



# Sistema de recomendaciones para el diagnóstico de enfermedades neurológicas.

## System of recommendations for the diagnosis of neurological diseases.

Piedad Elizabeth Acurio Padilla<sup>1</sup>, Joshua Ismael Paredes Cisneros<sup>2</sup>, Andrea Estefanía Buenaño Duque<sup>3</sup>, and Kevin Andrés Ayala Amaguaya<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. E-mail: [ua.piedadacurio@uniandes.edu.ec](mailto:ua.piedadacurio@uniandes.edu.ec)

<sup>2</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. E-mail: [ma.joshuaipc78@uniandes.edu.ec](mailto:ma.joshuaipc78@uniandes.edu.ec)

<sup>3</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. E-mail: [ma.andreaebd71@uniandes.edu.ec](mailto:ma.andreaebd71@uniandes.edu.ec)

<sup>4</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. E-mail: [ma.kevinaaa12@uniandes.edu.ec](mailto:ma.kevinaaa12@uniandes.edu.ec)

**Resumen.** El diagnóstico de enfermedades neurológicas es una preocupación creciente y uno de los retos más difíciles para la medicina moderna. Según el informe reciente de la Organización Mundial de la Salud, los trastornos neurológicos, como la epilepsia, la enfermedad de Alzheimer y los accidentes cerebrovasculares y dolores de cabeza, afectan a mil millones de personas en todo el mundo. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un sistema de recomendaciones para el diagnóstico de enfermedades neurológicas. El sistema de recomendaciones implementado contribuye al diagnóstico de enfermedades neurológicas. A través de algoritmos de lógica neutrosófica, este sistema es capaz de procesar información clínica, resultados de pruebas diagnósticas y antecedentes médicos de los pacientes para ofrecer sugerencias precisas a los profesionales de la salud. Esta tecnología permite identificar patrones y anomalías que a menudo pasaban desapercibidos, facilitando así la detección temprana de trastornos neurológicos.

**Palabras Claves:** números neutrosóficos, diagnóstico médico, enfermedades neurológicas, EEG, resonancia magnética.

**Abstract.** The diagnosis of neurological diseases is a growing concern and one of the most difficult challenges for modern medicine. According to the recent report by the World Health Organization, neurological disorders, such as epilepsy, Alzheimer's disease, and strokes and headaches, affect one billion people worldwide. The objective of this research is to develop a system of recommendations for the diagnosis of neurological diseases. The implemented recommendation system contributes to the diagnosis of neurological diseases. Through neutrosophic logic algorithms, this system is capable of processing clinical information, diagnostic test results and patients' medical history to offer precise suggestions to health professionals. This technology makes it possible to identify patterns and anomalies that often went unnoticed, thus facilitating the early detection of neurological disorders.

**Keywords:** neutrosophic numbers, medical diagnosis, neurological diseases, EEG, MRI.

### 1 Introducción

En el campo de la medicina, los trastornos neurológicos representan un desafío considerable en cuanto a su diagnóstico, tratamiento y seguimiento debido a la complejidad del sistema nervioso. La precisión, dedicación y experiencia son fundamentales para diagnosticar enfermedades neurológicas y administrar tratamientos efectivos. Hoy en día, gracias a la tecnología y los sistemas modernos, los neurólogos pueden brindar atención neurológica de alta calidad [1].

Los trastornos neurológicos abarcan enfermedades que afectan el sistema nervioso del cuerpo, y pueden ser provocados por anomalías estructurales, bioquímicas o eléctricas en el cerebro, la médula espinal u otros nervios, generando una amplia gama de síntomas. Existen más de 600 enfermedades neurológicas, tales como epilepsia, demencias, enfermedad de Alzheimer, enfermedades cerebrovasculares (como accidente cerebrovascular), esclerosis múltiple, enfermedad de Parkinson, migraña, neuroinfecciones, tumores cerebrales y trastornos traumáticos

del sistema nervioso, como el traumatismo cerebral y el autismo [2].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de 50 millones de personas en el mundo padecen epilepsia, mientras que se estima que 35,6 millones sufren demencia, con 7,7 millones de nuevos casos cada año. La enfermedad de Alzheimer es la principal causa de demencia y puede representar del 60 al 70% de los casos. Estos trastornos afectan a personas en todos los países, sin importar la edad, el sexo, la educación o los ingresos, y suelen tener un impacto devastador en los pacientes y sus familias al limitar su calidad de vida. Un diagnóstico rápido y preciso de estas enfermedades puede marcar la diferencia para los pacientes al permitir la aplicación oportuna de tratamientos adecuados que pueden salvar y mejorar significativamente sus vidas [3].

