

La aplicación de la neutrosofía en las ciencias médicas: una revisión bibliográfica narrativa

The Application of Neutrosophy in Medical Sciences: A Narrative Literature Review

Jesús Estupiñán Ricardo¹ <https://orcid.org/0000-0002-1595-6174>

Maikel Yelandi Leyva Vázquez¹ <https://orcid.org/0000-0001-7911-5879>

Sharon Diznarda Álvarez Gómez¹ <https://orcid.org/0000-0003-3213-9034>

José Enrique Alfonso Manzanet² <https://orcid.org/0000-0002-7534-783X>

Oscar Ernesto Velázquez-Soto² <https://orcid.org/0000-0001-7149-8721>

Alfredo Armando Rodríguez-Guzmán³ <https://orcid.org/0000-0003-1429-6925>

¹ Universidad Regional Autónoma de Los Andes (UNIANDES). Ecuador.

² Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas. La Habana, Cuba.

³ Centro de Capacitación y Gestión del Conocimiento (CCGECON). Ecuador.

Autor para correspondencia: jestupinan2728@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo principal examinar la aplicación de la neutrosofía en el campo de las ciencias médicas, a través de una revisión bibliográfica narrativa. Se ha determinado que la neutrosofía se relaciona con áreas como la imagenología, el análisis clínico y la toma de decisiones en el diagnóstico y la gestión de la salud. La implementación de la neutrosofía en la toma de decisiones puede disminuir la probabilidad de cometer errores, tanto en aspectos administrativos como en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. La presencia de herramientas neutrosóficas en la tecnología médica resulta fundamental para superar dificultades y mejorar la eficiencia en la atención médica. La integración de sistemas de diagnóstico asistido por ordenador,

información clínica y administrativa puede potenciar los flujos de trabajo, optimizando así la prestación de servicios médicos. La neutrosofía, al reducir la incertidumbre en la práctica médica, ofrece la posibilidad de revolucionar la forma en que se brinda atención médica. Su aplicación conlleva el potencial de transformar los procesos y mejorar la calidad de la atención, lo que implica un avance significativo en el campo de la medicina.

Palabras clave: Ciencias Médicas; Neutrosofía; incertidumbre; indeterminación.

ABSTRACT

The main objective of this study is to examine the application of neutrosophy in the field of medical sciences through a narrative literature review. It has been determined that neutrosophy is related to areas such as imaging, clinical analysis, and decision-making in diagnosis and health management. Implementing neutrosophy in decision-making can reduce the likelihood of errors, both in administrative aspects and in diagnosing and treating diseases. The presence of neutrosophic tools in medical technology is essential to overcome challenges and improve efficiency in healthcare. Integrating computer-assisted diagnosis systems, clinical and administrative information can enhance workflow, thereby optimizing the provision of medical services. By reducing uncertainty in medical practice, Neutrosophy offers the possibility to revolutionize the way healthcare is delivered. Its application has the potential to transform processes and improve the quality of care, representing a significant advancement in medicine.

Keywords: Medical Sciences; Neutrosophy; uncertainty; indeterminacy.

Recibido: 14/03/2023

Aprobado: 16/06/2023

Introducción

La neutrosófica, se enfoca en el origen, naturaleza y alcance de las neutralidades, así como sus interacciones con diferentes espectros ideacionales (1995). Esta disciplina ha abierto un nuevo campo de investigación en la metafilosofía y se deriva etimológicamente de "neutron-sofía" [del francés neutre < latín neuter, neutral, y del griego sophia, conocimiento], lo que se traduce como conocimiento de los pensamientos neutrales y tuvo su inicio en 1995. La neutrosófica es la base para la lógica neutrosófica, los conjuntos neutrosófica, la probabilidad neutrosófica, y la estadística neutrosófica. Todos estos conceptos son importantes para entender la incertidumbre en diferentes campos de estudio. ⁽¹⁾

La neutrosophia ha encontrado numerosas aplicaciones en diversas áreas, incluyendo la administración de empresas, sociología, psicología y derecho, entre otras. ⁽²⁾ En el campo de la medicina, se ha observado un aumento en su aplicación debido a su papel en reducir la incertidumbre en la toma de decisiones relacionadas con el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. La manera en que la neutrosophia maneja la neutralidad y la indeterminación demuestra que su aplicación podría revolucionar la práctica médica de manera significativa. Por tanto, la neutrosophia representa una herramienta valiosa para mejorar la toma de decisiones médicas y, en última instancia, mejorar la atención y los resultados de los pacientes. ⁽³⁾

El presente estudio tiene como objetivo Identificar aplicaciones de la neutrosofía en las ciencias médicas. mediante revisión bibliográfica narrativa para identificar desde la perspectiva documental la vinculación, aportes y aplicación de la Neutrosofía en las Ciencias de la Salud.

