

Enfoque pedagógico neutrosófico con inteligencia artificial: uso de membranas amnióticas en quemaduras como caso ilustrativo

Neutrosophic Pedagogical Approach with Artificial Intelligence: The Use of Amniotic Membranes in Burn Treatment as an Illustrative Case

María José Medina Arteaga¹ <https://orcid.org/0009-0000-0632-7889>

María Fernanda Vallejo Jiménes² <https://orcid.org/0009-0000-4340-103X>

Alexis Nicolás Paguay Daquilema² <https://orcid.org/0009-0000-1309-645X>

Ángel Cristóbal Yáñez Velastegui³ <https://orcid.org/0009-0004-3834-0219>

Lisbeth Josefina Reales Chacón^{3*} <https://orcid.org/0000-0002-4242-3429>

¹Centro de Salud Tipo A. Veracruz, Pastaza, Ecuador.

²Centro de Salud Tipo B. Cumandá, Chimborazo, Ecuador.

³Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

*Autor para la correspondencia: lisbeth.reales@unach.edu.ec

RESUMEN

Introducción: La educación médica superior enfrenta el desafío de formar profesionales capaces de tomar decisiones clínicas en contextos caracterizados por incertidumbre, ambigüedad y evidencia incompleta. Los enfoques pedagógicos tradicionales, sustentados en la lógica binaria y la memorización de contenidos, resultan insuficientes para responder a la complejidad inherente a la práctica clínica contemporánea.

Objetivo: Proponer un enfoque pedagógico neutrosófico apoyado en inteligencia artificial para la educación médica superior, con el tratamiento de quemaduras con

membranas amnióticas como caso ilustrativo para el desarrollo de competencias en la gestión de la incertidumbre clínica.

Métodos: Este estudio se realizó en la Universidad Nacional de Chimborazo entre enero y septiembre de 2025. Se trató de una revisión de tipo teórico-reflexivo, basada en el análisis documental de literatura científica relevante sobre teoría de la complejidad, neutrosofía, educación médica e inteligencia artificial. La revisión se estructuró en fases: identificación de fundamentos teóricos, análisis de propuestas metodológicas neutrosóficas y aplicación ilustrativa mediante evidencia relacionada con el uso de membranas amnióticas en quemaduras.

Resultados: Se propone un marco pedagógico que integra el Protocolo de Evaluación Epistémica Neutrosófica y el uso de modelos de lenguaje grandes como herramientas de andamiaje cognitivo. Este enfoque permite descomponer los problemas clínicos en dimensiones de verdad, indeterminación y falsedad, lo que favorece un razonamiento clínico más crítico y reflexivo, más allá de la dicotomía correcto/incorrecto.

Conclusiones: La integración de la neutrosofía y la inteligencia artificial constituye un paradigma pedagógico pertinente para la educación médica superior, al fortalecer la toma de decisiones clínicas y promover una comprensión explícita de los límites del conocimiento científico.

Palabras clave: educación médica; neutrosofía; inteligencia artificial; incertidumbre; razonamiento clínico; toma de decisiones.

ABSTRACT

Introduction: Higher medical education faces the challenge of training professionals capable of making clinical decisions in contexts characterized by uncertainty, ambiguity, and incomplete evidence. Traditional pedagogical approaches, grounded in binary logic and content memorization, are insufficient to address the complexity inherent in contemporary clinical practice.

Objective: To propose a neutrosophic pedagogical approach supported by artificial intelligence for higher medical education, using the treatment of burns with amniotic membranes as an illustrative case for developing competencies in the management of clinical uncertainty.

Methods: This study was conducted at the National University of Chimborazo between January and September 2025. It followed a theoretical-reflective review design, based on documentary analysis of relevant scientific literature on complexity

theory, neutrosophy, medical education, and artificial intelligence. The review was structured in phases: identification of theoretical foundations, analysis of neutrosophic methodological proposals, and an illustrative application based on evidence related to the use of amniotic membranes in burn treatment.

Results: A pedagogical framework is proposed that integrates the Neutrosophic Epistemic Evaluation Protocol and the use of large language models as cognitive scaffolding tools. This approach enables the decomposition of clinical problems into dimensions of truth, indeterminacy, and falsity, fostering more critical and reflective clinical reasoning beyond the correct/incorrect dichotomy.

Conclusions: The integration of neutrosophy and artificial intelligence constitutes a relevant pedagogical paradigm for higher medical education, as it strengthens clinical decision-making and promotes an explicit understanding of the limits of scientific knowledge.

Keywords: medical education; neutrosophy; artificial intelligence; uncertainty; clinical reasoning; decision-making.

