

Piedad Elizabeth Acurio-Padilla¹

E-mail: ua.piedadacurio@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2274-5444>

Cristopher René Guerreo-Rea¹

E-mail: cristophergr68@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3413-3944>

Hendry Alejandro Huilca-Galarza¹

E-mail: hendryhg60@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9308-2585>

Alejandro Patricio Jaramillo-Aguilar¹

E-mail: alejanadroja99@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5240-4459>

¹Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Acurio-Padilla, P. E., Guerreo-Rea, C. R., Huilca-Galarza, H. A., & Jaramillo-Aguilar, A. P. (2026). Influencia de las tecnologías emergentes aplicadas al pronóstico del trauma craneoencefálico. *Revista UGC*, 4(2), 53-59.

Fecha de presentación: 15/12/2025

Fecha de aceptación: 28/02/2026

Fecha de publicación: 01/04/2026

RESUMEN

Las lesiones traumáticas intracraneales, como el hematoma subdural agudo, la contusión cerebral y la hemorragia subaracnoidea postraumática, han representado un problema de salud pública debido a su elevada morbilidad y a la complejidad de su tratamiento clínico. Dentro de este escenario, la inteligencia artificial ha emergido como una alternativa innovadora para optimizar la predicción de la gravedad clínica y apoyar la toma de decisiones médicas oportunas. Por ello, el presente estudio se ha orientado en analizar la evidencia científica contemporánea relativa a los modelos de inteligencia artificial orientados a la predicción de la gravedad clínica en pacientes con hematoma subdural agudo, contusión cerebral y hemorragia subaracnoidea postraumática. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica descriptiva, mediante la consulta de bases de datos biomédicas internacionales. Se identificó que los modelos de aprendizaje automático y aprendizaje han mostrado altos niveles de precisión predictiva, en especial en la estimación de desenlaces clínicos adversos, estratificación de riesgo y apoyo al diagnóstico temprano, aunque con variabilidad metodológica entre estudios. Se concluyó que la evidencia analizada indicó que la inteligencia artificial ha constituido una herramienta prometedora para la predicción de gravedad clínica en

traumatismo craneoencefálico. No obstante, han persistido limitaciones éticas, técnicas y operativas que han requerido estandarización metodológica y fortalecimiento en la validación clínica futura. Por ello, se ha considerado que las futuras líneas de investigación se orienten hacia el desarrollo de modelos explicables, la ampliación de bases de datos heterogéneas y la integración ética y regulatoria de estas tecnologías.

Palabras clave:

Predicción clínica, pronóstico neurológico, modelos predictivos, neurotrauma, tecnologías emergentes.

ABSTRACT

Intracranial traumatic injuries, such as acute subdural hematoma, cerebral contusion, and post-traumatic subarachnoid hemorrhage, have become a public health problem due to their high morbidity and mortality rates and the complexity of their clinical management. Within this context, artificial intelligence has emerged as an innovative alternative to optimize the prediction of clinical severity and support timely medical decision-making. Therefore, this study aimed to analyze the current scientific evidence regarding artificial intelligence models designed to predict clinical severity in patients with acute subdural hematoma, cerebral contusion, and

post-traumatic subarachnoid hemorrhage. A descriptive literature review was conducted using international biomedical databases. The review identified that machine learning and learning models have demonstrated high levels of predictive accuracy, particularly in estimating adverse clinical outcomes, risk stratification, and supporting early diagnosis, although methodological variability exists among studies. It was concluded that the analyzed evidence indicated that artificial intelligence has proven to be a promising tool for predicting clinical severity in traumatic brain injury. However, ethical, technical, and operational limitations have persisted, requiring methodological standardization and strengthening of future clinical validation. Therefore, it has been considered that future lines of research should focus on developing explainable models, expanding heterogeneous databases, and the ethical and regulatory integration of these technologies.

Keywords:

Clinical prediction, neurological prognosis, predictive models, clinical decision making, emerging technologies.

INTRODUCCIÓN

El traumatismo craneoencefálico (TCE) se define como cualquier lesión estructural o funcional del encéfalo originada por la acción de una fuerza externa (Guranda et al., 2025). Constituye un problema presente en la salud pública debido a su elevada carga de discapacidad y mortalidad a escala mundial, en donde su incidencia mantiene una tendencia ascendente y se asocia principalmente con accidentes de tránsito, caídas y episodios de violencia interpersonal.

