NCML Neutrosophic Computing and Machine Learning {Número especial: Aplicación del método de investigación neutrosófico en el entorno postpandemia}, Vol. 22, 2022

University of New Mexico

Tratamiento del insulinoma. Nuevo modelo de decisión

Treatment of insulinoma. New decision model

Olivia Altamirano Guerrero[1] Jeanneth Elizabeth Jami Carrera[2] and Carlos Omar Blacio Villa[3]

[1] Universidad Autónoma de Los Andes. Ecuador. Orcid: https://orcid.org/0000-0002-7613-5329
E-mail: ua.oliviaaltamirano@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Autónoma de Los Andes. Ecuador. Orcid: https://orcid.org/0000-0003-2217-9593
E-mail: ua.jeannethjami@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Autónoma de Los Andes. Ecuador. Orcid: https://orcid.org/0000-0001-7286-1430
E-mail: ua.carlosblacio@uniandes.edu.ec

Resumen. Los procesos asociados a la toma de decisiones constituyen la base de la sociedad y la mente humana. En diferentes ámbitos profesionales es indispensable contar con mecanismos efectivos como apoyo a la toma de decisiones complejas. Más aun, las indeterminaciones propias del mundo real aplicadas a campos profesionales tan dinámicos como el campo de las ciencias médicas hacen necesaria la inclusión y desarrollo de métodos efectivos para el soporte a profesionales de estas áreas en su actividad. El presente trabajo tiene como objetivo extender el método COPRAS mediante la aplicación de conjuntos neutrosóficos de valor único hacia la toma de decisiones en la selección de tratamientos médicos. Para ello se analizan un conjunto de alternativas de tratamiento para pacientes con insulinomas malignos. Como resultado de la aplicación del método se obtuvo una preferencia hacia el uso de Estreptozotocina más fluorouracilo como alternativa entre las analizadas. Se pudo verificar la efectividad y versatilidad de este método para su uso en diferentes ambientes y campos científicos. El uso de números neutrosóficos de valor único para llevar a cabo el análisis, permitió certificar el uso y aplicación prácticas de la lógica de conjuntos neutrosóficos. Se recomienda la adopción de otros métodos multicriterios asociados a los diferentes matices de la lógica neutrosófica para profundizar en el campo de estudio y su asociación con problemas de la vida real.

Palabras Claves: tratamiento médico, COPRAS, neutrosofía

Abstract. The processes associated with decision making constitute the basis of society and the human mind. In different professional fields it is essential to have effective mechanisms to support complex decision making. Moreover, the indeterminacies of the real world applied to professional fields as dynamic as the field of medical sciences make necessary the inclusion and development of effective methods to support professionals in these areas in their activity. The present work aims to extend the COPRAS method through the application of single-valued neutrosophic sets to decision making in the selection of medical treatments. For this purpose, a set of treatment alternatives for patients with malignant insulinomas is analyzed. As a result of the application of the method, a preference was obtained for the use of Streptozotocin plus fluorouracil as an alternative among those analyzed. It was possible to verify the effectiveness and versatility of this method for its use in different environments and scientific fields. The use of single-valued neutrosophic numbers to carry out the analysis made it possible to certify the practical use and application of neutrosophic set logic. The adoption of other multicriteria methods associated with the different nuances of neutrosophic logic is recommended in order to deepen the field of study and its association with real-life problems.