Recibido: 23/01/2026

Aceptado: 29/01/2026

Introducción

La práctica médica contemporánea se enfrenta a un entorno de complejidad sin precedentes. Los profesionales de la salud deben navegar un océano de información en constante expansión, lidiar con tecnologías emergentes y tomar decisiones críticas en contextos donde la evidencia es a menudo incompleta, ambigua o contradictoria. La medicina basada en evidencia, en su fundamento, constituye una ciencia de la incertidumbre y un arte de la probabilidad.⁽¹⁾ Sin embargo, los modelos pedagógicos tradicionales en la educación médica superior con frecuencia priorizan la transmisión de un cuerpo de conocimientos establecido como un conjunto de verdades absolutas, que prepara insuficientemente a los futuros médicos para la realidad de la incertidumbre clínica.⁽²⁾

La literatura especializada reconoce que la incertidumbre en la toma de decisiones médicas constituye un fenómeno multidimensional, que afecta tanto a médicos experimentados como a estudiantes en formación.⁽³⁾ *Helou y otros*⁽⁴⁾ señalan que, si bien las experiencias informales pueden ser beneficiosas, la comunidad de educación médica reconoce ahora la necesidad de abordar formalmente la incertidumbre como parte integral del entrenamiento. Esta disonancia entre la formación y la práctica ha impulsado la búsqueda de nuevos marcos epistémicos y pedagógicos, que permitan a los estudiantes desarrollar habilidades de razonamiento clínico y pensamiento crítico más sofisticadas.^(5,6)

La teoría de la complejidad de *Morin*⁽⁷⁾ ha sido influyente al llamar a “reconectar” los saberes fragmentados y a reconocer la multidimensionalidad de los fenómenos. Investigaciones recientes han explorado el nexo entre la educación médica y la teoría de la complejidad, al identificar formas en que esta última puede informar las prácticas pedagógicas y de investigación en el campo médico.^(8,9) No obstante, sus críticos señalan que, si bien diagnostica el problema, carece de una lógica formal para gestionar la contradicción y la indeterminación, al quedar anclada en una lógica binaria occidental.⁽¹⁰⁾

Como respuesta a estas limitaciones, emerge la propuesta de la neutrosofía, una rama de la filosofía desarrollada por *Smarandache y otros*,⁽¹⁰⁾ que generaliza la lógica dialéctica. La neutrosofía introduce la “indeterminación” (I) como un componente fundamental y autónomo, que coexiste con los grados de “verdad” (T) y “falsedad” (F).⁽¹¹⁾ Este enfoque tridimensional (T, I, F) ofrece una herramienta conceptual mucho más potente para modelar la incertidumbre, la ambigüedad y la vaguedad inherentes al razonamiento clínico.

Recientemente, se ha propuesto la articulación de la lógica neutrosófica con la inteligencia artificial (IA), específicamente con los modelos de lenguaje grandes (LLMs), para crear herramientas pedagógicas que permitan a los estudiantes “medir la duda”.⁽¹²⁾ Esta sinergia busca transformar la incertidumbre de un obstáculo a un objeto de estudio, lo que promueve un pensamiento crítico y epistémico más sofisticado. Los LLMs pueden funcionar como sistemas de andamiaje cognitivo, que facilitan la búsqueda, la síntesis y el análisis de evidencia científica, lo que permite a los estudiantes explorar las múltiples dimensiones de problemas clínicos complejos.⁽¹³⁾

El objetivo de este artículo fue proponer un enfoque pedagógico neutrosófico apoyado en inteligencia artificial para la educación médica superior, con el tratamiento de quemaduras con membranas amnióticas como caso ilustrativo para el desarrollo de competencias en la gestión de la incertidumbre clínica.

Métodos

Se realizó una revisión narrativa de enfoque teórico-reflexivo, no sistemática, que empleó el análisis documental como técnica principal. El proceso se estructuró en tres fases complementarias, que permitieron construir un marco pedagógico coherente y fundamentado.⁽¹⁴⁾

En la primera fase se realizó una revisión de la literatura fundacional sobre la teoría de la complejidad de *Morin*,⁽⁷⁾ la filosofía neutrosófica de *Smarandache* y otros,⁽¹⁰⁾ y las propuestas pedagógicas que articulan la neutrosofía con la cosmovisión latinoamericana y el pensamiento decolonial. Esta revisión permitió identificar las limitaciones de los enfoques binarios tradicionales y las ventajas de incorporar la indeterminación como categoría epistémica legítima.

En la segunda fase se analizó en profundidad el artículo de *Leyva-Vázquez* y otros,⁽¹³⁾ que presenta el Protocolo de Evaluación Epistémica Neutrosófica (NEEP) y su implementación mediante LLMs, para analizar problemas sociales complejos. Se extrajeron los componentes metodológicos clave de esta propuesta para su adaptación al dominio médico, al considerar las particularidades del razonamiento clínico y la toma de decisiones en salud.

En la tercera fase se revisó una tesis de grado sobre la efectividad del uso de membranas amnióticas en el tratamiento de quemaduras.⁽¹⁴⁾ Este documento sirvió como fuente para construir un caso clínico representativo de un problema médico complejo, con múltiples variables, evidencia diversa y grados variables de certeza, ideal para ser analizado desde la perspectiva neutrosófica. La elección de este caso se fundamenta en que el tratamiento de quemaduras constituye un escenario clínico en el que coexisten evidencia sólida, áreas de incertidumbre significativa y controversias metodológicas, lo que lo convierte en un modelo pedagógico apropiado para demostrar la aplicabilidad del marco propuesto.