En términos epidemiológicos, se ha estimado una prevalencia aproximada de 2,5 millones de casos, con cerca de 290,000 hospitalizaciones y 57,000 defunciones, de acuerdo con un estudio realizado en Estados Unidos en 2014 (Shih et al., 2021). Es más, su impacto trasciende el ámbito clínico para convertirse en un reto sanitario, social y económico en la sociedad actual.

En el TCE de moderado a severo, es frecuente la aparición concomitante de tres tipos de lesiones intracraneales, en donde su coexistencia incrementa el riesgo de mortalidad. Entre ellas, la hemorragia subdural aguda (HSD), la contusión cerebral y la hemorragia subaracnoidea (HSA) postraumática. De hecho, se caracteriza por una evolución clínica acelerada y por requerir, en numerosos casos, intervenciones neuroquirúrgicas urgentes (Karabacak & Margetis, 2024).

Por consiguiente, se debe de trabajar en una valoración clínica temprana y precisa que optimice la asignación de recursos hospitalarios, especialmente en unidades de cuidados intensivos (UCI) y servicios de neurocirugía (Zade et al., 2023). De este modo, la adecuada estratificación del riesgo se convierte en un componente del manejo en el tratamiento del paciente neurotraumatizado.

En este escenario, la predicción de la gravedad clínica desempeña un papel determinante en la planificación terapéutica. Tradicionalmente, este proceso se ha sustentado en estudios observacionales, modelos pronósticos validados, como IMPACT y CRASH y guías clínicas internacionales. Para ello, se complementan con la evaluación de variables clínicas tales como la edad, la Escala de Coma de Glasgow (GCS), la reactividad pupilar y la presencia de comorbilidades, con resultados radiológicos vinculados al tipo, localización y volumen de las lesiones (Torres Espin, 2025).

No obstante, el avance tecnológico y los aportes de la ingeniería biomédica y la biotecnología (Sánchez-Núñez, 2026) han incorporado nuevas herramientas diagnósticas, entre ellas el neuromonitoreo multimodal invasivo y no invasivo, además del análisis de biomarcadores específicos. De ahí que su pronóstico ha evolucionado hacia esquemas multidimensionales (Kumar et al., 2025). Sin embargo, la creciente complejidad clínica y la heterogeneidad de los pacientes han impulsado la búsqueda de métodos capaces de automatizar y optimizar el procesamiento de información.

Bajo este marco, la inteligencia artificial (IA), particularmente mediante técnicas de *Machine Learning* (ML) y *Deep Learning*, se ha consolidado como una alternativa prometedora para la predicción de gravedad y pronóstico en el TCE. Estas tecnologías integran y analizan grandes volúmenes de datos clínicos, fisiológicos, de laboratorio e imagenológicos, al superar en determinados escenarios la capacidad predictiva de los sistemas de puntuación tradicionales (Andishgar et al., 2025; García-Mc Collins, 2025). Por consiguiente, su incorporación progresiva representa un cambio paradigmático en la toma de decisiones clínicas basadas en evidencia computacional.

Incluso, la validación de estos modelos de IA se ha efectuado principalmente mediante el análisis del Área Bajo la Curva (AUC) derivada de la curva ROC, indicador que cuantifica la capacidad discriminativa de una prueba diagnóstica o modelo predictivo. Este parámetro se expresa en valores porcentuales comprendidos entre 0% y 100%, donde cifras superiores reflejan una mayor precisión en la diferenciación entre resultados positivos y negativos (Roy García et al., 2023). De esta manera, la evaluación estadística se convierte en un elemento para determinar la fiabilidad y aplicabilidad clínica de estas herramientas tecnológicas.

Diversos estudios han evidenciado la utilidad de la IA en la predicción de morbilidad, mortalidad, evolución neurológica y necesidad de intervenciones quirúrgicas, al posibilitar la identificación temprana de riesgos y la estimación de desenlaces tanto a corto como a largo plazo. No obstante, una limitación recurrente radica en que muchos estudios se concentran en un único tipo de lesión o se sustentan en bases de datos restringidas, al dificultar la generalización de sus resultados (Khalili et al., 2023).