En la actualidad, se recurre a una variedad de tecnologías de diagnóstico avanzadas para detectar, gestionar y tratar enfermedades neurológicas, como pruebas de ondas cerebrales (electroencefalografía o EEG), tomografía computarizada (TC), resonancia magnética (IRM), electromiografía (EMG), arteriograma (angiograma), y tomografía por emisión de positrones (PET). Estas herramientas son cruciales para que los médicos confirmen o descarten la presencia de trastornos neurológicos u otras condiciones médicas [4].

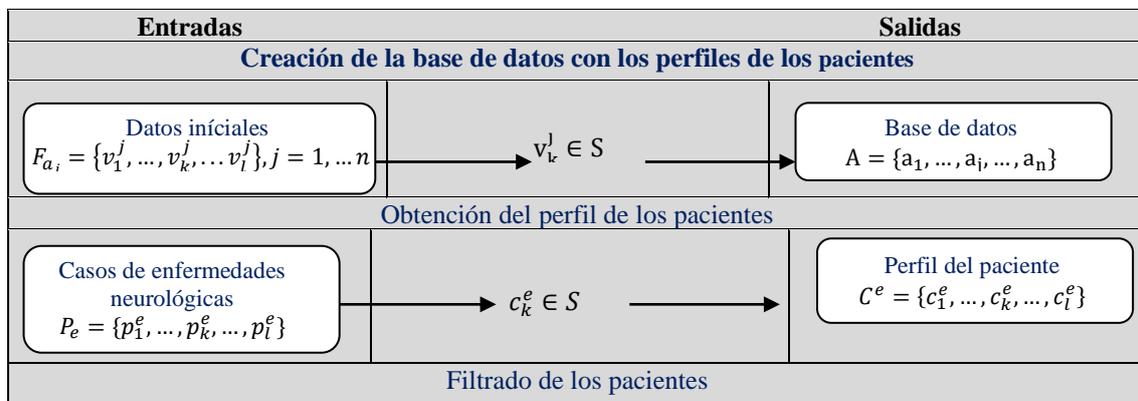
Las tecnologías de diagnóstico actuales (por ejemplo, la resonancia magnética, el electroencefalograma) producen una enorme cantidad de datos (en tamaño y dimensión) para la detección, el seguimiento y el tratamiento de enfermedades neurológicas [5]. En general, el análisis de esos grandes datos médicos lo realizan manualmente los expertos para identificar y comprender las anomalías [6]. Es una tarea realmente difícil para una persona acumular, gestionar, analizar y asimilar esos grandes volúmenes de datos mediante una inspección visual. Como resultado, los expertos han estado exigiendo sistemas de diagnóstico informáticos. En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un sistema de recomendaciones para el diagnóstico de enfermedades neurológicas.

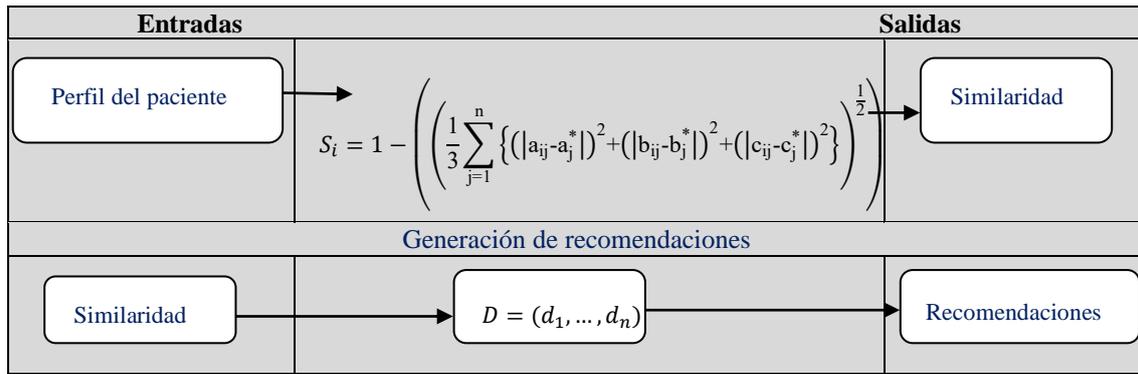
## 2 Materiales y métodos

Los Sistemas de recomendaciones son técnicas de filtrado de información que tienen por objetivo facilitar o asistir al usuario en la toma de una decisión [7]. Las principales funciones de los sistemas de recomendación incluyen el análisis de los datos de los usuarios y la extracción de información útil para realizar predicciones posteriores. Los sistemas de recomendación están diseñados para permitir a los usuarios localizar los elementos que prefieren rápidamente y evitar una posible sobrecarga de información. Los sistemas de recomendación aplican técnicas de minería de datos para determinar la similitud entre miles o incluso millones de datos [8].