La síntesis de estas tres fuentes de información permitió construir un marco pedagógico que adapta el protocolo NEEP al contexto de la educación médica, y utiliza el caso de las quemaduras como un ejemplo práctico para demostrar su aplicabilidad y potencial transformador en la formación de profesionales de la salud.

La presente investigación se desarrolló a partir de fuentes secundarias de información de acceso público, por lo que no implicó la intervención directa en seres humanos ni animales, ni el manejo de datos personales o sensibles. En

consecuencia, no fue necesaria la aprobación por parte de un comité de ética en investigación. No obstante, el estudio se condujo conforme a los principios éticos de la investigación científica, lo que garantizó el uso responsable de la información, el respeto a la propiedad intelectual, la adecuada citación de las fuentes consultadas y la fidelidad en la interpretación de los resultados. Asimismo, el análisis del caso ilustrativo se realizó con fines exclusivamente académicos y pedagógicos, sin comprometer la confidencialidad ni la integridad de personas o instituciones.

Resultados

La integración de los conceptos neutrosóficos y la tecnología de IA da como resultado un marco pedagógico estructurado para la formación médica, cuyo núcleo es el Protocolo de Evaluación Epistémica Neutrosófica (NEEP) adaptado al dominio clínico. Este protocolo se concibe como un andamiaje cognitivo que guía al estudiante a través del análisis de problemas médicos complejos, y simultáneamente les desarrolla habilidades de pensamiento crítico y razonamiento clínico.⁽¹⁵⁾ Los valores asignados a las dimensiones T, I y F tienen un carácter ilustrativo y pedagógico, derivados de la síntesis conceptual de la literatura revisada, y no constituyen mediciones empíricas.

Protocolo de Evaluación Epistémica Neutrosófica en medicina

El protocolo, inspirado en la propuesta de Leyva-Vázquez y otros,⁽¹³⁾ descomponen una proposición clínica (por ejemplo: "El uso de membranas amnióticas es el tratamiento más eficaz para quemaduras de segundo grado profundo") en las tres dimensiones neutrosóficas fundamentales. Esta descomposición permite a los estudiantes desarrollar una comprensión más matizada y realista de la evidencia científica disponible.

Las tres dimensiones neutrosóficas son las siguientes:

- Dimensión de verdad (T): corresponde al grado de evidencia científica que respalda la proposición. Los estudiantes, guiados por un LLM configurado como "investigador asistente", deben buscar, analizar y sintetizar estudios clínicos, metaanálisis y guías de práctica clínica que demuestren la eficacia

del tratamiento. Por ejemplo, la evidencia sobre las propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y la promoción de la angiogénesis de las membranas amnióticas sustentaría esta dimensión.⁽¹⁴⁾ La literatura reporta que las membranas amnióticas contienen factores de crecimiento como el factor de crecimiento epidérmico (EGF) y el factor de crecimiento vascular endotelial (VEGF), que estimulan la proliferación celular y la formación de nuevos vasos sanguíneos.⁽¹⁴⁾

- Dimensión de indeterminación (I): representa la incertidumbre, la ambigüedad, las controversias y los vacíos de conocimiento. Hall⁽¹⁶⁾ argumenta que la incertidumbre en medicina puede reducirse, pero no eliminarse completamente, mediante el estudio de hechos científicos, ya que la toma de decisiones médicas permanece propensa a múltiples fuentes de ambigüedad. En el caso de las membranas amnióticas, esta dimensión incluiría la falta de consenso sobre el método óptimo de preservación (criopreservación vs. liofilización), la variabilidad en la eficacia según la profundidad de la quemadura, y la escasez de estudios comparativos directos a gran escala contra todos los tratamientos alternativos.⁽¹⁴⁾ El objetivo es que el estudiante aprenda a identificar y cuantificar lo que no se sabe con certeza, y desarrolle una tolerancia saludable hacia la ambigüedad clínica.⁽¹⁷⁾
- Dimensión de falsedad (F): se refiere al grado de evidencia que contradice o refuta la proposición. Esto podría incluir estudios que no encontraron diferencias significativas entre las membranas amnióticas y otros apóstitos en lesiones menores, o reportes de casos con complicaciones o resultados desfavorables.⁽¹⁴⁾ Esta dimensión es crucial para evitar el sesgo de confirmación y promover una evaluación equilibrada de la evidencia disponible.