En consecuencia, surge la necesidad de estudiar estos modelos especializados que integren información de múltiples lesiones cerebrales traumáticas para generar algoritmos capaces de ofrecer respuestas en tiempo real en escenarios de emergencia. En atención a esta problemática, el presente estudio se orienta a describir la evidencia científica actual sobre modelos de IA destinados a la predicción de gravedad clínica en pacientes con hematoma subdural agudo, contusión cerebral y hemorragia subaracnoidea postraumática.

Con ello, se pretende contribuir al fortalecimiento del sustento científico en la toma de decisiones médicas. Además de favorecer un pronóstico temprano preciso, al disminuir el margen de error diagnóstico en el manejo del traumatismo craneoencefálico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica de tipo descriptiva apoyada en los lineamientos PRISMA₂₀₂₀ (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Tlalpachicatl Cruz et al., 2024). Para describir la evidencia científica actual sobre modelos de inteligencia artificial destinados a la predicción de gravedad clínica en pacientes con hematoma subdural agudo, contusión cerebral y hemorragia subaracnoidea post traumática (ver figura 1).

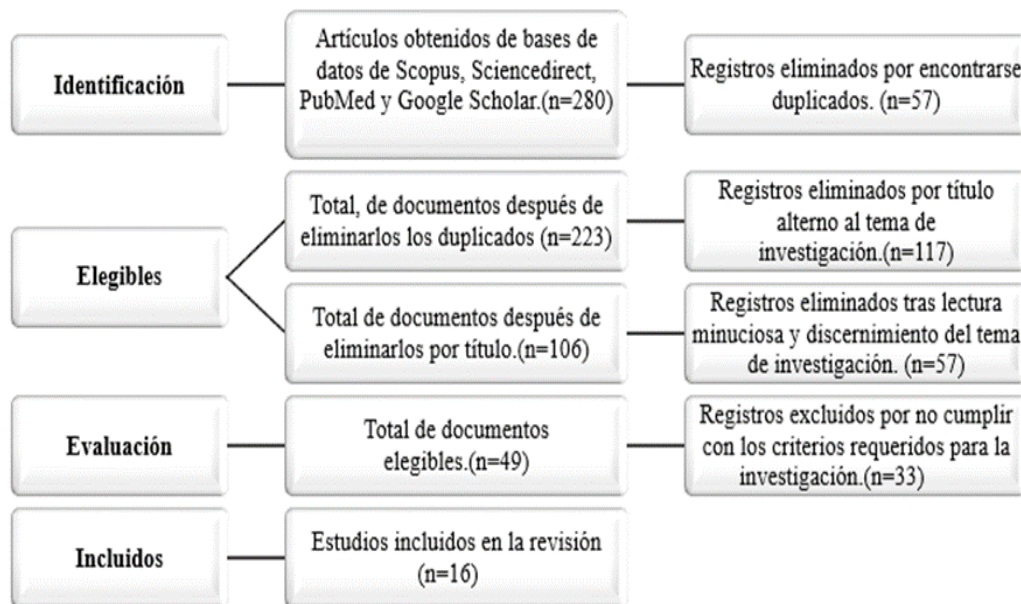


Figura 1. Diagrama de flujo para selección de artículos.

La búsqueda de información bibliográfica se ejecutó en bases de datos medicas como: PubMed, Scopus, ScienceDirect, y Google Scholar, se emplearon artículos actualizados dentro de los últimos cinco años, gratuitos y de pago, en los idiomas inglés y español. Inclusive, para facilitar la investigación bibliográfica se emplearon estrategias de búsqueda (ver tabla 1), combinaciones de palabras, operadores booleanos (AND, "OR", "NOT"), se incluyeron términos como: "Artificial intelligence", "machine learning", "deep learning", "traumatic brain injury", "subdural hematoma", "cerebral contusion", "subarachnoid hemorrhage", "severity prediction", "clinical outcome", "prognostic models".

Tabla 1. Descripción de términos MeSH, criterios de inclusión y exclusión.