Keywords: medical treatment, COPRAS, neutrosophy, neutrosophy

1 Introduccion

El proceso de toma de decisiones forma parte indispensable del funcionamiento humano, tanto en el plano personal, como profesional. Si bien cada decisión que se afronta tiene determinados objetivos plenamente definidos desde el primer momento, existen un gran número de situaciones en las que dichos objetivos se encuentren en conflicto. La necesidad de considerar simultáneamente los criterios y las alternativas en los problemas de decisión es más vital, especialmente en presencia de conjuntos de datos inciertos.[1]

En los últimos años, muchos esfuerzos de investigación se han centrado en incorporar la vaguedad de la información inicial, para dar solución a problemas complejos prácticos de la naturaleza. Para ello se emplea el uso de métodos de toma de decisiones multicriterios (MCDM). De esta manera, los tomadores de decisiones utilizan métodos de evaluación subjetiva para hacer frente a este obstáculo.[2]

[3] introdujo la teoría de conjuntos difusos (FS) para superar datos inciertos e imprecisos. Posteriormente,

otros tipos de conjuntos difusos fueron introducidos para ampliar el campo de aplicación de esta teoría [4], [5]. Sin embargo, a pesar de los conjuntos difusos presentados y aplicados a la resolución de problemas de MCDM [6], [7], se ha determinado que estos no pueden tener en cuenta todo tipo de incertidumbres que surgen en la solución de problemas reales en los diferentes campos de la vida real [8].

Para dar solución a ello, [9] propuso la teoría de conjuntos neutrosóficos como una generalización de los conjuntos "difusos" y conjuntos “intuicionistas difusos”. En neutrosofía, la membresía de verdad, la membresía de indeterminación y la membresía falsa son completamente independientes y se encuentran en el intervalo unitario no estándar] 0−, 1 +[[10]. Para facilitar el lado práctico de los conjuntos neutrosóficos, Wang et al [11] definieron un conjunto neutrosófico de un solo valor (SVNS) y propusieron las operaciones teóricas de conjuntos y algunas propiedades de los SVNS [11]

Recientemente varios especialistas en la materia han desarrollado el modelo neutrosófico para ampliarlo hacia la utilización de conjuntos neutrosóficos para la solución de problemas de toma de decisiones multicriterios en diversos campos de la ciencia y la sociedad. Ejemplo de ello constituye [12], que extendieron el método de análisis relacional gris al entorno neutrosófico y lo aplicaron a la selección del sector de inversión.

Por otro lado, [13] desarrollo el método TODIM para considerar las preferencias de riesgo de los tomadores de decisiones en un entorno hospitalario. Asimismo, [14] aplicó SVN con optimización multiobjetivo mediante un método de análisis de relación (MULTIMOORA) para la selección del estudio de caso de diseños de circuitos de comunicación.

En el campo de las ciencias médicas, la toma de decisiones complejas es un elemento que se realiza de manera continua. Las diferentes situaciones en que se ven involucrados los especialistas médicos, demandan un proceso de toma de decisiones en la que intervienen diferentes factores y elementos. Estas características hacen este campo uno de los más ricos para desarrollar y aplicar las diferentes técnicas multicriterios apoyados en el uso de la neutrosofía para incluir las indeterminaciones del mundo real [15].

Los insulinomas son el tipo más común de tumores neuroendocrinos pancreáticos funcionales, es una enfermedad autosómica dominante, con alta penetración, que incluye combinaciones variables de más de 20 tumores endocrinos y no endocrinos. El diagnóstico de esta enfermedad a menudo se retrasa por años porque los insulinomas se encuentran con poca frecuencia y generalmente se presentan con síntomas inespecíficos que a veces pueden simular un trastorno neurológico. La mayoría de los expertos recomiendan que los pacientes con tumores de células de los islotes deben ser operados; sin embargo, el tratamiento médico se requiere para la gran mayoría de los insulinomas malignos, ya que sólo ocasionalmente podrán ser curados con la operación.

El propósito del presente trabajo se centra en extender el método COPRAS mediante la aplicación de conjuntos neutrosóficos de valor único hacia la toma de decisiones en la selección de tratamientos médicos en pacientes con insulinomas malignos. En tal caso, se utiliza el método COPRAS-SVNS propuesto por [16] para tales fines. Para el desarrollo del estudio, se presenta en la sección 2 una descripción del método COPRAS, tras o que se muestra en la sección 3 los conceptos fundamentales de los conjuntos neutrosóficos de valor único, así como la lógica del método. La sección 4 muestra un ejemplo práctico aplicado a la selección de tratamientos médicos. Finalmente se describen los resultados y conclusiones derivadas del estudio.