Para esta investigación se utilizará un enfoque basado en conocimiento. Los sistemas de recomendación basados en conocimientos (KBRS, por sus siglas en inglés) brindan al usuario asesoramiento sobre una decisión que debe tomar o una acción que debe llevar a cabo [9], [42]. Los KBRS se basan en el conocimiento proporcionado por expertos humanos, codificado en el sistema y aplicado a los datos de entrada, para generar recomendaciones [10].

Los modelos de recomendación basados en conocimiento realizan sugerencias haciendo inferencias sobre las necesidades del usuario y sus preferencias. El sistema de recomendaciones que se propone en esta investigación tiene como objetivo servir como herramienta de apoyo al diagnóstico de enfermedades neurológicas. Consta de cuatro procesos principales: creación de la base de perfiles de la persona, obtención de los perfiles de la persona, filtrado y generación de las recomendaciones a partir del perfil de semejanza. La Figura 1 muestra un esquema con el funcionamiento del sistema de recomendaciones propuesto.





**Figura 1:** Esquema general del funcionamiento del sistema de recomendaciones.

El sistema de recomendación propuesto se basa en conocimiento. Permitiendo representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN [11-14]. Utiliza como base de inferencia la propuesta de Córdón [15], [16]. A continuación, se presenta el flujo de trabajo para las diferentes actividades[17, 18, 43]:

**Actividad 1. Creación de la base de datos con los perfiles de los pacientes:**

Cada una de los casos  $a_i$  es descrito mediante el grupo de condiciones determinándose el perfil de los pacientes tal como muestra la expresión 1.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \tag{1}$$

Los perfiles pueden ser obtenidos de forma directa a partir de los algoritmos computacionales utilizados para la captura de datos de los pacientes:

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots, v_l^j\}, j = 1, \dots, n \tag{2}$$

Las valoraciones de las características de los pacientes,  $a_j$ , serán expresadas utilizando la escala lingüística  $S$ ,  $v_k^j \in S$  donde  $S = \{s_1, \dots, s_g\}$  es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la característica  $c_k$  utilizando los números SVN [19-21]. Los términos lingüísticos a emplear deben ser definidos [22-24]. Cada alternativa descrita conforma el conjunto de casos de pacientes con padecimientos neurológicos con que se nutre el sistema de recomendaciones tal como muestra la expresión 3.

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \tag{3}$$

Cada perfil generado por el sistema de recomendación es almacenado en una base de datos [25-27]. Los datos constituyen la base de la inferencia posterior para el sistema de recomendaciones.

**Actividad 2. Obtención del perfil de los pacientes:**

En esta actividad se determina la información de los pacientes sobre las preferencias de estos almacenándose en un perfil de modo que [28], [29], [40]:

$$P_e = \{p_1^e, \dots, p_k^e, \dots, p_l^e\} \tag{4}$$

El perfil estará integrado por un conjunto de atributos que caracterizan a los pacientes:

$$C^e = \{c_1^e, \dots, c_k^e, \dots, c_l^e\} \tag{5}$$

Donde  $c_k^e \in S$

Este puede ser obtenido mediante el llamado enfoque conversacional y mediante ejemplos los cuales pueden ser adaptados [30], [31], [32].

**Actividad 3. Filtrado de los casos**

En esta actividad se filtran los casos de acuerdo al perfil almacenado para encontrar cuáles son las más críticas según las características presentes [33], [34], [39]. Con este propósito es calculada la similitud entre el perfil de los pacientes,  $P_e$  y cada perfil disponible  $a_j$  registrado en la base de datos y que ha sido confirmado con enfermedades neurológicas. Para el cálculo de la similitud total se emplea la siguiente expresión:

$$S_i = 1 - \left( \left( \frac{1}{3} \sum_{j=1}^n \{ (|a_{ij} - a_j^*|)^2 + (|b_{ij} - b_j^*|)^2 + (|c_{ij} - c_j^*|)^2 \} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \quad (6)$$

La función S calcula la similitud entre los valores de los atributos del perfil de los pacientes actualmente en diagnóstico y los almacenados como confirmados con enfermedades neurológicas  $a_j$ .