MeSH	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
((Craniocerebral Trauma AND artificial intelligence AND severity predictor) OR (artificial intelligence AND severity predictor AND acute subdural hematomas OR cerebral contusion OR subarachnoid hemorrhage)) AND "Craniocerebral Trauma"[Mesh]	Artículos científicos con ISBN o ISSN Idioma inglés o español. Investigaciones relacionadas con el tema de inteligencia artificial para predicción de gravedad en pacientes con hematomas subdural aguda, contusión cerebral y hemorragia subaracnoidea	Artículos científicos que no presente ISBN o ISSN. Idiomas diferentes al español e inglés. Artículos no relacionados con el tema de inteligencia artificial para predicción de gravedad en pacientes con hematomas subdural aguda, contusión cerebral y hemorragia subaracnoidea

Se priorizaron artículos que cumplieron con criterios de inclusión y exclusión, al obtenerse un total de 16 artículos. Entre estudios originales, revisiones sistemáticas y meta-análisis que aplicaran modelos de IA o aprendizaje automático en el pronóstico de desenlaces clínicos o gravedad en pacientes con TCE.

Incluso, se empleó una ficha durante la extracción de datos, clasificándolos acorde al tipo de lesión, tipo de algoritmo y ambiente clínico de aplicación, en donde se generó una comparación crítica de los métodos empleados y su capacidad predictiva. Sumado a esto, no se requirió aprobación por comité de ética, al ser una revisión bibliográfica, debido a que se omite información personal o manipuló directa a seres humanos o animales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la revisión bibliográfica se observó la efectividad de modelos de IA en la predicción de la gravedad clínica en pacientes con lesiones cerebrales traumáticas agudas, como el hematoma subdural agudo, la contusión cerebral y la hemorragia subaracnoidea post traumática. Se identificó un patrón común: los modelos basados en algoritmos de aprendizaje automático, como Random Forest, redes neuronales artificiales y redes convolucionales, que superan consistentemente las escalas de pronóstico convencionales, como CRASH o IMPACT. La principal ventaja es la capacidad de integrar fuentes múltiples de datos clínicos y radiológicos, al mejorar el poder predictivo (Panda et al., 2025).

En el caso del hematoma subdural agudo, los modelos que emplean redes neuronales convolucionales tridimensionales (3D-CNN) para analizar tomografías computarizadas lograron una precisión superior al 90%. Estos sistemas fueron particularmente eficaces para detectar desviaciones de las estructuras de la línea media, calcular el volumen del hematoma y vincular estos resultados con el estado clínico del paciente. Además,

un estudio reciente ha demostrado que modelos como Random Forest y XGBoost también permiten predecir la progresión temprana del hematoma al resaltar variables como la hemorragia petequial y la lesión por contragolpe, al lograr un área bajo la curva de 0.90. Sin embargo, en pacientes con contusión cerebral, los modelos híbridos que combinan algoritmos de clasificación con datos clínicos mostraron un AUC de 0.85 a 0.91. Las variables con mayor poder predictivo en estos modelos fueron la Escala de Glasgow, la edad, los resultados de la TC y la respuesta pupilar (Liu et al., 2024).

En cuanto a la hemorragia subaracnoidea post traumática, varios estudios han utilizado técnicas como el modelo de bosque aleatorio (Random Forest) en combinación con herramientas interpretables como SHAP. Estos modelos arrojaron resultados prometedores en la estimación del pronóstico funcional y la necesidad de cuidados intensivos, con AUC entre 0.77 y 0.88.

Las principales características clínicas fueron el espesor de la hemorragia, los niveles de fibrinógeno y la reactividad pupilar. También se ha establecido su utilidad para predecir la isquemia cerebral retardada, con un modelo de bosque aleatorio que logró un AUC de 0.79 al integrar variables clínicas y de laboratorio en un estudio multicéntrico reciente (Ge et al., 2024).

Un resultado recurrente en la literatura ha sido que la precisión del modelo depende no solo del tipo de algoritmo, sino también de la calidad de los datos integrados. Estudios que combinan variables clínicas estructuradas con imágenes médicas automatizadas reportaron un mejor rendimiento y una mayor aplicabilidad clínica. Además, el método explicable de la IA permite interpretar y comprender las decisiones de un modelo, al identificar las variables o características (Tabla 2) que influyen en sus predicciones, al aportar transparencia, confianza y capacidad de validación (Gong et al., 2025).

Tabla 2. Comparación de modelos de IA en lesiones cerebrales traumáticas agudas.