2 El método COPRAS

Esta técnica de toma de decisiones multicriterio fue propuesta por [17] puede expresarse en general de la siguiente manera $x_{ij}i^{th}$. Se considera un problema de toma de decisiones, que consta de m alternativas que deben evaluarse considerando n criterios, y puede expresarse como el valor de la alternativa por el criterio. La idea principal de la técnica COPRAS consta de los pasos que se describen a continuación:

Paso 1. Seleccione el conjunto apropiado de criterios que describa las alternativas elegidas.

Paso 2. Preparar la matriz de toma de decisiones X:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} \dots & x_{1n} \\ x_{22} & x_{22} \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Paso 3. Determinar los pesos de los criterios.w_j

Paso 4. Normalizar la matriz de toma de decisiones $\bar{X}$. Los valores de la matriz normalizada se determinan como:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}}; i = 1,2, \dots, m; j = 1,2, \dots, n \quad (2)$$

Paso 5. Calcule la matriz de toma de decisiones normalizada ponderada D, cuyos componentes se calculan como

$$d_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot w_j; i = 1,2, \dots, m; j = 1,2, \dots, n \tag{3}$$

Paso 6. Calcular la suma de los valores del criterio con respecto a la dirección de optimización para cada alternativa

$$P_{+i} = \sum_{j=1}^{L_{max}} d_{+ij};\ P_{-i} = \sum_{j=1}^{L_{min}} d_{-ij} \tag{4}$$

Donde d_{+ij} son los valores que corresponden a los criterios a maximizar y los valores d_{-ij} corresponden a los criterios a minimizar

Paso 7. Determinar la componente mínima de P_{-i}

$$P_{-min} = min_i P_{-i}; i = 1,2, \dots, L_{min} \tag{5}$$

Paso 8. Determine el valor de puntuación de cada alternativa Q_i

$$Q_i = P_{+i} + \frac{P_{-min} \sum_{j=1}^{L_{min}} P_{-j}}{P_{-i} \sum_{j=1}^{L_{min}} \frac{P_{-min}}{P_{-j}}}; j = 1, \dots, L_{min} \tag{6}$$

Paso 9. Determinar el criterio de optimalidad K para las alternativas:

$$K = max_i Q_i\ ; i = 1,2, \dots, m \tag{7}$$

Paso 10. Determinar la prioridad de las alternativas. El mayor valor de puntaje para la alternativa corresponde a la mayor prioridad (rango) de la alternativa.Q_i

3 Conjuntos neutrosóficos

Definición 1: Sea X un espacio de los objetos y $x \in X$. Un conjunto neutrosófico A en X está definido por tres funciones: función de pertenencia a la verdad, una función de pertenencia a la indeterminación y función de pertenencia a la falsedad. Estas funciones, y se definen en subconjuntos reales estándar o reales no estándar de $]0^-, 1^+[$. Eso es $T_A\ (x): X \to]0^-, 1^+[$, $I_A\ (x): X \to]0^-, 1^+[$ y $F_A\ (x): X \to]0^-, 1^+[$. No se tiene ninguna restricción sobre la suma de $T_A\ (x)$, $I_A\ (x)$ y $F_A\ (x)$, entonces $0^- \leq supT_A(x) + \ supI_A(x) + supF_A(x) \leq 3^+$.

3.1 Conjunto neutrosófico de valor único

Se ha definido un conjunto neutrosófico de valor único (NNVU) como se describe en [11].