Métodos

Se realizó una revisión bibliográfica narrativa para identificar desde la perspectiva documental la vinculación, aportes y aplicación de la Neutrosofía en las Ciencias de la Salud. El proceso de búsqueda de información se efectuó en 4 bases de datos, 2 multidisciplinares y 2 especializadas en Ciencias de la Vida, donde se analizó la

producción científica sobre Neutrosofía relacionada con la salud en los últimos 5 años (2017 – 2022). La búsqueda y recuperación de los datos se realizó entre los meses de octubre y noviembre del 2022.

Caracterización de las fuentes de información:

1. Scopus® (Elsevier, Países Bajos) <https://www.scopus.com>: Base de datos multidisciplinar, considerada como una de las más extensas en cuanto a cobertura de referencias bibliográficas y resúmenes de artículos científicos revisados por pares. Incluye la indización de más de 40 mil revistas arbitradas.

Fórmula utilizada: (*TITLE-ABS-KEY (neutrosophy) OR TITLE-ABS-KEY (neutrosophic*) OR TITLE-ABS-KEY (neutrosofía) OR TITLE-ABS-KEY (neutrosófic**)) AND (*LIMIT-TO (SUBJAREA , "MEDI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "BIOC") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "NEUR") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "IMMU") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "PSYC") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "HEAL") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "NURS") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "PHAR")) AND (*LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017))*)*

2. SciELO <https://www.scielo.org>: Proyecto cooperativo para la publicación de revistas científicas electrónicas. Esta base de datos multidisciplinar incluye más de 1800 revistas de Latinoamérica, el Caribe, España y Portugal.

Fórmula utilizada: (*neutrosofía*) OR (*neutrosófico*) OR (*neutrosófica*) OR (*neutrosophy*) OR (*neutrosophic*)

3. Embase® (Elsevier, Países Bajos) <https://www.embase.com>: Base de datos bibliográfica especializada en Ciencias Biomédicas. Contiene más de 2900 revistas indizadas únicamente en esta base y otras 8100 donde incluye también toda la cobertura de MEDLINE. Junto con esta última, se consideran las bases de datos de medicina más importantes del mundo.

Fórmula utilizada: (*neutrosophy:ti,ab,kw OR neutrosophic*:ti,ab,kw OR neutrosofía:ti,ab,kw OR neutrosófic*:ti,ab,kw*) AND (*2017:py OR 2018:py OR 2019:py OR 2020:py OR 2021:py OR 2022:py*)

4. MEDLINE® (US National Library of Medicine, Estados Unidos) <https://www.nlm.nih.gov> : Base de datos bibliográfica que contiene citas de revistas y resúmenes de literatura biomédica. Se encuentran indizadas en esta base más de 5200 revistas. Es una de las bases de datos biomédica más usada del mundo.

***Nota:** Para el caso de la búsqueda en Medline se utilizó vía Embase por lo que la fórmula solo puede reproducirse en esta base de datos.

Fórmula utilizada: (*Fórmula anterior de Embase*) AND [*medline*]/lim

Procesamiento de los datos

Para realizar la búsqueda general se tomaron en cuenta solamente los artículos originales y de revisión lo cual permitió recuperar 247 documentos, distribuidos en 97 en Scopus, 95 en Embase, 54 en Medline y solamente 1 documento encontrado en SciELO. Posteriormente se procedió con la depuración de los datos, eliminando trabajos duplicados lo cual redujo el conjunto documental a 129 artículos.

Se realizó el análisis de los estudios resultantes de esta búsqueda según sus títulos, resúmenes y palabras claves para determinar la pertinencia de los mismos. Se incluyeron solamente artículos originales y de revisión que trataran directamente la implicación entre la neutrosofía y algún área de la medicina.

Se trabajó con 54 artículos, principalmente el diseño de estudio, las variables analizadas y los principales resultados; se identificó el área de las ciencias médicas a la que se hace referencia y los principios neutrosóficos aplicados.