Tipo de lesión	Modelo IA empleado	Precisión / AUC	Variables predictivas relevantes
Hematoma subdural agudo	3D-CNN	> 90 %	Volumen, línea media, edad, escala de Glasgow
Contusión cerebral	RF + ANN	85–91 % AUC	Glasgow, edad, TAC, respuesta pupilar
Hemorragia subaracnoidea	RF + SHAP	77–88 % AUC	Grosor, fibrinógeno, reactividad pupilar

Estos resultados visualizan el potencial de la inteligencia artificial como herramienta para respaldar la toma de decisiones clínicas, especialmente en situaciones que requieren una acción rápida y precisa. A pesar de las fortalezas observadas, algunos estudios presentaron limitaciones metodológicas, como diseños retrospectivos, muestras pequeñas y falta de validación externa, al incrementar la probabilidad de afectar la generalización de los resultados (Mohammadzadeh et al., 2025).

La incorporación de modelos IA en el ámbito clínico ha permitido transformar la forma en que se predicen desenlaces en patologías neurológicas agudas. En el entorno de la HSA post traumática, los estudios más recientes han demostrado que algoritmos como TabPFN y LightGBM son capaces de predecir la mortalidad intrahospitalaria con una precisión superior a la obtenida mediante escalas clínicas tradicionales.

El estudio de Karabacak & Margetis (2024), alcanzó un AUC de 0.934 al aplicar estos modelos a una base de más de 100,000 pacientes con HSA post traumática. Esto se explica por la capacidad del modelo para integrar múltiples variables clínicas, fisiológicas y anatómicas de forma no lineal, aspecto que las herramientas convencionales como CRASH o IMPACT no logran debido a su estructura simplificada (Huang et al., 2025).

Según Guranda et al. (2025), también se exploró el valor de los parámetros radiómicos derivados de tomografía computarizada en pacientes operados por HSD, quienes identificaron que el cambio postoperatorio en el área superficial del hematoma se correlacionó con el pronóstico a 30 días. Inclusive, alcanzaron una capacidad predictiva moderada (AUC = 0.65), al sugerir que estas métricas de imagen suelen complementar los elementos clínicos tradicionales, de hecho, este estudio apunta a la utilidad de análisis combinados entre análisis imagenológico automatizado e interpretación clínica.

La IA ha mostrado también una ventaja considerable, especialmente en la predicción de la progresión hemorrágica. Es más, el análisis realizado por Liu et al. (2025), donde se desarrollaron modelos de aprendizaje automático que incluyeron variables clínicas, bioquímicas e imagenológicas, el mejor modelo, basado en árboles de decisión, alcanzó una sensibilidad del 95.4%, especificidad del 98.0% y AUC de 0.967. Incluso, superó ampliamente las propuestas convencionales de regresión logística o juicio clínico, al permitir una predicción precisa de eventos críticos como la expansión del hematoma o la necesidad de cirugía.

En cuanto a la HSA post traumática, se ha documentado que los modelos de IA tienen capacidad para superar los métodos estadísticos clásicos en la predicción de gravedad funcional y pronóstico. Esto se complementa con el estudio de Khan et al. (2025), en donde se aplicaron una clasificación multinivel con múltiples algoritmos, donde alcanzaron hasta un 90.1% de precisión y AUC de 96.04% al predecir el estado funcional según la escala de Rankin modificada. De hecho, las variables de mayor impacto fueron la presión arterial sistólica, el recuento de plaquetas y glóbulos blancos, la escala de Fisher, el GCS y el puntaje en el Sequential Organ Failure Assessment score (SOFA) (Khan et al., 2025).

Estos resultados han indicado que los modelos ML suelen integrar eficazmente datos clínicos y de imagen para superar la capacidad discriminativa de escalas como Hunt-Hess o de la World Federation of Neurosurgery (WFNS). Es más, en un estudio reciente multicéntrico realizado por Moriya et al. (2025), entrenaron una red neuronal para predecir el desenlace funcional en pacientes con HSA aneurismática.

El modelo logró un AUC de 0.90, superó levemente al modelo de regresión logística (AUC 0.896) y se destacó

por su capacidad de identificar variables críticas como edad y severidad clínica mediante herramientas interpretables como SHAP (Moriya et al., 2025). De manera complementaria, estudios han demostrado que los modelos basados en redes neuronales artificiales alcanzaron una precisión del 90.5% y AUC de 0.946 en la predicción de mortalidad a un mes, al superar ligeramente los métodos tradicionales (Khaniyev et al., 2025).