El LLM actúa como una herramienta para explorar estas tres dimensiones, al presentar argumentos a favor y en contra, identificar áreas de controversia y ayudar al estudiante a asignar valores numéricos (en una escala, por ejemplo, de 0 a 10) a T, I y F. La visualización de estos valores en un espacio tridimensional puede ofrecer una representación intuitiva de la complejidad del problema y facilitar la comunicación de la incertidumbre en contextos clínicos.⁽¹⁸⁾

Aplicación del Protocolo de Evaluación Epistémica Neutrosófica al caso de membranas amnióticas

El cuadro presenta la aplicación sistemática del NEEP al caso del tratamiento de quemaduras con membranas amnióticas, lo que ilustra cómo cada dimensión neutrosófica se traduce en preguntas guía específicas y hallazgos concretos basados en la evidencia disponible.

Cuadro - Aplicación del NEEP al caso de membranas amnióticas en quemaduras

Dimensión neutrosófica	Pregunta guía para el estudiante	Ejemplos de hallazgos (basado en Yáñez y Reales) ⁽¹⁴⁾
Verdad (T)	¿Qué evidencia sólida respalda la eficacia de las membranas amnióticas?	Propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y analgésicas; presencia de factores de crecimiento (EGF, VEGF, FGF); aceleración de la epitelización en quemaduras de espesor parcial; reducción del tiempo de hospitalización; disminución del uso de antibióticos intravenosos
Indeterminación (I)	¿Qué aspectos son inciertos, ambiguos o controversiales?	Eficacia comparativa con otras técnicas en lesiones menores; método de conservación ideal (criopreservación vs. liofilización vs. glicerol); aplicabilidad en quemaduras de extrema profundidad; falta de estandarización en protocolos de aplicación; variabilidad en la calidad del tejido según el donante
Falsedad (F)	¿Qué evidencia contradice o limita la eficacia de las membranas amnióticas?	Ausencia de beneficios claros en la cicatrización epitelial en ciertos estudios oculares; riesgo de complicaciones (aunque bajo); menor eficacia si el método de preservación no es óptimo; costos y disponibilidad limitada en algunos contextos; necesidad de infraestructura de banco de tejidos

La figura 1 presenta un diagrama conceptual del Protocolo NEEP, en el que se muestra cómo un problema clínico complejo se descompone en las tres dimensiones neutrosóficas, con la IA como herramienta de andamiaje cognitivo para facilitar el análisis de cada dimensión.

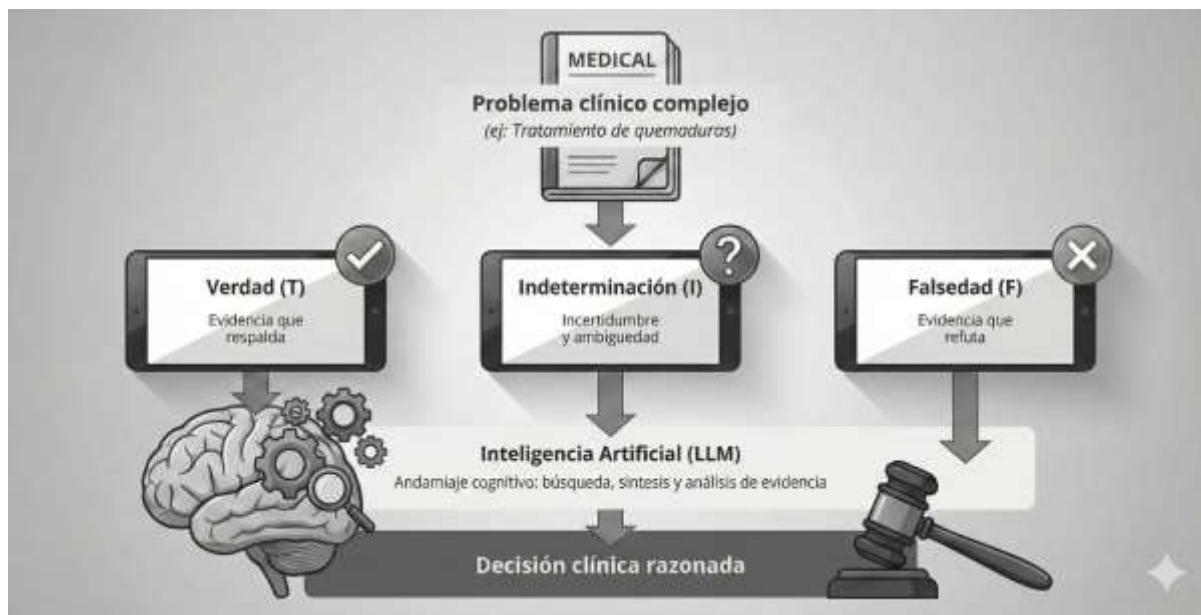


Fig. 1 - Diagrama conceptual del Protocolo de Evaluación Epistémica Neutrosófica (NEEP) aplicado a problemas clínicos complejos.

Comparación de paradigmas educativos

La figura 2 contrasta visualmente el paradigma educativo tradicional, basado en lógica binaria (correcto/incorrecto), con el paradigma neutrosófico propuesto, que incorpora la indeterminación como una dimensión legítima del conocimiento y promueve la colaboración entre estudiantes e IA.