Resultados y Discusión

A partir del análisis de las investigaciones, se pudo identificar que son varias las especialidades médicas que se ven beneficiadas gracias a los métodos neutrosóficos. Desde la optimización en los procesos de detección temprana de cáncer de mamas, evaluación de riesgos quirúrgicos, mejoramiento de imágenes médicas hasta la facilitación de una correcta gestión de recursos hospitalarios dan muestra del alcance de su aplicación. Principalmente, se detectó una relación con uso de la tecnológica médica, el comportamiento diagnóstico y la gestión de salud para minimizar el estado de incertidumbre generado en la toma de decisiones debido a que la información es imprecisa o incompleta. En ese sentido, se identificaron aportes desde la Lógica Neutrosófica, la Estadística Neutrosófica y los Conjuntos Neutrosóficos, destacándose el uso del *Single-valued neutrosophic set* (SVNS) como conjunto fundamental de aplicación neutrosófica.

Los diagnósticos asistidos por ordenador (DAO) son procedimientos médicos que ayudan a los especialistas en la interpretación de contenidos multimedia obtenidos en pruebas, por ejemplo las imágenes médicas. La imagenología ha experimentado importantes avances gracias a la revolución tecnológica que se produce en el mundo actualmente. La potenciación de los sistemas de diagnóstico asistido por ordenador mediante el uso de la inteligencia artificial, ha permitido incrementar la precisión de estos exámenes y aumentar la consistencia en la interpretación de las imágenes.^(7, 8) Todo ello contribuye a garantizar una evaluación del pronóstico rápida y certera y un tratamiento eficiente.

Sin embargo, a pesar del desarrollo de la inteligencia artificial y los sistemas de bases de datos, cuya presencia es cada vez más amplia y cotidiana en los centros médicos, su fiabilidad aún no es absoluta, por lo que importantes esfuerzos en investigación están dirigidos a la innovación y mejora continua de estas herramientas, a través de un enfoque multidisciplinar y la medicina de precisión.⁽⁹⁾ En este sentido, la neutrosofía es aplicada para encontrar nuevas soluciones a problemas tradicionales propios de las imágenes médicas, como la indefinición de

las áreas que la componen. El ruido y las texturas relacionadas con el tejido son algunos de los elementos que generan confusión en áreas de la imagen y producen sesgos en la clasificación. Estos factores conducen a los médicos a la incertidumbre en el contexto de la toma de decisiones para diagnosticar.⁽¹⁰⁾

Para superar estas dificultades, se aplica la adaptación neutrosófica del agrupamiento, segmentación, clasificación y remoción de ruidos en imágenes, con la intención de reducir todos los puntos que el sistema automático ha detectado como relevante sin serlo necesariamente.⁽¹¹⁾ Estos procedimientos varían en imagenología según la naturaleza del examen realizado, sin embargo, el objetivo es general: mejorar la calidad de las imágenes y la extracción de objetos significativos para identificar con precisión los elementos relevantes en el diagnóstico y posterior tratamiento, según la consideración de los especialistas.^(8, 10)

Un paso esencial en el procesamiento y análisis de imágenes para detectar anomalías, es la segmentación. Esta se basa en las propiedades fundamentales de los niveles de gris, la discontinuidad (bordes) o la similitud. Los sistemas de diagnóstico asistido por ordenador, conjugados con inteligencia artificial, emplean complejos sistemas de reconocimientos de patrones a partir de una base de datos llamada conjunto de entrenamiento, y algoritmos con recursos de aprendizaje automático o redes neuronales artificiales para calcular valores numéricos y extraer las características de la imagen.⁽¹²⁾

Los conjuntos neutrosóficos se utilizan para convertir estas imágenes desde el dominio espacial en escala de grises hacia el dominio neutrosófico, el cual está compuesto por tres tipos de imágenes: imágenes verdaderas, imágenes falsas e imágenes indeterminadas.⁽¹³⁾ Se destaca la aplicación de este método en las imágenes de ultrasonido, para la detección y clasificación de lesiones mamarias.⁽¹²⁾ El análisis para el diagnóstico preliminar de cáncer de mama está restringido debido a la presencia de patrones ecogénicos complejos. Para aumentar la robustez del ruido y como una mejora con respecto a las metodologías existentes, a partir de un preprocesamiento neutrosófico, las imágenes mejoradas se agrupan a la imagen original durante el entrenamiento y el aumento de datos y

se identifica el ruido de imagen como componente indeterminado, y la lesión y otras áreas de la mama como verdadero y falso, respectivamente. Se suaviza iterativamente y mejora el contraste de la imagen para reducir el nivel de ruido del conjunto verdadero y segmentar la lesión, lo cual ayuda a clasificar las lesiones malignas.⁽¹⁴⁾