Se ha observado, también, en estudios recientes como han contribuido con evidencia sobre el desempeño superior de modelos como Random Forest y Gradient Boosting en la predicción de pronóstico a corto y largo plazo de los pacientes con Accidente Cerebrovascular (ACV). Incluso, utilizó datos del MIMIC-IV, en donde su modelo RF simplificado logró un AUC de 0.949, mientras que el GBM alcanzó 0.955, al superar notablemente a la regresión logística tradicional (Fan et al., 2025). Estas evidencias consolidan el papel de la IA como una herramienta para el análisis clínico avanzado en relación al pronóstico de pacientes con ACV.

En conjunto, la evidencia muestra que los modelos de IA aplicados para HSD, contusión cerebral y HSA post traumática ofrecen un mayor grado de exactitud y adaptabilidad en la predicción de gravedad clínica. Además de integrar múltiples fuentes de datos clínicos, radiológicos y analíticos, estos modelos presentan la ventaja de ser dinámicos y capaces de aprender continuamente con nuevos datos clínicos. Si bien los resultados de la presente investigación aún están en desarrollo, los estudios previos revisados establecen un marco para comparar los resultados propios.

La futura integración de modelos predictivos basados en IA dentro de protocolos de atención neurológica mejoraría la estratificación temprana de riesgo, optimizaría la toma de decisiones terapéuticas, reduciría la variabilidad en la práctica clínica y estimaría el pronóstico y la mortalidad. La validación local de estos modelos garantizaría su aplicabilidad, especialmente en poblaciones con características demográficas y epidemiológicas distintas a las de las cohortes originales.

Sin embargo, también se reconocieron implicaciones y limitaciones que condicionaron la generalización de los resultados. Entre ellos, la dependencia de bases de datos específicas, la posible presencia de sesgos algorítmicos y la limitada interpretabilidad de ciertos modelos que representaron elementos que incrementaría la probabilidad de afectar su implementación en entornos hospitalarios.

Por tanto, se consideró indispensable promover validaciones multicéntricas, fortalecer los marcos éticos y desarrollar modelos explicables que permitan una mayor transparencia en la toma de decisiones automatizadas. De ahí que se sugiere que las futuras líneas de investigación se orienten hacia la adaptación de estas tecnologías y su integración progresiva en protocolos clínicos

estandarizados para potenciar y mejorar la calidad de la atención neurológica.

CONCLUSIONES

Los hematomas subdurales agudos, la contusión cerebral y la hemorragia subaracnoidea postraumática se han asociado de manera consistente con un incremento en la mortalidad intrahospitalaria. De modo que ha manifestado la necesidad de implementar protocolos diagnósticos y terapéuticos oportunos y fundamentados en evidencia científica. En consecuencia, la identificación temprana de la gravedad clínica se ha consolidado como un componente para mejorar el pronóstico y optimizar la asignación de recursos asistenciales en entornos de alta complejidad.

Los modelos de inteligencia artificial, particularmente aquellos sustentados en técnicas de aprendizaje automático y multinivel, han demostrado una elevada capacidad predictiva en la estimación del estado clínico de los pacientes. Dichas herramientas han favorecido la estratificación temprana del riesgo y han proporcionado apoyo en la toma de decisiones médicas críticas, al integrar de manera simultánea información clínica, imagenológica y analítica. Por consiguiente, su aplicación se ha proyectado como un recurso estratégico para fortalecer la precisión diagnóstica y la planificación terapéutica.

La incorporación de las tecnologías emergentes en el ámbito hospitalario se ha considerado técnicamente viable y prometedora, sin embargo, han persistido restos de carácter ético, técnico y económico que condicionan su adopción generalizada. Entre estos se han identificado el sesgo en los conjuntos de datos, la limitada interpretabilidad de los modelos de decisión opacos y la necesidad de capacitación especializada del personal sanitario. En consecuencia, se ha reconocido que se debe establecer marcos regulatorios, metodológicos y formativos que garanticen una implementación responsable, transparente y estructurada de estas tecnologías en la práctica clínica.