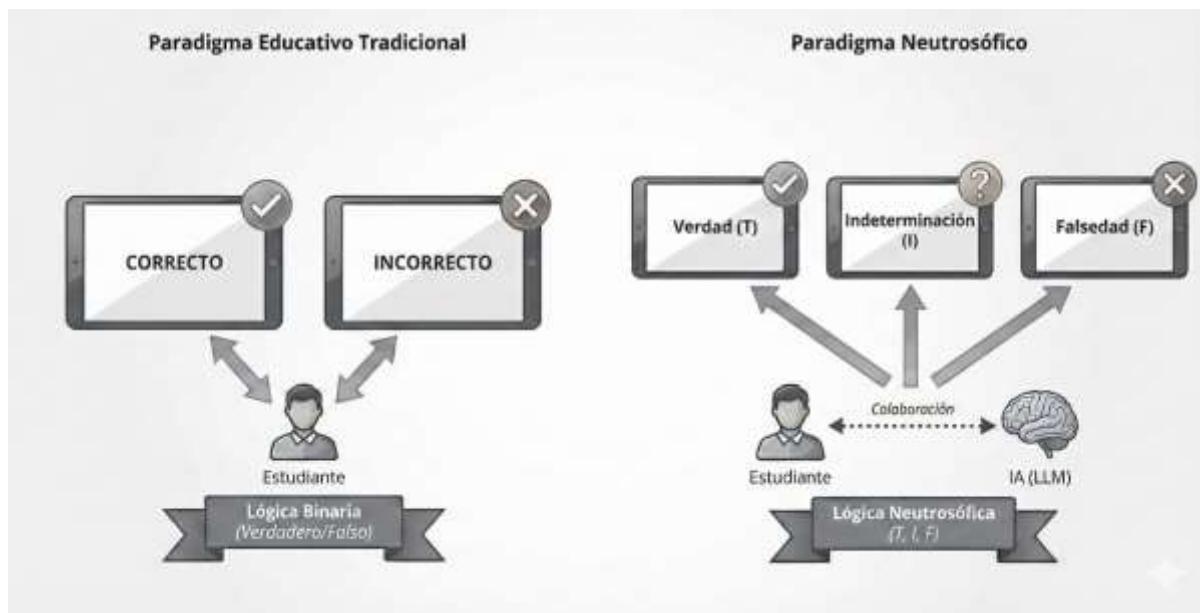


Fig. 2 - Representación esquemática de la transición del Paradigma Educativo Tradicional hacia el Paradigma Neutrosófico.

Este proceso no busca llegar a una única “respuesta correcta”, sino a una “decisión razonada”, basada en una comprensión profunda de la complejidad del problema. El resultado final es una evaluación matizada que prepara al estudiante para la toma de decisiones en el mundo real, donde la certeza absoluta es rara y la capacidad de gestionar la incertidumbre resulta una competencia profesional esencial.⁽¹⁹⁾

Análisis neutrosófico de la eficacia de membranas amnióticas

La figura 3 presenta un análisis cuantitativo de las tres dimensiones neutrosóficas aplicadas a la eficacia de las membranas amnióticas en diferentes tipos de lesiones. Este análisis permite visualizar cómo el nivel de evidencia (T), incertidumbre (I) y refutación (F) varía según el contexto clínico específico.