En el caso de la resonancia magnética, los límites de las regiones de materia gris y materia blanca son ambiguos y están formados por estructuras grises poco claras y no homogéneas. Un ejemplo resaltable es la resonancia magnética cerebral, en la cual el proceso de segmentación consiste en extraer de la imagen las áreas de interés. En la detección de tumores, el diagnóstico puede verse entorpecido por las características propias de estas entidades ya que son muy variables en cuanto a forma, locación e intensidad. Este factor, sumado a otros como la compleja anatomía del cerebro, la presencia de ruido, la falta de homogeneidad de intensidad y los efectos de volumen parcial; dificultan el proceso de extracción.⁽¹⁵⁾

Como solución, se han utilizado los algoritmos de agrupamiento para codificar los píxeles y luego clasificarlos mediante el método de discriminación lineal, así se supera el problema de la inseparabilidad lineal producida por la similitud de intensidad de alto nivel entre los tejidos normales y anormales de la imagen cerebral dada.⁽¹⁶⁾ Estas herramientas no solo se utilizan para la detección de objetos definidos como tumores, también en la detección de convulsiones, una disfunción cerebral muy común cuya detección temprana favorece su tratamiento;⁽⁴⁾ y la enfermedad de Parkinson, empleando algoritmos adaptativos basados en entropía neutrosófica.⁽¹⁷⁾

Otros estudios en neurociencia apuntan a la aplicación del enfoque neutrosófico en investigaciones avanzadas como el análisis de las señales de resonancia magnética de tareas de memoria de trabajo y estado de reposo del cerebro; se emplean algoritmos de agrupación para distinguir entre las diferentes tareas de memoria de trabajo y estado de descanso e identificar diferencias relacionadas con la actividad de las regiones cerebrales.⁽¹⁸⁾

Herramientas similares para la segmentación automatizada completa, se utilizan en elastografía para la detección de nódulos en tiroides y diagnosticar cáncer de tiroides. Como consecuencia de la variación de los resultados renderizados en diferentes cuadros, es difícil para los radiólogos seleccionar manualmente la imagen de mejor calidad de forma rápida y eficiente. En el elastograma, los resultados de estrés de la tiroides se muestran usando pseudocolores. Se define un gráfico en la imagen y el peso de cada píxel se representa utilizando el valor después del filtrado de indeterminación. Los resultados de la segmentación se obtienen utilizando un algoritmo de flujo máximo en el gráfico. La renderización de colores en estas regiones anatómicas, permite la extracción y la validación para encontrar cuadros que satisfagan la selección de los criterios.⁽¹⁹⁾

Un aspecto a destacar es el empleo de estas técnicas bajo la óptica neutrosófica en la detección de enfermedades en el hígado incluyendo cáncer, infecciones como la hepatitis y la cirrosis, y efectos secundarios de medicación o presencia de toxinas. La etapa más importante para el diagnóstico asistido por computadora es la identificación de la región del hígado afectada. Algoritmos de segmentación permiten extraer el área del hígado relevante de la imagen de la tomografía computarizada, lo que contribuye a la investigación precisa, acelerar el diagnóstico, la simulación de la cirugía virtual y la planificación de la cirugía. Este elemento es muy importante para la reducción de riesgos quirúrgicos.^(20, 21)

Por otro lado, en cardiología, la segmentación de imágenes se usa para el diagnóstico de estenosis arterial coronaria. Mediante la aplicación de adaptaciones neutrosóficas, se pueden identificar placas y placas vulnerables en la imagen mediante la segmentación de regiones lipídicas; el algoritmo agrega imágenes de mejora de filtros homomórficos, las transforma en imágenes en el campo de la neutrosofía y luego utiliza métodos morfológicos para archivar segmentaciones de alta precisión.^(22,23) También en la realización de la cardiocografía para diagnosticar el estado de la frecuencia del feto, se proponen

sistemas de diagnóstico neutrosófico que utilizan un marco de red neuronal rugosa neutrosófica de intervalo basado en el algoritmo de retropropagación.⁽²⁴⁾

Otras aproximaciones a la aplicación de adaptaciones neutrosóficas en imagenología, son las mejoras de las regiones oscuras de la imagen de gammagrafía ósea, mediante el agrupamiento gamma⁽²⁵⁾ y en algoritmos científicos computacionales para detectar la Covid-19 en su estado más temprano.⁽²⁶⁾

Los análisis clínicos también han sido impulsados por la aplicación del enfoque neutrosófico en pruebas que tradicionalmente han empleado la estadística clásica y presentan problemas para obtener resultados confiables en condiciones de incertidumbre relativa.⁽²⁷⁾ Para reducirla, varias investigaciones han estado encaminadas a la modificación y mejora de los métodos ya existentes, utilizando la estadística neutrosófica con resultados favorables en la detección del Covid-19,⁽²⁸⁾ pruebas diagnósticas en pacientes diabéticos,⁽²⁹⁾ predicción y detección de artritis reumatólica,⁽³⁰⁾ identificación de cormobilidades y factores de riesgo para el embarazo.⁽³¹⁾ Las pruebas realizadas bajo este enfoque resultan ser más informativas, flexibles y efectivas.