#### Actividad 4. Generación de recomendaciones

Una vez calculada la similitud entre el perfil de los pacientes que se encuentran actualmente en diagnóstico y los almacenados como confirmados con enfermedades neurológicas en la base de datos, cada uno de los perfiles se ordenan de acuerdo a la similitud obtenida representado por el siguiente vector de similitud.

$$D = (d_1, \dots, d_n) \quad (7)$$

La recomendación identificará qué paciente actualmente en diagnóstico, tiene mayor grado de probabilidad de padecer enfermedades neurológicas, según el grado de similaridad con casos anteriores confirmados con padecimientos neurológicos.

### 3 Resultados y discusión

En la actualidad, las enfermedades neurológicas son diagnosticadas mediante una variedad de técnicas médicas, incluyendo la electroencefalografía (EEG), la tomografía computarizada (TC o TAC), la resonancia magnética (RM), la electromiografía (EMG), la tomografía por emisión de positrones (PET o PET), la arteriografía (angiografía) y la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT). Estos estudios diagnósticos asisten a los médicos en confirmar o descartar la presencia de trastornos neurológicos u otras condiciones médicas. En el caso de enfermedades relacionadas con el cerebro, como la epilepsia, trastornos convulsivos, degenerativos, del sueño, autismo, tumores cerebrales y migrañas, el EEG se emplea para registrar la actividad de las células cerebrales a través del cráneo. Esta técnica permite estudiar los estados funcionales del cerebro y ayuda a los médicos a detectar y monitorizar las posibles anomalías cerebrales. En este contexto, los sistemas de recomendación constituyen una herramienta valiosa para el diagnóstico de enfermedades neurológicas.

La presente sección describe los resultados de la implementación del sistema de recomendaciones para el diagnóstico de enfermedades neurológicas. El sistema permite la obtención de un conjunto de datos que facilitando el trabajo para la recomendación de posibles enfermedades neurológicas.

Para la aplicación de la propuesta se parte del conjunto de datos almacenados en la base de datos sobre pacientes con enfermedades neurológicas. A continuación se presenta un ejemplo demostrativo a partir del cual se parte de la base de datos que posee:  $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$  Descrito por el conjunto de atributos  $C = \{c_1, c_2, c_3, c_4\}$ . Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística. Estas valoraciones serán almacenadas para nutrir la base de datos.

**Tabla 1:** Términos lingüísticos empleados [35].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0.15,0.20)
Buena(B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La Tabla 2 muestra una vista con los datos utilizado en este ejemplo.

**Tabla 2:** Base de datos de perfiles personales.

	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$
$a_1$	MB	M	B	MB
$a_2$	M	MMB	M	MMB
$a_3$	M	B	M	B
$a_4$	B	B	MDB	MB
$a_5$	MB	B	MDB	MB
$a_6$	B	B	M	MMB
$a_7$	B	B	MDB	MB
$a_8$	MMB	MMB	M	MB

Si una persona  $u_e$ , desea recibir las recomendaciones del sistema deberá proveer información al mismo expresando el perfil del paciente. En este caso:

$$P_e = \{MMB, MMB, M, MB\}$$

El siguiente paso en el ejemplo es el cálculo de la similitud entre el perfil del paciente actualmente en diagnóstico y los perfiles almacenados en la base de datos que han sido confirmados con enfermedades neurológicas.

**Tabla 3:** Similitud entre los perfiles almacenados y el perfil del paciente en diagnóstico.

$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$
0.15	0.65	0.30	0.25	0.25	0.35	0.10	0.95

En la fase de recomendación se recomendarán aquellos perfiles que más se acerquen al perfil del paciente que está esperando un diagnóstico. Un ordenamiento de los perfiles basado en esta comparación sería el siguiente.

$$\{a_8, a_2, a_6, a_3, a_4, a_5, a_1, a_7\}$$

En caso de que el sistema recomendará los dos perfiles más cercanos, estas serían las recomendaciones:

$$a_8, a_2$$

La aplicación de las recomendaciones provee una vecindad lo más cercano al perfil comparativo para el ejemplo en cuestión la solución es:

$$a_8$$

Con la implementación de este sistema, los especialistas de la salud tendrán una herramienta para analizar la información almacenada en la base de datos de casos confirmados con enfermedades neurológicas y realizar comparaciones con el perfil del paciente que está siendo diagnosticado, para identificar similitudes y patrones del padecimiento.