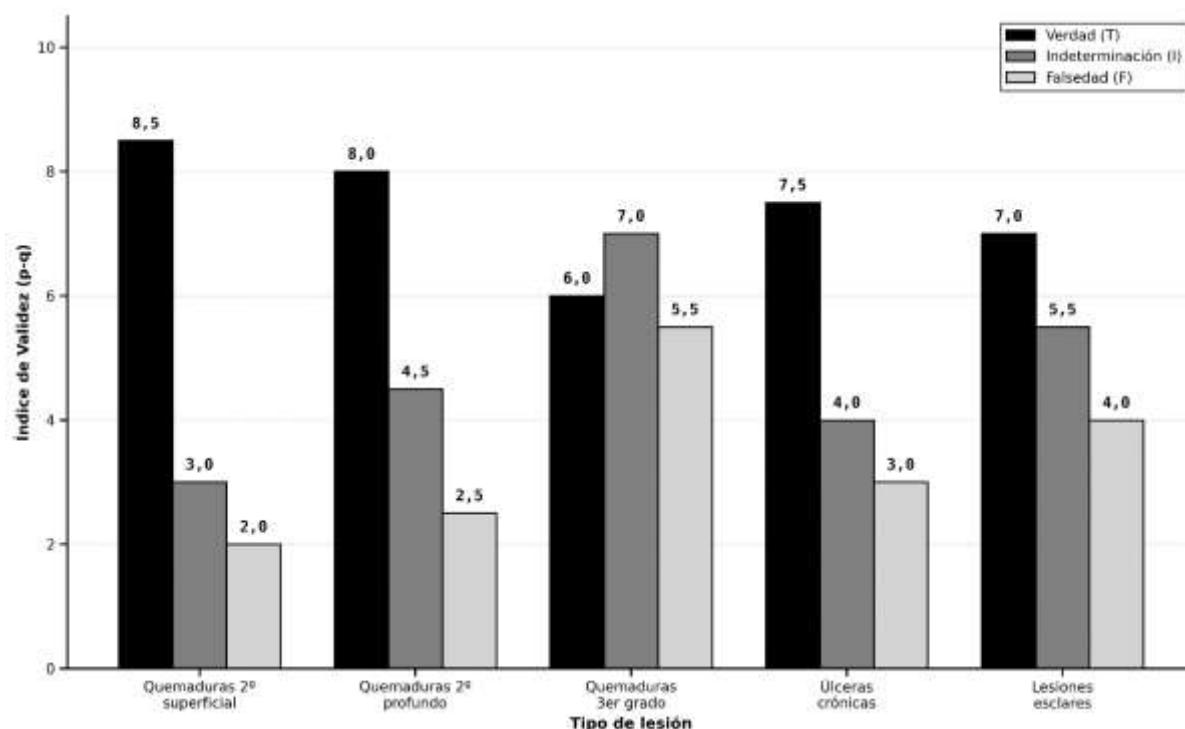


Fig. 3 - Análisis neutrosófico de la eficacia de membranas amnióticas según tipo de lesión.

Los valores representan niveles estimados de Verdad (T), Indeterminación (I) y Falsedad (F) en una escala de 0 a 10, basados en la revisión de literatura.⁽¹⁴⁾ Se observa que la eficacia es más clara (mayor T, menor I y F) en quemaduras de segundo grado superficial y profundo, mientras que en quemaduras de tercer grado la indeterminación y falsedad aumentan significativamente.

Como se observa en la figura 3, estos patrones se cuantifican claramente: las quemaduras de segundo grado superficial y profundo alcanzan niveles altos de verdad (8,5 y 8,0, respectivamente), con valores bajos en las dimensiones de incertidumbre (I de 3,0 y 4,5; F de 2,0 y 2,5). En contraste, para las lesiones de tercer grado, el aumento señalado en la indeterminación llega a un valor de 7,0, lo que refleja la falta de consenso y evidencia robusta para este contexto más severo. Este tipo de análisis visual permite a los estudiantes comprender de manera intuitiva la variabilidad de la evidencia según el contexto clínico.

Implicaciones pedagógicas para la educación médica

La propuesta pedagógica presentada se fundamenta en un análisis teórico-reflexivo de la literatura y se concibe como un marco conceptual para repensar la formación médica desde la gestión explícita de la incertidumbre. Al incorporar la indeterminación como una categoría epistémica legítima, el enfoque neutrosófico se plantea como una alternativa a los modelos educativos tradicionales basados en la lógica binaria, orientada al fortalecimiento del razonamiento clínico y del pensamiento crítico en contextos complejos.

Desde una perspectiva teórico-conceptual, este enfoque redefine la relación del estudiante de medicina con el conocimiento clínico. La duda deja de concebirse como una deficiencia individual y pasa a analizarse como una característica inherente a los problemas clínicos complejos, lo que favorece el desarrollo de una actitud reflexiva frente a la evidencia disponible. Este cambio de perspectiva resulta clave para promover la humildad intelectual y el compromiso con el aprendizaje continuo, cualidades ampliamente reconocidas como esenciales en la formación del profesional de la salud.⁽²⁰⁾

Lee y otros⁽¹⁸⁾ argumentan que comprender la incertidumbre médica y sus influencias en los médicos y estudiantes de medicina es crucial para mejorar la toma de decisiones clínicas. La literatura especializada sugiere que, cuando los educadores modelan empatía, humildad y toma de decisiones reflexiva, normalizan la incertidumbre y crean un ambiente psicológicamente seguro para el aprendizaje.⁽²¹⁾ El marco neutrosófico propuesto institucionaliza esta normalización, al hacer de la incertidumbre un componente explícito y estructurado del proceso de aprendizaje.

El uso de la IA, a través de LLMs, como herramienta de andamiaje es crucial. Los LLMs pueden procesar y sintetizar vastas cantidades de literatura médica de manera casi instantánea, lo que presenta a los estudiantes un panorama de la evidencia (T), las controversias (I) y las refutaciones (F), que sería imposible de recopilar manualmente en un tiempo razonable. Esto no reemplaza el juicio del estudiante, sino que lo potencia. El rol del estudiante se desplaza de ser un mero receptor de información a un evaluador crítico de la evidencia presentada por la IA, al aprender a interrogar al modelo, a sopesar argumentos y a construir su propio juicio clínico informado.⁽²²⁾ Esta interacción hombre-máquina modela una competencia que será cada vez más vital en la práctica médica del futuro, donde la colaboración con sistemas de IA será común.⁽¹²⁾