En este contexto, se destacan los análisis del sistema inmunológico, por ejemplo un algoritmo de segmentación de glóbulos blancos basado en la puntuación neutrosófica adaptativa. Los glóbulos blancos juegan un papel crucial en el diagnóstico de muchas enfermedades según su número y morfología. Los equipos de patología digital recientes investigan y analizan las imágenes de la frotis sangre automáticamente para separar glóbulos blancos saludables y no saludables y emplean ciertos componentes de color que se filtran de forma adaptativa con diferentes conjuntos de datos. La puntuación de similitud neutrosófica se emplea para medir la similitud entre los diferentes componentes de color de la imagen del frotis de sangre. Puede ser adaptativo y utilizado para sistemas de clasificación completamente automáticos tanto para glóbulos blancos saludables como no saludables.⁽³²⁾

Aún más allá, la neutrosofía ha sido útil en sistemas de diagnóstico más avanzados que involucran los campos de la biología computacional y la industria farmacéutica, como la predicción y detección de enfermedades genéticas.⁽³⁰⁾ Este proceso habitualmente tomaría semanas y no siempre es confiable. Como se mencionó antes, las pruebas basadas en estadística clásica pueden ser engañosas, pues en el análisis de datos de secuencia de ADN se detectan factores que generan incertidumbre como elementos ruidosos, información incompleta o no disponible, y por tanto las pruebas existentes no pueden ser aplicadas. Tal es el caso del análisis y asignación de genes relacionados con el cáncer utilizando datos de secuencia de ADN imprecisos.⁽⁶⁾ Sin embargo, bajo estadística neutrosófica, la prueba es más informativa.

Otro ejemplo de esta aplicación es la reconstrucción de haplotipos basada en agrupamientos neutrosóficos. Los problemas de haplotipos de un solo individuo se refieren a la reconstrucción de haplotipos de un individuo en función de varios fragmentos de entrada secuenciados de un cromosoma específico. Los métodos propuestos para resolver este problema tienen bajo rendimiento en el tratamiento de fragmentos de entrada ruidosos. Para solucionarlo, se utilizan algoritmos de agrupamiento que pueden detectar eficientemente el ruido y valores atípicos en los datos de entrada.⁽³⁴⁾

Según se observa, numerosos estudios han estado orientados a la aplicación del enfoque neutrosófico en los sistemas de diagnóstico asistido por ordenadores y otros espacios de carácter tecnológico predominante en ciencias médicas; no obstante, otras investigaciones abordan su utilidad en el campo del comportamiento humano. En psiquiatría se utilizan medidas de similitud y técnicas de toma de decisiones de dos atributos múltiples para diagnosticar la enfermedad del trastorno bipolar.⁽³⁵⁾ Pero, fundamentalmente, las líneas de investigación en esta área se enfocan en la toma de decisiones bajo incertidumbre. Esta situación se presenta cuando no puede predecirse el futuro sobre la base de experiencias pasadas y está asociada a muchas variables incontrolables cuyo comportamiento e interacción se desconocen parcial o totalmente, por lo que la

información está incompleta o es imprecisa. El diagnóstico clínico es uno de los procesos de toma de decisiones más típicos que tiene lugar a partir de la relación entre los síntomas y los conocimientos sobre enfermedades, a partir de información incierta e inconsistente.⁽³⁶⁾

Para reducir las probabilidad de errores, se aplica la medida de similitud como una herramienta importante en los problemas de toma de decisiones de criterio múltiple, que puede ser usada para medir la diferencia entre las alternativas y es aplicada en los problemas de toma de decisiones diagnóstica empleando medidas de similitud de conjunto neutrosófico de un solo valor y conjunto neutrosófico de valor de intervalo.

