2015). The perturbation paradigm modulates error-based learning in a highly automated task: outcomes in swallowing kinematics. *Journal of Applied Physiology*, 119(4), 334–341. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00155.2015>
- Anglin, J. M., Sugiyama, T., & Liew, S.-L. (2017). Visuomotor adaptation in head-mounted virtual reality versus conventional training. *Scientific Reports*, 7(1), 45469. <https://doi.org/10.1038/srep45469>
- Arai, M., & Mazuka, R. (2014). The Development of Japanese Passive Syntax as Indexed by Structural Priming in Comprehension. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(1), 60–78. <https://doi.org/10.1080/17470218.2013.790454>
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Butcher, P. A., Ivry, R. B., Kuo, S.-H., Rydz, D., Krakauer, J. W., & Taylor, J. A. (2017). The cerebellum does more than sensory prediction error-based learning in sensorimotor adaptation tasks. *Journal of Neurophysiology*, 118(3), 1622–1636. <https://doi.org/10.1152/jn.00451.2017>
- Buzón-García O, Fernández-Rincón JA, & Mena-Rodríguez E. (2018). *Presente y futuro de la educación: planteamientos teóricos, experiencias y nuevos modelos educativos* (Primera). Ediciones Egregius. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=914357>
- Carenzo, L., Baker, C., Jones, S., & Hurst, T. (2022). A Framework for Case-Based Learning in Prehospital Medicine: The London's Air Ambulance Experience. *Air Medical Journal*, 41(6), 521–525. <https://doi.org/10.1016/j.amj.2022.09.005>
- Chen, X., Wang, S., & Hartsuiker, R. J. (2022). Error-based structure prediction in language comprehension: Evidence from verb bias effects in a visual-world structural priming paradigm for Mandarin Chinese. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 48(1), 60–71. <https://doi.org/10.1037/xlm0001048>
- Chien, K.-P., & Chen, S. (2018). The Influence of Guided Error-Based Learning on Motor Skills Self-Efficacy and Achievement. *Journal of Motor Behavior*, 50(3), 275–284. <https://doi.org/10.1080/00222895.2017.1341377>
- Cyr AA, & Anderson ND. (2018). Learning from our mistakes. Effects of learning errors on memory in healthy younger and older adults. . In K. R. Haslam C (Ed.), *Current issues in neuropsychology. Errorless learning in neuropsychological rehabilitation: Mechanisms, efficacy and application* (pp. 151–163). Routledge/Taylor & Francis Group. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=PI4JkN4A AAAJ&citation_for_view=PI4JkN4AAAAJ:M3ejUd6NZC8C
- de Haas, E., Stone, J. P., de Haas, W., & Schrag, C. H. (2019). Error-Based Teaching Approach Decreases Vessel Anastomosis Errors: A Pilot Study. *Journal of Reconstructive Microsurgery Open*, 04(02), e73–e76. <https://doi.org/10.1055/s-0039-3400244>

- de Jong, T., & Ferguson-Hessler, M. G. M. (1996). Types and qualities of knowledge. *Educational Psychologist*, 31(2), 105–113.
https://doi.org/10.1207/s15326985ep3102_2
- Dharminder, D., & Chandran, K. P. (2020). LWESM: learning with error based secure communication in mobile devices using fuzzy extractor. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11(10), 4089–4100.
<https://doi.org/10.1007/s12652-019-01675-7>
- Edwards, M. S., & Rosenfeld, G. C. (2006). A Problem-Based Learning Approach to Incorporating Nutrition into the Medical Curriculum. *Medical Education Online*, 11(1), 4611. <https://doi.org/10.3402/meo.v11i.4611>
- Gaudiano, P., & Grossberg, S. (1991). Vector associative maps: Unsupervised real-time error-based learning and control of movement trajectories. *Neural Networks*, 4(2), 147–183. [https://doi.org/10.1016/0893-6080\(91\)90002-M](https://doi.org/10.1016/0893-6080(91)90002-M)
- Grado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. (2019). *Programa de la asignatura Dietética Aplicada a la Industria Alimentaria*. <https://www.ucm.es/nutrycial/grado-en-cyta>
- Guerrero Benavides, J. I., Castillo Molina, E. J. S., Chamorro Quiroz, H. G., & Isaza de Gil, G. (2013). El error como oportunidad de aprendizaje desde la diversidad en las prácticas evaluativas. *Plumilla Educativa*, 12(2), 361–381.