## 4 Discusiones

Además del empleo del sistema de recomendación propuesto, el diagnóstico de enfermedades neurológicas puede ser enriquecido con otros métodos de inteligencia artificial (IA) que son empleados con este propósito. Por ejemplo:

El estudio de [36] describe el desarrollo y validación de un modelo de inteligencia artificial llamado SCORE-AI para interpretar EEGs clínicos de manera automatizada y exhaustiva. Los resultados muestran que SCORE-AI alcanzó un rendimiento similar al de expertos humanos, lo que sugiere su potencial para mejorar la atención al paciente en áreas remotas o con escasez de expertos en EEG. Se utilizaron datos de alta calidad y se implementaron medidas para evitar sesgos y errores comunes. SCORE-AI proporciona una evaluación detallada de EEGs anormales y tiene una alta especificidad, lo que lo hace prometedor para su aplicación clínica.

Los autores de [37] discuten la construcción de un sistema de IA compuesto para el diagnóstico diferencial en resonancias magnéticas cerebrales. Desarrollaron un enfoque que combina distintos métodos para proporcionar diagnósticos diferenciales precisos. El sistema de IA detecta lesiones anormales en imágenes FLAIR, deriva características cuantitativas interpretables por humanos y combina estos hallazgos con características clínicas para llegar a un diagnóstico diferencial. Aunque el sistema produce errores, estos son diferentes a los producidos por humanos y se abordan sesgos y cálculos de probabilidad sesgados. Se destaca la importancia de metodolo-

gías que mejoren la eficiencia en la interpretación de imágenes radiológicas.

El uso de inteligencia artificial basada en algoritmos para la predicción de resultados en pacientes con isquemia cerebral y epilepsia ha demostrado ser prometedor en la investigación médica. Se discuten varios algoritmos empleados, como regresión lineal, árboles de decisión y técnicas de aprendizaje profundo. La combinación de algoritmos con conjuntos de datos más grandes podría mejorar la precisión de las predicciones [37].

Se destaca la importancia de la colaboración interdisciplinaria para abordar preocupaciones sobre la interpretación de los modelos de IA, la responsabilidad en caso de error y la protección de la privacidad de los datos de salud de los pacientes. También se reflexiona sobre cómo la IA podría afectar la relación médico-paciente y mejorar el tiempo dedicado al cuidado de los pacientes.

En el campo de la epilepsia, las técnicas de aprendizaje automático se aplican en la detección de convulsiones, el diagnóstico de la epilepsia y la predicción de resultados de tratamientos. Estas técnicas prometen ser útiles tanto en entornos hospitalarios como en el monitoreo ambulatorio, al analizar datos de EEG, video, sensores de movimiento, imágenes cerebrales y registros clínicos [38], [41].

La inteligencia artificial está revolucionando la investigación médica al mejorar la precisión de las predicciones, la detección temprana de enfermedades y el diagnóstico de condiciones como la isquemia cerebral y la epilepsia.

## Conclusión

El sistema de recomendaciones implementado contribuye al diagnóstico de enfermedades neurológicas. A través de algoritmos de lógica neutrosófica, este sistema es capaz de procesar información clínica, resultados de pruebas diagnósticas y antecedentes médicos de los pacientes para ofrecer sugerencias precisas a los profesionales de la salud. Esta tecnología permite identificar patrones y anomalías que a menudo pasaban desapercibidos, facilitando así la detección temprana de trastornos neurológicos.

El sistema de recomendaciones proporciona a los médicos orientación sobre qué pruebas utilizar, qué síntomas observar y qué tratamientos considerar en función de la información recopilada, analizada y comparada con casos anteriores. Los resultados ayudan a los especialistas en neurología a tomar decisiones sobre evidencia en el proceso de diagnóstico, lo que a su vez mejora la precisión y la eficacia del tratamiento para los pacientes.

En el ámbito de las enfermedades neurológicas, este método de recomendaciones puede ser una herramienta clave para agilizar el proceso de diagnóstico, reducir la posibilidad de errores y proporcionar un enfoque más personalizado y eficiente en la atención médica. Su impacto positivo en la detección y tratamiento oportuno de afecciones neurológicas motiva a nutrir la base de casos con un espectro más amplio para aumentar la precisión y utilidad de las recomendaciones.