Se ha incursionado en la construcción de herramientas para la asociación de datos que permitan la toma de decisiones expedita apoyada en información certera, sobre la base del estudio de la percepción social e individual ampliamente abordado en las ciencias cognitivas e inteligencia artificial, adaptado a las condiciones en la que tiene lugar la formulación del diagnóstico. Por ejemplo, la investigación de la estructura de un conjunto de registros en diferentes niveles sobre pacientes con síntomas similares para que pueden ser tratados simultáneamente dentro de un grupo, utilizando algoritmos de agrupamiento basados en estructuras algebraicas para una matriz de similitud neutrosófica y una matriz de equivalencia neutrosófica para recomendar.⁽³³⁾

El diagnóstico no es el único escenario relacionado con la toma de decisiones en medicina que ha sido analizado. Otros resultados apuntan a las ventajas de la aplicación de la neutrosofía en la planificación de recursos, aspecto en el que los administradores de centros médicos pueden experimentar incertidumbre porque no cuentan con la información más precisa o el entorno es voluble. Esta práctica es especialmente oportuna en la planificación de recursos sostenible, en la cual la precisión es un aspecto cardinal. De esta forma, se emplea la programación de objetivos neutrosóficos para examinar los imprecisos niveles de aspiración de recursos. Para reducir las fallas en los sistemas de toma de decisiones, se han propuesto métodos de evaluación multicriterio. Los valores neutrosóficos de

verdad, falsedad e indeterminación se transforman en intervalos y se deriva un valor nítido además de un programa de objetivos multiopciones.⁽³⁷⁾

Un paso adelante en este sentido es la adopción de tecnologías inteligentes, las cuales son complejas y costosas, y como ya se ha expresado, aportan numerosos beneficios a la atención médica.⁽³⁸⁾ Estos elementos permiten que los centros médicos se conviertan en un componente clave dentro de los sistemas urbanos diseñados actualmente para la sostenibilidad y su transformación en ciudades inteligentes, potencian los beneficios sociales que generan y minimizan el impacto negativo en el medio ambiente. En cuanto a este último tema, se destacan los sistemas de gestión de desechos médicos en los que la tecnología inteligente contribuye a su correcto funcionamiento.

Conclusiones

La neutrosfía se aplica en imagenología, análisis clínico y en la toma de decisiones en diagnóstico y gestión en salud. Existe relación entre estas áreas, comenzando desde la toma de decisiones para la planificación de recursos. Si bien este aspecto es primordial siempre, la precisión se convierte en un elemento cada vez más necesario debido al avance en la construcción de sociedades inteligentes en las que la sostenibilidad, la gestión del conocimiento y el aprovechamiento de los recursos son indispensables.

Minimizar la probabilidad de errores en esta actividad, utilizando como herramienta las premisas de la neutrosfía, es un paso adelante en la aspiración a desarrollar las infraestructuras de los centros médicos, tanto tecnológicas como de capital humano, con el objetivo de alcanzar los estándares que está implantando la revolución de la inteligencia artificial. Este proceso de toma de decisiones bajo un enfoque neutrosófico, se encuentra a nivel administrativo y también sus bases son aprovechables para reducir la incertidumbre en la toma de decisiones referidas al diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

La presencia de herramientas con enfoque neutrosófico en el área de la tecnología médica, creadas para solventar las dificultades que las herramientas tradicionales presentan y su efecto negativo en el diagnóstico, es muy importante; así como la

integración de los sistemas de diagnóstico asistido por ordenador, los sistemas de información clínica y los sistemas de información administrativa, con el objetivo de potenciar los flujos de trabajo y garantizar una atención médica eficiente. Este proceso es a menudo frustrado por la existencia de ambientes en los cuales predomina la incertidumbre. La forma en que la neutrosofía reduce esta condición, demuestra que su aplicación podría revolucionar la práctica médica.

Referencias bibliográficas

1. Smarandache F. Neutrosophy, A New Branch of Philosophy. Multiple Valued Logic: An International Journal [Internet] 2022 [citado 05 Junio 2023]; 8(3): 297-84. Disponible en: https://digitalrepository.unm.edu/math_fsp/24
2. Álvarez-Gómez GA, Leyva-Vázquez MY, Estupiñán-Ricardo J. Application of Neutrosophy to the Analysis of Open Government, its Implementation and Contribution to the Ecuadorian Judicial System. Neutrosophic Sets and Systems. 2022; 52:213-222. DOI: <http://doi:10.5281/zenodo.7374277>.
3. Pardo-Fernández A, Rodríguez-Sotomayor Y. Neutrosofía y Ciencias de la Salud: una alianza necesaria. Rev Inf Cient [Internet] 2023 [citado 10 Jul 2023]; 102(0). Disponible en: <https://revinfcientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/4114>
4. Ansari AQ, Sharma P, Tripathi M. Automatic seizure detection using neutrosophic classifier. Phys Eng Sci Med. 2020;43(3):1019-28. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13246-020-00901-3>.
5. Aslam M, Al-Marshadi AH. Dietary Fat and Prostate Cancer Relationship Using Trimmed Regression Under Uncertainty. Front Nutr. 2022;9: 799375. DOI: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2022.799375/full>
6. Aslam M, Albassam M. Analysis and Allocation of Cancer-Related Genes Using Vague DNA Sequence Data. Front Genet. 2022 Apr 19; 13:858005. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.858005>
7. Hu K, Zhao L, Feng S, Zhang S, Zhou Q, Gao X, et al. Colorectal polyp region extraction using saliency detection network with neutrosophic enhancement.