<https://doi.org/10.30554/plumillaedu.12.388.2013>
- Hénard F. (2019). *Learning our lesson. Review of quality teaching in higher education. OECD netFWD (2019), “Philanthropy and Education - Quality Education For All: Lessons and Future Priorities”*, .
https://www.oecd.org/development/networks/NetFWD_PolicyNoteOnEducation.pdf
- Holland, K. (2003). Editorial comment. *Nurse Education in Practice*, 3(4), 185.
[https://doi.org/10.1016/S1471-5953\(03\)00070-2](https://doi.org/10.1016/S1471-5953(03)00070-2)
- Klein, M., Otto, B., Fischer, M. R., & Stark, R. (2019). Fostering medical students’ clinical reasoning by learning from errors in clinical case vignettes: effects and conditions of additional prompting procedures to foster self-explanations. *Advances in Health Sciences Education*, 24(2), 331–351. <https://doi.org/10.1007/s10459-018-09870-5>
- Klein, M., Wagner, K., Klopp, E., & Stark, R. (2017). Fostering of applicable educational knowledge in student teachers: Effects of an error-based seminar concept and instructional support during testing on qualities of applicable knowledge. *Journal for Educational Research Online*, 9(2), 88–114.
<https://doi.org/https://doi.org/10.25656/01:14898>
- Kolobe, T. H. A., & Fagg, A. H. (2019). Robot Reinforcement and Error-Based Movement Learning in Infants With and Without Cerebral Palsy. *Physical Therapy*, 99(6), 677–688. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzz043>
- Macho-González A, Bastida S, Sarriá Ruiz B, & Sánchez Muniz FJ. (2020). Aprendizaje basado en errores. Una propuesta como nueva estrategia didáctica. *JONNPR*, 6(8), 1049–1063. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.4146>
- Mera Equiza Yeray; Mera Equiza Yeray. (2018). *Condiciones de aparición del Aprendizaje Basado en Errores: Relación semántica del material y recuperación del error* [UPV/EHU].

- https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/45466/TFG%20Definitivo_Mera_Yeray.pdf?sequence=1
- Molina-Montes ME. (2020). Aprendizaje basado en errores en materias de la nutrición: validación de una estrategia docente en un contexto interuniversitario. *Universidad de Granadas*. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/75110>
- Muñoz Rojas M. (2016). *Las TIC en educación: “Kahoot!” como propuesta de gamificación e innovación educativa para educación secundaria en educación física* [Universidad Internacional de La Rioja]. <https://docplayer.es/52615454-Las-tic-en-educacion-kahoot-como-propuesta-de-gamificacion-e-innovacion-educativa-para-educacion-secundaria-en-educacion-fisica.html>
- Nagaraj, D., Khandelwal, P., Steyaert, S., & Gevaert, O. (2023). Augmenting digital twins with federated learning in medicine. *The Lancet Digital Health*, 5(5), e251–e253. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(23\)00044-4](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(23)00044-4)
- Ownsworth, T. (2018). Errors: Friend or foe? In *Errorless Learning in Neuropsychological Rehabilitation* (pp. 164–179). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315660738-11>
- Ownsworth, T., Fleming, J., Tate, R., Beadle, E., Griffin, J., Kendall, M., Schmidt, J., Lane-Brown, A., Chevignard, M., & Shum, D. H. K. (2017). Do People With Severe Traumatic Brain Injury Benefit From Making Errors? A Randomized Controlled Trial of Error-Based and Errorless Learning. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 31(12), 1072–1082. <https://doi.org/10.1177/1545968317740635>
- Pellón R. (2014). *Psicología del aprendizaje*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=567566>
- Ramirez-Hernandez, D., Stolwyk, R. J., Ownsworth, T., & Wong, D. (2020). A comparison of systematic instruction, error-based learning and trial and error to train the use of smartphone memory apps after acquired brain injury: A three-armed phase II randomised controlled trial study protocol. *Brain Impairment*. <https://doi.org/10.1017/BrImp.2020.10>
- Ramirez-Hernandez, D., Wong, D., Ownsworth, T., & Stolwyk, R. J. (2023a). Which training methods are effective for learning new smartphone memory apps after acquired brain injury? A pilot randomized controlled trial comparing trial and error, systematic instruction and error-based learning. *Neuropsychological Rehabilitation*, 33(1), 139–172. <https://doi.org/10.1080/09602011.2021.1993273>