REFERENCIAS

Andishgar, A., Rismani, M., Bazmi, S., Mohammadi, Z., Hooshmandi, S., Kian, B., Niakan, A., Taheri, R., Khalili, H., & Alizadehsani, R. (2025). Developing practical machine learning survival models to identify high-risk patients for in-hospital mortality following traumatic brain injury. *Scientific Reports*, *15*(5913). <https://www.nature.com/articles/s41598-025-89574-0>

Fan, X., Xu, J., Ye, R., Zhang, Q., & Wang, Y. (2025). Retrospective cohort study based on the MIMIC-IV database: Analysis of factors influencing all-cause mortality at 30 days, 90 days, 1 year, and 3 years in patients with different types of stroke. *Frontiers in Neurology*, *15*. <https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2024.1516079/full>

García-Mc Collins, M. del P. (2025). Innovación en la práctica de enfermería: implementando nuevas tecnologías y enfoques para mejorar la atención al paciente. *Sophia Research Review*, *2*(3), 15-19. <https://doi.org/10.64092/388she15>

Ge, S., Chen, J., Wang, W., Zhang, L.-B., Teng, Y., Yang, C., Wang, H., Tao, Y., Chen, Z., Li, R., Niu, Y., Zuo, C., & Tan, L. (2024). Predicting who has delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage using machine learning approach: A multicenter, retrospective cohort study. *BMC Neurology*, *24*(177). <https://link.springer.com/article/10.1186/s12883-024-03630-2>

Gong, B., Khalvati, F., Ertl-Wagner, B. B., & Patlas, M. N. (2025). Artificial intelligence in emergency neuroradiology: Current applications and perspectives. *Diagnostic and Interventional Imaging*, *106*(4), 135–142. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211568424002572>

Guranda, A., Richter, A., Wach, J., Güresir, E., & Vychnopen, M. (2025). PROMISE: Prognostic Radiomic Outcome Measurement in acute subdural hematoma evacuation post-craniotomy. *Brain Sciences*, *15*(1), 58. <https://www.mdpi.com/2076-3425/15/1/58>

Huang, C.-C., Chiang, H.-F., Hsieh, C.-C., Zhu, B.-R., Wu, W.-J., & Shaw, J.-S. (2025). Impact of dataset size on 3D CNN performance in intracranial hemorrhage classification. *Diagnostics*, *15*(2), 216. <https://www.mdpi.com/2075-4418/15/2/216>

Karabacak, M., & Margetis, K. (2024). Machine learning-driven prognostication in traumatic subdural hematoma: Development of a predictive web application. *Neurosurgery Practice*, *5*(1), 1–13. <https://journals.lww.com/neurosurgpraonline/fulltext/2024/03000/machine-learning-driven-prognostication-in.12.aspx>

Khalili, H., Rismani, M., Nematollahi, M. A., Masoudi, M. S., Asadollahi, A., Taheri, R., Pourmontaseri, H., Valibeygi, A., Roshanzamir, M., Alizadehsani, R., Niakan, A., Andishgar, A., Islam, S. M. S., & Acharya, U. R. (2023). Prognosis prediction in traumatic brain injury patients using machine learning algorithms. *Scientific Reports*, *13*(960), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28188-w>

Khan, M. M., Chowdhury, A. T., Sumon, M. S. I., Maheboob, S. N., Ali, A., Thabet, A. N., Al-Rumaihi, G., Belkhair, S., AlSulaiti, G., Ayyad, A., Shah, N., Hasan, A., Pedersen, S., & Chowdhury, M. E. H. (2025). Multi-class subarachnoid hemorrhage severity prediction: Addressing challenges in predicting rare outcomes. *Neurosurgical Review*, *48*(554), 1–15. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10143-025-03678-9>