Definición 2. Sea X un espacio universal de los objetos y $x \in X$. Un conjunto neutrosófico de valor único (SVNS) $Ñ \subset X$ se puede expresar como

$$Ñ = \{\langle x, T_{Ñ}(x), I_{Ñ}(x), F_{Ñ}(x)\rangle : x \in X\} \tag{8}$$

Dónde $T_{Ñ}(x): X \to][0,1], I_{Ñ}(x): X \to][0,1]\ y\ F_{Ñ}(x): X \to][0,1]$

Con $0 \leq T_{Ñ}(x) + \ I_{Ñ}(x) + F_{Ñ}(x) \leq 3$ o todos $x \in X$. Los valores $T_{Ñ}(x), I_{Ñ}(x)$ y $F_{Ñ}(x)$ corresponden al grado de pertenencia a la verdad, el grado de pertenencia a la indeterminación y el grado de pertenencia a la falsedad de x a Ñ, respectivamente. Para el caso en que X consiste en un solo elemento, Ñ se denomina número neutrosófico de un solo valor [18][19]. En aras de la simplicidad, un número neutrosófico de un solo valor se expresa $Ñ_A = (t_A, i_A, f_A)$ donde $t_A, i_A, f_A \in [0,1]$ y $0 \leq t_A + \ i_A + \ f_A \leq 3$.

Definición 3: Sean $Ñ_1 = \ (t_1, i_1, f_1)\ y\ Ñ_2 = \ (t_2, i_2, f_2)$, dos NNVU, entonces la sumatoria entre $Ñ_1$ y $Ñ_2$ se define como sigue:

$$Ñ_1 + \ Ñ_2 = \ (t_1 + t_2 - t_1 t_2, i_1 i_2, f_1 f_2) \tag{9}$$

Definición 4: Sean $Ñ_1 = \ (t_1, i_1, f_1)$ y $Ñ_2 = \ (t_2, i_2, f_2)$ dos NNVU, entonces la multiplicación entre $Ñ_1$ y $Ñ_2$ se define de la siguiente manera:

$$Ñ_1 * \ Ñ_2 = \ (t_1 t_2, i_1 + i_2 - i_1 i_2, f_1 + f_2 - f_1 f_2) \tag{10}$$

Definición 5: Sea $Ñ = \ (t, i, f)$ un NNVU y $\lambda \in \mathbb{R}$ un número real positivo arbitrario, entonces:

$$\lambda Ñ = \left(1 - (1 - \mathrm{t})^{\lambda}, i^{\lambda}, f^{\lambda}\right), \lambda > 0 \tag{11}$$

Definición 6: Si A= $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, y B= $\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ (i= 1,2,…,m) son dos conjuntos neutrosóficos de un solo valor, entonces la medida de separación entre A y B aplicando la distancia euclidiana normalizada se puede expresar de la siguiente manera:

$$q_n(A, B) = \sqrt{\frac{1}{3n} \sum_{j=1}^{n} \left(\left(t_A(x_i) - t_B(x_i)\right)\right)^2 + \left(\left(i_A(x_i) - i_B(x_i)\right)\right)^2 + \left(\left(f_A(x_i) - f_B(x_i)\right)\right)^2} \tag{12}$$

Dónde $(i = 1,2, \ldots, n)$

Definición 7: Sea A = (a,b,c) un número neutrosófico de un solo valor, una función de puntaje $Ñ_A$ se asigna a la salida nítida única $S(Ñ_A)$ de la siguiente manera

$$S(Ñ_A) = \frac{3+t_A-2i_A-f_A}{4} \tag{13}$$

Dónde por $S(Ñ_A) \in [0,1]$

Esta función de puntuación es la modificación de la función de puntuación propuesta [20] y permite tener los resultados en el mismo intervalo que cuando se trata con números neutrosóficos de un solo valor. El concepto de variable lingüística es muy útil para resolver problemas de toma de decisiones con contenido complejo. El valor de una variable lingüística se expresa como un elemento de su conjunto de términos. Dichos valores lingüísticos se pueden representar utilizando números neutrosóficos de un solo valor.