Sin embargo, junto con estos beneficios, surgen preocupaciones importantes. Por ejemplo, la interpretabilidad de los resultados, plantea desafíos en términos de confianza y aceptación por parte de los profesionales médicos. La capacidad de entender y explicar cómo se llega a una determinada predicción es crucial para garantizar la validez y la utilidad de estos sistemas en entornos clínicos.

Además, la cuestión de la responsabilidad y la toma de decisiones clínicas sigue siendo fundamental. Aunque los sistemas de recomendación pueden proporcionar recomendaciones útiles, sigue siendo responsabilidad del médico verificar y aprobar estas decisiones para lo cual es importante establecer protocolos claros en colaboración entre médicos y sistemas de datos. Otro aspecto crucial es la privacidad de los datos de salud de los pacientes y la seguridad contra posibles ciberataques. Garantizar la protección de la información médica confidencial es esencial para mantener la confianza del paciente en estos sistemas.

## Referencias

- [1] S. Siuly, and Y. Zhang, "Medical big data: neurological diseases diagnosis through medical data analysis," *Data Science and Engineering*, vol. 1, pp. 54-64, 2016.
- [2] M. Toft, "Advances in genetic diagnosis of neurological disorders," *Acta Neurologica Scandinavica*, vol. 129, pp. 20-25, 2014.
- [3] A. Sciarrone, I. Bisio, C. Garibotto, F. Lavagetto, G. H. Staude, and A. Knopp, "Leveraging IoT wearable technology towards early diagnosis of neurological diseases," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 39, no. 2, pp. 582-592, 2020.
- [4] L. Crowther, M. Poms, and B. Plecko, "Multiomics tools for the diagnosis and treatment of rare neurological disease," *Journal of inherited metabolic disease*, vol. 41, pp. 425-434, 2018.
- [5] J. Aoe, R. Fukuma, T. Yanagisawa, T. Harada, M. Tanaka, M. Kobayashi, Y. Inoue, S. Yamamoto, Y. Ohnishi, and H. Kishima, "Automatic diagnosis of neurological diseases using MEG signals with a deep neural network," *Scientific reports*, vol. 9, no. 1, pp. 5057, 2019.
- [6] B. L. Fogel, "Genetic and genomic testing for neurologic disease in clinical practice," *Handbook of clinical neurology*, vol. 147, pp. 11-22, 2018.

- [7] C. Lucero-Álvarez, P. M. Quintero-Flores, P. Pérez-Cruz, C. A. Ortiz-Ramírez, P. Mendoza-Crisóstomo, and J. Montiel-Hernández, "Literature review on information filtering methods in recommendation systems." pp. 1-8.
- [8] S. A. Amin, J. Philips, and N. Tabrizi, "Current trends in collaborative filtering recommendation systems." pp. 46-60.
- [9] J. K. Tarus, Z. Niu, and G. Mustafa, "Knowledge-based recommendation: a review of ontology-based recommender systems for e-learning," *Artificial intelligence review*, vol. 50, pp. 21-48, 2018.
- [10] C. C. Aggarwal, and C. C. Aggarwal, "Knowledge-based recommender systems," *Recommender Systems: The Textbook*, pp. 167-197, 2016.
- [11] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.
- [12] I. Delí, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.
- [13] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems*, vol. 22, pp. 273-292, 2020.
- [14] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.
- [15] R. G. Ortega, M. Rodríguez, M. L. Vázquez, and J. E. Ricardo, "Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management," *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 26, no. 1, pp. 16, 2019.
- [16] F. Smarandache, J. E. Ricardo, E. G. Caballero, M. Y. L. Vasquez, and N. B. Hernández, "Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment," *Neutrosophic Sets and Systems*, pp. 204, 2020.
- [17] L. G. P. Córdón, "Modelos de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Universidad de Jaén, 2008.
- [18] M. R. M. Arroyave, A. F. Estrada, and R. C. González, "Modelo de recomendación para la orientación vocacional basado en la computación con palabras [Recommendation models for vocational orientation based on computing with words]," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 15, no. 1, pp. 80, 2016.
- [19] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad*, vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.
- [20] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad*, vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.
- [21] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado*, vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.
- [22] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado*, vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.
- [23] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.
- [24] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado*, vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.
- [25] M. Saqlain, M. Saeed, M. R. Ahmad, and F. Smarandache, *Generalization of TOPSIS for Neutrosophic Hypersoft set using Accuracy Function and its Application*: Infinite Study, 2019.
- [26] N. Valcá, and M. Leyva-VÁ, "Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique," *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 23, pp. 45-51, 2018.
- [27] C. M. Villamar, J. Suarez, L. D. L. Coloma, C. Vera, and M. Leyva, *Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers*: Infinite Study, 2019.
- [28] V. Espín Martín, "Sistemas de recomendación semánticos para la compartición de conocimiento y la explotación de tesauros: Un enfoque práctico en el ámbito de los sistemas nutricionales," 2016.
- [29] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suintaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.
- [30] L. Pérez, "Modelo de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Tesis doctoral. Universidad de Jaén, 2008.
- [31] M. Leyva-Vázquez, M. A. Quiroz-Martínez, Y. Portilla-Castell, J. R. Hechavarría-Hernández, and E. González-Caballero, "A New Model for the Selection of Information Technology Project in a Neutrosophic Environment," *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 32, no. 1, pp. 22, 2020.
- [32] N. Batista Hernández, and J. Estupiñán Ricardo, "Gestión empresarial y posmodernidad: Infinite Study," 2018.
- [33] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, "Mental Models Consensus Process Using Fuzzy Cognitive Maps and Computing with Words," *Ingeniería y Universidad*, vol. 19, no. 1, pp. 7-22, 2015.
- [34] F. Smarandache, and M. Leyva-Vázquez, *Fundamentos de la lógica y los conjuntos neutrosóficos y su papel en la inteligencia artificial*: Infinite Study, 2018.
- [35] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