- Comput Biol Med. 2022 Aug; 147:105760. DOI: [10.1016/j.combiomed.2022.105760](https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2022.105760)
8. Lal M, Kaur L, Gupta S. Automatic segmentation of tumors in B-Mode breast ultrasound images using information gain based neutrosophic clustering J Xray Sci Technol. 2018;26(2):209-25. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29154313/>
 9. Abdel-Basset M, Manogaran G, Gamal A, Smarandache F. A Group Decision Making Framework Based on Neutrosophic TOPSIS Approach for Smart Medical Device Selection. J Med Syst. 2019 Jan 10;43(2):38. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30627801/>
 10. Wady SH, Yousif RZ, Hasan HR. A Novel Intelligent System for Brain Tumor Diagnosis Based on a Composite Neutrosophic-Slantlet Transform Domain for Statistical Texture Feature Extraction. BioMed Res Int. 2020 Jul 10;8125392. DOI: [10.1155/2020/8125392](https://doi.org/10.1155/2020/8125392)
 11. Bharti P, Mittal D. An Ultrasound Image Enhancement Method Using Neutrosophic Similarity Score. Ultrason Imaging. 2020;42(6):271-83. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33019917/>
 12. Pratheep P, Mary Amala V, Nair GG. An efficient classification framework for breast cancer using hyper parameter tuned Random Decision Forest Classifier and Bayesian Optimization. Biomed Signal Process Control. 2021 Jul;68: 102682. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102682>
 13. Lotfollahi M, Gity M, Ye JY, Mahlooji Far A. Segmentation of breast ultrasound images based on active contours using neutrosophic theory. J Med Ultrason. 2018;45(2):205-12. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28821993/>
 14. Lee J, Nishikawa RM, Reiser I, Boone JM. Neutrosophic segmentation of breast lesions for dedicated breast computed tomography. J Med Imaging. 2018 Jan; 5(1): 014505. DOI: <https://doi.org/10.1117/JMI.5.1.014505>
 15. Sert E, Avci D. Brain tumor segmentation using neutrosophic expert maximum fuzzy-sure entropy and other approaches. Biomed Signal Process Control. 2019;47:276-87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2018.08.025>

16. Tufail Z, Shahid AR, Raza B, Akram T, Janjua UI. Extraction of region of interest from brain MRI by converting images into neutrosophic domain using the modified S-function. *J Med Imaging*. 2021 Jan;8(1):014003. DOI: <https://doi.org/10.1117/1.jmi.8.1.014003>
17. Singh P. A neutrosophic-entropy based adaptive thresholding segmentation algorithm: A special application in MR images of Parkinson's disease. *Artif Intell Med*. 2020;104: 101838. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2020.101838>
18. Singh P, Wątopek M, Ceglarek A, Fařrowicz M, Lewandowska K, Marek T, et al. Analysis of fMRI Signals from Working Memory Tasks and Resting-State of Brain: Neutrosophic-Entropy-Based Clustering Algorithm. *Int J Neural Syst*. 2022 Apr;32(4):2250012. DOI: <https://doi.org/10.1142/s0129065722500125>
19. Haji SO, Yousif RZ. A novel neutrosophic method for automatic seed point selection in thyroid nodule images. *BioMed Res Int*. 2019 Apr 10; 2019:7632308. 2019;2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/7632308>
20. Siri SK, Latte MV. Combined endeavor of Neutrosophic Set and Chan-Vese model to extract accurate liver image from CT scan. *Comput Methods Programs Biomed*. 2017 Nov; 151:101-109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.08.020>
21. Cheng PF, Li DP, He JQ, Zhou XH, Wang JQ, Zhang HY. Evaluating surgical risk using fmea and multimooora methods under a single-valued trapezoidal neutrosophic environment. *Risk Manage Healthc Policy*. 2020; 13:865-81. DOI: <https://doi.org/10.2147/RMHP.S243331>
22. Sun Z, Wang F, Zhang Y, Wang S, Yu H, Shen W, et al. Automatic quantitative assessment of viable myocardium after ischemia-reperfusion using myocardial contrast echocardiography based on neutrosophic similarity score system. *Chin J Med Imaging Technol*. 2020;36(4):508-13.
23. Guo Y, Du GQ, Xue JY, Xia R, Wang YH. A novel myocardium segmentation approach based on neutrosophic active contour model. *Comput Methods Programs Biomed*. 2017; 142:109-16.