En el método, hay k-tomadores de decisiones, m-alternativas y n-criterios. Los tomadores de decisiones k evalúan la importancia de las m-alternativas bajo n-criterios y clasifican el desempeño de los n-criterios con respecto a declaraciones lingüísticas convertidas en números neutrosóficos de un solo valor. Los pesos de importancia basados en valores neutrosóficos de valor único de los términos lingüísticos se dan en la tabla 1.

Términos lingüísticos	SVNN
Extremadamente bueno (EG)/ 10 puntos	(1,00, 0,00, 0,00)
Muy muy bueno (VVG)/ 9 puntos	(0,90, 0,10, 0,10)
Muy bien (VG)/ 8 puntos	(0,80, 0,15, 0,20)
Bueno (G) / 7 puntos	(0,70, 0,25, 0,30)
Medio bueno (MG) / 6 puntos	(0,60, 0,35, 0,40)
Medio (M) / 5 puntos	(0,50, 0,50, 0,50)
Medio malo (MB) / 4 puntos	(0,40, 0,65, 0,60)
Malo (B) / 3 puntos	(0,30, 0,75, 0,70)
Muy mal (VB) / 2 puntos	(0,20, 0,85, 0,80)
Muy muy mal (VVB) / 1 punto	(0,10, 0,90, 0,90)
Extremadamente malo (EB) / 0 puntos	(0,00, 1,00, 1,00)

Tabla 1: Variable lingüística y NNVU. Fuente:**[16]**

El desempeño de la toma de decisiones en grupo aplicando el enfoque COPRAS-SVNS se puede describir mediante los siguientes pasos.

- Paso 1. Determinar la importancia de los expertos. En el caso de que la decisión sea tomada por un grupo de expertos (tomadores de decisiones), primero se determina la importancia o participación en la decisión final de cada experto. Si un vector $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_k)$ es el vector que describe la importancia de cada experto, donde $\lambda_k \geq 0 \; y \; \sum_{k=1}^{K} \lambda_k = 1$.
- Paso 2. En el marco de este paso, cada tomador de decisiones realiza sus evaluaciones sobre las calificaciones de las alternativas con respecto a los atributos y los pesos de los atributos. Si se denota $x_{ij}^{k}, i = 1,2, \ldots, m; j = 1,2, \ldots, n$ por la evaluación del experto k^{th} de la alternativa i^{th} por el criterio j^{th}. Esta evaluación se expresa en los términos lingüísticos presentados en la tabla 1. Por lo tanto, la matriz de decisión para cualquier experto en particular se puede construir:

$$X^k = \begin{bmatrix} x^k{}_{11} & x^k{}_{12} \cdots & x^k{}_{1n} \\ x^k{}_{22} & x^k{}_{22} \cdots & x^k{}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x^k{}_{m1} & x^k{}_{m2} \cdots & x^k{}_{mn} \end{bmatrix} \tag{14}$$

- Paso 3. Calcular los pesos de los criterios. Los pesos agregados de los criterios están determinados por

$$w_j = \lambda_1 w_j^{(1)} \cup \lambda_2 w_j^{(2)} \cup \ldots \cup \lambda_k w_j^{(k)} = \left(1 - \prod_{k=1}^{K}\left(1 - t_j{}^{(w_k)}\right)^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^{K}\left(i_j{}^{(w_k)}\right)^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^{K}\left(f_j{}^{(w_k)}\right)^{\lambda_k}\right) \tag{15}$$

- Paso 4. Construcción de la matriz de decisión de valor único ponderada agregada

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{22} & \tilde{x}_{22} \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (16)$$