- [36] J. Tveit, H. Aurlien, S. Plis, V. D. Calhoun, W. O. Tatum, D. L. Schomer, V. Arntsen, F. Cox, F. Fahoum, and W. B. Gallentine, "Automated interpretation of clinical electroencephalograms using artificial intelligence," *JAMA neurology*, vol. 80, no. 8, pp. 805-812, 2023.
- [37] A. M. Rauschecker, J. D. Rudie, L. Xie, J. Wang, M. T. Duong, E. J. Botzolakis, A. M. Kovalovich, J. Egan, T. C. Cook, and R. N. Bryan, "Artificial intelligence system approaching neuroradiologist-level differential diagnosis accuracy at brain MRI," *Radiology*, vol. 295, no. 3, pp. 626-637, 2020.
- [38] F. C. Kitamura, I. Pan, S. F. Ferracioli, K. W. Yeom, and N. Abdala, "Clinical artificial intelligence applications in radiology: Neuro," *Radiologic Clinics*, vol. 59, no. 6, pp. 1003-1012, 2021.
- [39] von Feigenblatt, O. F., & Ricardo, J. E. "The challenge of sustainability in developing countries: the case of Thailand". *Universidad y Sociedad*, Vol 15 núm 4, pp 394-402, 2023.
- [40] Hernández, N. B., Yelandi, L. V. M., Ricardo, J. E., & Manzano, R. L. M. "Análisis prospectivo del estado actual de la carrera de derecho en la sede Babahoyo de la universidad UNIANDES". *Revista Conrado*, Vol 19 núm (S2), pp 505-513, 2023.
- [41] Anilema, C. A. M., Ricardo, J. E., & Mosquera, G. A. C. "La desnaturalización del derecho a la libertad de expresión como consecuencia de la conducta de incitación al odio en el ámbito político, en redes sociales, en Ecuador en las elecciones presidenciales en el año 2021". *Debate Jurídico Ecuador*, vol 7 núm (1), pp 17-33, 2024.
- [42] Ricardo, J. E., Vázquez, M. Y. L., Hernández, N. B., & Peña, K. A. "El papel del docente en el proceso de titulación de estudiantes de Derecho: un enfoque cuantitativo y cualitativo en UNIANDES Babahoyo". *Revista Conrado*, vol 19 núm (S2), pp 338-345, 2023.
- [43] Ricardo, J. E., Vázquez, Á. B. M., Herrera, R. A. A., Álvarez, A. E. V., Jara, J. I. E., & Hernández, N. B. "Management System of Higher Education in Ecuador. Impact on the Learning Process". *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore*, (Special), 2028.

**Recibido:** mayo 29, 2024. **Aceptado:** junio 18, 2024