Al aplicar este marco al caso del tratamiento de quemaduras con membranas amnióticas, se hace evidente su potencial. Un enfoque tradicional podría presentar las membranas como una terapia “buena” o “mala”. El enfoque neutrosófico, en

cambio, revela una realidad más matizada: las membranas son altamente efectivas en ciertos contextos (T), su eficacia resulta incierta o debatida en otros (I), y existen contraindicaciones o evidencia en contra en situaciones específicas (F). Un médico formado bajo este paradigma estará mejor preparado para decidir, por ejemplo, si para un paciente particular con una quemadura de características específicas, en un hospital con determinados recursos, la membrana amniótica es la opción óptima, considerando todas las dimensiones del problema.

Este enfoque se alinea con las tendencias contemporáneas en educación médica que abogan por el desarrollo de competencias como el razonamiento clínico, el pensamiento crítico y la práctica basada en la evidencia.^(2,22,23) Sin embargo, va un paso más allá al proporcionar una estructura lógica y metodológica explícita para manejar la incertidumbre, un aspecto que a menudo se aborda de manera implícita o informal. La cuantificación (T, I, F), aunque sea una estimación, obliga a un rigor analítico que trasciende la simple discusión cualitativa.

Fenwick y Dahlgren⁽²⁴⁾ argumentan que los enfoques socio-materiales basados en la teoría de la complejidad tienen un potencial transformador en la educación médica basada en simulación. La propuesta neutrosófica puede complementar estos enfoques, al proporcionar una lógica formal para analizar la complejidad. Mientras que la teoría de la complejidad describe las características emergentes y no lineales de los sistemas, la neutrosofía ofrece herramientas concretas para cuantificar y trabajar con la indeterminación que surge de esa complejidad.

Una limitación fundamental de la presente propuesta pedagógica radica en los desafíos inherentes a su implementación práctica dentro de los sistemas educativos actuales. La adopción del marco neutrosófico no constituye un mero ajuste metodológico, sino que exige una profunda transformación cultural en instituciones tradicionalmente estructuradas sobre la base de la certeza y la jerarquía del conocimiento médico. La viabilidad de este enfoque se ve constreñida por la necesidad de que el cuerpo docente esté dispuesto a admitir públicamente las limitaciones del conocimiento y a modelar la gestión de la duda, una postura que a menudo encuentra resistencia en la cultura académica convencional. Aunque la evidencia indica que reconocer la incertidumbre mejora el desarrollo del razonamiento clínico,⁽²⁵⁾ la inercia institucional y la falta de formación docente en estos nuevos paradigmas representan actualmente barreras significativas para la generalización de la propuesta.

Conclusiones

La educación médica superior enfrenta el reto de formar profesionales capaces de tomar decisiones en contextos marcados por la complejidad y la incertidumbre. El enfoque pedagógico propuesto, que integra la lógica neutrosófica y la inteligencia artificial, ofrece una alternativa pertinente, al permitir que los estudiantes analicen los problemas clínicos desde las dimensiones de verdad, indeterminación y falsedad, lo que fortalece el pensamiento crítico y el razonamiento clínico más allá de la lógica binaria tradicional.

Este marco prepara a los futuros médicos para enfrentar escenarios complejos, como el tratamiento de quemaduras con membranas amnióticas, y promueve una postura epistémica orientada al reconocimiento de los límites del conocimiento y a la toma de decisiones razonada. Futuros estudios deberán evaluar empíricamente su implementación en contextos educativos reales y analizar su impacto en el desarrollo de competencias clínicas en distintos niveles y especialidades de la formación médica.

Referencias bibliográficas

1. Córdova C, Nóbrega O. Medicine, artificial intelligence and uncertainty: Why is statistical thinking fundamental? *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*. Epub ahead of print; 2025. DOI: <https://doi.org/10.47626/2237-6089-2025-1069>
2. Subbiah V. The next generation of evidence-based medicine. *Nat Med*. 2023;29(1):49-58. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-022-02160-z>
3. Sarkis S, Raphael C, Hallit S, Salameh P. Understanding uncertainty and ambiguity in medicine and medical education: a narrative review with implications for training. *Postgrad Med J*. 2025;101(1192):103-10. DOI: <https://doi.org/10.1093/postmj/qgaf170>
4. Helou MA, Diaz Granados D, Ryan MS, Cyrus JW. Uncertainty in decision-making in medicine: A scoping review and thematic analysis of conceptual models. *Academic Medicine*. 2020;95(1):157-65. DOI: <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000002902>