- Ramirez-Hernandez, D., Wong, D., Ownsworth, T., & Stolwyk, R. J. (2023b). Which training methods are effective for learning new smartphone memory apps after acquired brain injury? A pilot randomized controlled trial comparing trial and error, systematic instruction and error-based learning. *Neuropsychological Rehabilitation*, 33(1), 139–172. <https://doi.org/10.1080/09602011.2021.1993273>
- Ramis, M.-A., Chang, A., Conway, A., Lim, D., Munday, J., & Nissen, L. (2019). Theory-based strategies for teaching evidence-based practice to undergraduate health students: a systematic review. *BMC Medical Education*, 19(1), 267. <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1698-4>
- Salmasi, V., Terkawi, A. S., & Mackey, S. C. (2023). Pragmatic Comparative Effectiveness Trials and Learning Health Systems in Pain Medicine. *Anesthesiology Clinics*, 41(2), 503–517. <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2023.03.010>

- Sein-Echaluze ML, Fidalgo-Blanco A, & García-Peñalvo F. (2015, October 14). Metodología de enseñanza inversa apoyada en b-learning y gestión del conocimiento. *III Congreso Internacional Sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad*. <http://hdl.handle.net/10366/126798>
- Sengupta, R., & Nasir, S. M. (2015). Redistribution of neural phase coherence reflects establishment of feedforward map in speech motor adaptation. *Journal of Neurophysiology*, 113(7), 2471–2479. <https://doi.org/10.1152/jn.00731.2014>
- Serel Arslan, S., Azola, A., Sunday, K., Vose, A., Plowman, E., Tabor, L., Singer, M., Robison, R., & Humbert, I. A. (2018). Effects of Submental Surface Electrical Stimulation on Swallowing Kinematics in Healthy Adults: An Error-Based Learning Paradigm. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 27(4), 1375–1384. https://doi.org/10.1044/2018_AJSLP-17-0224
- Sicker, K., Habash, D., Hamilton, L., Nelson, N. G., Robertson-Boyd, L., & Shaikhkhalil, A. K. (2020). Implementing Culinary Medicine Training: Collaboratively Learning the Way Forward. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 52(7), 742–746. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2019.12.009>
- Souissi, M. A., Elghoul, Y., Souissi, H., Masmoudi, L., Ammar, A., Chtourou, H., & Souissi, N. (2023). The Effects of Three Correction Strategies of Errors on the Snatch Technique in 10–12-Year-Old Children: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(6), 1218–1224. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003707>
- Truong, C., Ruffino, C., Crognier, A., Paizis, C., Crognier, L., & Papaxanthis, C. (2023). Error-based and reinforcement learning in basketball free throw shooting. *Scientific Reports*, 13(1), 499. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26568-2>
- van der Kooij, K., Oostwoud Wijdenes, L., Rigterink, T., Overvliet, K. E., & Smeets, J. B. J. (2019). Correction: Reward abundance interferes with error-based learning in a visuomotor adaptation task. *PLOS ONE*, 14(9), e0223088. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223088>
- van Vugt, F. T., & Tillmann, B. (2015a). Auditory feedback in error-based learning of motor regularity. *Brain Research*, 1606, 54–67. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.02.026>
- van Vugt, F. T., & Tillmann, B. (2015b). Auditory feedback in error-based learning of motor regularity. *Brain Research*, 1606, 54–67. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.02.026>
- Vázquez-Suárez L, & Sánchez-Gómez R. (2019). *El aprendizaje basado en la enseñanza de errores: Aplicación a la gestión de recursos humanos* (Esic Editorial). <https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/149262/133.pdf;jsessionid=29EF7909189B61F2B358F63AA9296C7C?sequence=1>
- Vinces Mieles, V. A., & Delgado Cedeño, L. A. (2022). Aprendizaje basado en errores: una propuesta didáctica para mejorar el proceso de la comunicación escrita en los estudiantes del Bachillerato. *Revista Cognosis*, 7(1), 95–110. <https://doi.org/10.33936/cognosis.v6i0.3622>

- Wong, A. L., & Shelhamer, M. (2011). Exploring the Fundamental Dynamics of Error-Based Motor Learning Using a Stationary Predictive-Saccade Task. *PLoS ONE*, 6(9), e25225. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025225>
- Xu, L., Zhu, S., & Wen, N. (2022). Deep reinforcement learning and its applications in medical imaging and radiation therapy: a survey. *Physics in Medicine & Biology*, 67(22), 22TR02. <https://doi.org/10.1088/1361-6560/ac9cb3>