- Khaniyev, T., Cekic, E., Nisa Gecici, N., Can, S., Ata, N., Ulgu, M. M., Birinci, S., Isikay, A. I., Bakir, A., Arat, A., & Hanalioglu, S. (2025). Predicting mortality in subarachnoid hemorrhage patients using big data and machine learning: A nationwide study in Türkiye. *Journal of Clinical Medicine*, *14*(4), 1144. <https://www.mdpi.com/2077-0383/14/4/1144>
- Kumar, S., Ramprasath, J., Kalpana, V., Rajagopal, M., S, M., & Gupta, R. (2025). Integrating brain-inspired computation with big-data analytics for advanced diagnostics in neuroradiology. *Neuroscience Informatics*, *5*(2), 1–11. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772528625000172>
- Liu, H., Su, Y., Peng, M., Zhang, D., Wang, Q., Zhang, M., Ge, R., Xu, H., Chang, J., & Shao, X. (2024). Prediction of prognosis in patients with cerebral contusions based on machine learning. *Scientific Reports*, *14*(31993), 1–12. <https://www.nature.com/articles/s41598-024-83481-6>
- Mohammadzadeh, I., Hajikarimloo, B., Eini, P., Niroomand, B., Mohammadzadeh, S., Habibi, M. A., Babak, Z. M., & Aliaghaei, A. (2025). Can machine learning be a reliable tool for predicting hematoma progression following traumatic brain injury? A systematic review and meta-analysis. *Neuroradiology*, *67*(7), 1733–1749. <https://doi.org/10.1007/s00234-025-03657-3>
- Moriya, M., Karako, K., Miyazaki, S., Minakata, S., Satoh, S., Abe, Y., Suzuki, S., Miyazato, S., & Takara, H. (2025). Interpretable machine learning model for outcome prediction in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Critical Care*, *29*(36), 1–11. <https://link.springer.com/article/10.1186/s13054-024-05245-y>
- Panda, S., Biswal, S. S., Rath, S. S., & Saxena, S. (2025). Chapter 11 - Traditional and advanced AI methods used in the area of neuro-oncology. *Radiomics and Radiogenomics in Neuro-Oncology*, *2*(2025), 277–300. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18509-0.00008-6>
- Roy García, I. A., Paredes Manjarrez, C., Moreno Palacios, J., Rivas Ruiz, R., & Flores Pulido, A. A. (2023). Curvas ROC: Características generales y su uso en la práctica clínica. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, *61*(Supl 3), S497–S502. https://revistamedica.imss.gob.mx/index.php/revista_medica/article/view/5074
- Sánchez-Núñez, K. E. (2026). Sánchez-Núñez, K. E. (2026). Nursing Education in the Digital Age: Smart-Nurse as a Bridge to Innovation. *Sophia Research Review*, *3*(1), 5–8. <https://doi.org/10.64092/vafchy37>
- Shih, R. Y., Burns, J., Ajam, A. A., Broder, J. S., Chakraborty, S., Kendi, A. T., Lacy, M. E., Ledbetter, L. N., Lee, R. K., Liebeskind, D. S., Pollock, J. M., Prall, J. A., Ptak, T., Raksin, P. B., Shaines, M. D., Tsiouris, A. J., Utukuri, P. S., Wang, L. L., & Corey, A. S. (2021). ACR Appropriateness Criteria® Head Trauma: 2021 update. *Journal of the American College of Radiology*, *18*(5, Supplement), S13–S36. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2021.01.006>
- Tlalpachicatl Cruz, N., Pérez López, C. G., & Pérez López, C. I. (2024). Aula invertida en educación superior: Análisis de un curso de métodos de investigación en psicología educativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, *95*(1), 161–177. <https://doi.org/10.35362/rie9516268>
- Torres Espin, A. (2025). Priorities towards precision neurotrauma: A methodological perspective. *The Journal of Precision Medicine: Health and Disease*, *3*(October), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.premed.2025.100022>
- Zade, A. P., Bhoge, S. S., Seth, N. H., & Phansopkar, P. (2023). Rehabilitation of traumatic acute subdural hematoma and subarachnoid hemorrhage: A case report. *Cureus*, *15*(12), 1–9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38229824/>

Conflictos de interés:

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Contribución de los autores:

Piedad Elizabeth Acurio-Padilla, Christopher René Guerreo-Rea, Hendry Alejandro Huilca-Galarza, Alejandro Patricio Jaramillo-Aguilar: Concepción y diseño del estudio, adquisición de datos, análisis e interpretación, redacción del manuscrito, revisión crítica del contenido, análisis estadístico, supervisión general del estudio.

Declaración ética:

El estudio aborda temas relacionados con estudiantes/personas vulnerables, pero se realizó únicamente mediante revisión documental, análisis de información secundaria o bases de datos públicas. No implicó la participación directa de seres humanos ni el manejo de información personal identificable.