24. Amin B, Salama AA, El-Henawy IM, Mahfouz K, Gafar MG. Intelligent Neutrosophic Diagnostic System for Cardiotocography Data. *Comput Intell Neurosci.* 2021 Feb 10;2021:6656770. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6656770>
25. Rahmati M, Rashno A. Automated image segmentation method to analyse skeletal muscle cross section in exercise-induced regenerating myofibers. *Sci Rep.* 2021 Oct 29;11(1):21327. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00886-3>
26. Khalifa NEM, Smarandache F, Manogaran G, Loey M. A Study of the Neutrosophic Set Significance on Deep Transfer Learning Models: an Experimental Case on a Limited COVID-19 Chest X-ray Dataset. *Cognitive Comput.* 2021. DOI: [10.1007/s12559-020-09802-9](https://doi.org/10.1007/s12559-020-09802-9)
27. Aslam M. Clinical laboratory medicine measurements correlation analysis under uncertainty. *Ann Clin Biochem.* 2021;58(4):377-83. DOI: <https://doi.org/10.1177/00045632211006453>
28. Aslam M. Design of a new Z-test for the uncertainty of Covid-19 events under Neutrosophic statistics. *BMC Med Res Methodol.* 2022;22(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12874-022-01593-x>
29. Aslam M, Arif OH, Sherwani RAK. New Diagnosis Test under the Neutrosophic Statistics: An Application to Diabetic Patients. *BioMed Res Int.* 2020;2020:2086185. DOI: <https://doi.org/10.1155%2F2020%2F2086185>
30. Chithra B, Nedunchezian R. Gene selection and dynamic neutrosophic cognitive map with bat algorithm (DNCM-BA) for diagnose of rheumatoid arthritis (RAs). *Int J Eng Technol.* 2018;7(2):242-50. DOI: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i2.21.12181>
31. Al-Subhi SH, Rubio PAR, Pérez PP, Mahdi GSS, Leyva-Vázquez M. New support tool to decision making in diagnosis, treatment and prognosis for cardiovascular diseases during pregnancy. *Rev Cuba Obstet Ginecol.* 2020;46(1):1-16.

32. Shahin AI, Guo Y, Amin KM, Sharawi AA. A novel white blood cells segmentation algorithm based on adaptive neutrosophic similarity score. *Health Inf Sci Syst.* 2018 Dec; 6(1): 1. DOI: <https://doi.org/10.1007%2Fs13755-017-0038-5>
33. Chithra B, Nedunchezian R. An effectual filter-based gene selection with DNCM-IPSO algorithm for diagnosis of peripheral blood cells (PBCS) in rheumatoid arthritis (RAs). *Int J Pharm Res.* 2018;10(4):121-33.
34. Zamani F, Olyae MH, Khanteymoori A. NCMHap: a novel method for haplotype reconstruction based on Neutrosophic c-means clustering. *BMC Bioinform.* 2020 Oct 22;21(1):475. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12859-020-03775-0>
35. Abdel-Basset M, Mohamed M, Elhoseny M, Son LH, Chiclana F, Zaided AENH. Cosine similarity measures of bipolar neutrosophic set for diagnosis of bipolar disorder diseases. *Artif Intell Med.* 2019 Nov; 101:101735. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2019.101735>
36. Thanh ND, Ali M, Son LH. A Novel Clustering Algorithm in a Neutrosophic Recommender System for Medical Diagnosis. *Cognitive Comput.* 2017;9(4):526-44.
37. Hezam IM, Taher SAH, Foul A, Alrasheedi AF. Healthcare's Sustainable Resource Planning Using Neutrosophic Goal Programming. *J Healthc Eng.* 2022;2022: 3602792. DOI: <https://doi.org/10.1155%2F2022%2F3602792>
38. Torkayesh AE, Deveci M, Torkayesh SE, Tirkolae EB. Analyzing failures in adoption of smart technologies for medical waste management systems: a type-2 neutrosophic-based approach. *Environ Sci Pollut Res.* 2022;29(53):79688-701. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16228-9>