5. Stephens G, Sarkar M, Lazarus M. Medical Student Experiences of Uncertainty Tolerance Moderators: A Longitudinal Qualitative Study. *Front Med.* 2022;9:864141. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.864141>
6. Araújo B, Gomes S, Ribeiro L. Critical thinking pedagogical practices in medical education: a systematic review. *Front Med.* 2024;11:1358444. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1358444>
7. Morin E. Seven complex lessons in education for the future. Paris: UNESCO Publishing; 2001.
8. Bezzina C, McQuade R, Lowe W, Mair F, Pope L. Shattering the shield: embracing complexity in undergraduate medical education. *Clin Teach.* 2025;22:e70018. DOI: <https://doi.org/10.1111/tct.70018>
9. Ogden K, Kilpatrick S, Elmer S. Examining the nexus between medical education and complexity: a systematic review to inform practice and research. *BMC Med Educ.* 2023;23(1):471. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04471-2>
10. Smarandache F, Leyva Vázquez MY, Cevallos-Torres L, Barco L JL. Neutrosofía: orígenes, aplicaciones y perspectivas en la lógica contemporánea. *Neutrosophic Comput Mach Learn.* 2025;37:1-10. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15200383>
11. Villamar CM, Suarez J, Coloma L, Vera C, Leyva M. Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers. *Neutrosophic Sets Syst.* 2019 [acceso 12/12/2024];30:3-12. Disponible en: <http://fs.unm.edu/NSS/AnalysisTechnologicalInnovation.pdf>
12. Leyva-Vázquez M, Smarandache F, Estupiñán-Ricardo J. Artificial intelligence and neutrosophic sets in educational quality management. *Neutrosophic Sets Syst.* 2021 [acceso 12/11/2026];44:352-8. Disponible en: <http://fs.unm.edu/NSS/ArtificialIntelligence.pdf>
13. Leyva-Vázquez MY, Cevallos-Torres L, López Domínguez LG, Iturburu-Salvador D, Smarandache F. Enseñar a medir la duda con inteligencia artificial: propuesta educativa para analizar las causas de la violencia en Guayaquil desde la indeterminación y la incertidumbre. *Maestro y Sociedad.* 2025 [acceso 14/12/2025];22(4):3799-3810. Disponible en: <https://maestrosociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/7301>
14. Yáñez Velasteguí AC, Reales Chacón LJ. Determinación de la efectividad del uso de las membranas amnióticas en el tratamiento de las quemaduras [Tesis de

Grado]. Riobamba (EC): Universidad Nacional de Chimborazo; 2024 [acceso 20/10/2025]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14086>

15. Corrao S, Argano C. Rethinking clinical decision-making to improve clinical reasoning. *Front Med.* 2022;9:900543. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.900543>

16. Hall K. Reviewing intuitive decision-making and uncertainty: the implications for medical education. *Med Educ.* 2002;36(3):216-224. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2923.2002.01140.x>

17. Moulder G, Harris E, Santhosh L. Teaching the science of uncertainty. *Diagnosis (Berl).* 2023;10(1):13-8. DOI: <https://doi.org/10.1515/dx-2022-0045>

18. Lee C, Hall K, Anakin M, Pinnock R. Towards a new understanding of uncertainty in medical education. *J Eval Clin Pract.* 2021;27(5):1194-204. DOI: <https://doi.org/10.1111/jep.13503>

19. Cooper N, Bartlett M, Gay S, Hammond A, Lillicrap M, Matthan J, et al. Consensus statement on the content of clinical reasoning curricula in undergraduate medical education. *Med Teach.* 2021;43(2):152-9. DOI: <https://doi.org/10.1080/0142159X.2020.1842343>

20. Monteiro SD, Sherbino JD, Ilgen JS, Dore KL, Wood TJ, Young ME, et al. Critical thinking, biases and dual processing: the enduring myth of generalisable skills. *Med Educ.* 2020;54(9):803-813. DOI: <https://doi.org/10.1111/medu.14175>

21. Visscher BB, Oudkerk Pool A, Spraakman MH, Huisman M, Gerhardt CW, Kusurkar RA. Tolerance of ambiguity in medical students and doctors: a systematic review. *BMC Med Educ.* 2023;23(1):547. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04518-4>

22. Martín-Masot R, Jiménez-Muñoz M, Ortiz-Fernández L, Serrano-Nieto J, Navas-López VM. Evidence-based medicine: 5 steps to navigate uncertainty. *An Pediatr (Engl Ed).* 2025;102(2):136-43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anpede.2024.11.009>

23. Su T, Liu J, Meng L, Luo Y, Ke Q, Xie L. The effectiveness of problem-based learning (PBL) in enhancing critical thinking skills in medical education: a systematic review and meta-analysis. *Front Educ.* 2025;10:1565556. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1565556>

24. Fenwick T, Dahlgren M. Towards socio-material approaches in simulation-based education: lessons from complexity theory. *Med Educ.* 2015;49:359-67. DOI: <https://doi.org/10.1111/medu.12638>

25. Belhomme N, Lescoat A, Dion L, Pottier P, Triby E, Pelaccia T. The culture of doubt: do medical students really experience clinical uncertainty when they should? *Med Teach.* 2024;46(12):1667-9. DOI: <https://doi.org/10.1080/0142159x.2024.2323181>

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.