Donde cualquier elemento $\tilde{x}_{ij} = (\tilde{t}_{ij}, \tilde{\iota}_{ij}, \tilde{f}_{ij})$en particular representa la calificación de la alternativa A_i con respecto al criterio j y se determina de la siguiente manera:

$$\tilde{x}_{ij} = \lambda_1 x_{ij}^{(1)} \cup \lambda_2 x_{ij}^{(2)} \cup \dots \cup \lambda_k x_{ij}^{(k)} = \left(1 - \prod_{k=1}^{K}\left(1 - t_j^{(x_k)}\right)^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^{K}\left(i_j^{(x_k)}\right)^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^{K}\left(f_j^{(x_k)}\right)^{\lambda_k}\right) \quad (17)$$

- Paso 5. Determinar la matriz de decisión ponderada. Siguiendo la Ec. (3), la matriz de decisión ponderada se puede expresar como donde $D = \lfloor d_{ij} \rfloor, d = 1,2, \dots, m; j = 1,2, \dots, n, d_{ij} = \tilde{x}_{ij} * w_j$. Aplicando la ecuación 10, se puede calcular un solo elemento de la matriz de decisión ponderada

$$d_{ij} = t_{ij}^{\tilde{x}} t_j^{w}, i_{ij}^{\tilde{x}} + i_j^{w} - i_{ij}^{\tilde{x}} i_j^{w}, f_{ij}^{\tilde{x}} + f_j^{w} - f_{ij}^{\tilde{x}} f_j^{w} \quad (18)$$

- Paso 6. Realice la sumatoria de los valores para el beneficio. Sea $L_+ = \{1,2, \dots, L_{max}\}$un conjunto de criterios a maximizar. Entonces se puede determinar el índice del beneficio para cada alternativa

$$P_{+i} = \sum_{j=1}^{L_{max}} d_{+ij} \quad (19)$$

Donde esta suma de los números neutrosóficos de valor único se realiza aplicando la ecuación 9.

- Paso 7. Realice la suma de los valores para el costo. Sea $L_- = \{1,2, \dots, L_{min}\}$ un conjunto de criterios a minimizar. Entonces se puede determinar el índice del costo de cada alternativa

$$P_{-i} = \sum_{j=1}^{L_{min}} d_{-ij} \quad (20)$$

- Paso 8. Determine el valor mínimo de P_{-i}.
- Paso 9. Determinar el valor de puntuación de cada alternativa Q_i. Al principio los valores de puntaje se calculan a partir de los valores agregados para el beneficio y el costo, $S(P_{+i})$ y $S(P_{-i})$ aplicando la ecuación 13. Los valores de puntaje de las alternativas se expresarán como:

$$Q_i = S(P_{+i}) + \frac{S(P_{-min}) \sum_{i=1}^{L_{min}} S(P_{-i})}{S(P_{-min}) \sum_{i=1}^{L_{min}} \frac{S(P_{-min})}{S(P_{-i})}} \quad (21)$$

- Paso 10. Determinar el criterio de optimalidad K para las alternativas:

$$K = max_i Q_i; i = 1,2, \dots, m \quad (22)$$

- Paso 11. Determinar la prioridad de las alternativas Q_i. El mayor valor de puntaje para la alternativa corresponde a la mayor prioridad (rango) de la alternativa.

4 Caso de estudio

El insulinoma es el tumor neuroendocrino funcionante más frecuente del páncreas, siendo su incidencia de 1-2 casos por 106/habitantes al año. Es un tumor originado principalmente a partir de las células de los islotes pancreáticos que produce insulina en exceso. Tiene baja incidencia (4/1 millón de personas al año), pero es el tumor pancreático endocrino funcionante más frecuente (40 %). La mayor parte de estos tumores son únicos, benignos y de pequeño tamaño (alrededor de 2 cm de diámetro). Los malignos (5 a 10 %) suelen ser mayores de 2,5 cm. Habitualmente se presenta en la quinta y sexta década de la vida y es más frecuente en mujeres que en hombres (2:1). El 8-10 % se asocia a neoplasia endocrina múltiple tipo I en cuyo caso suelen ser múltiples. La localización de los insulinomas es casi exclusiva del páncreas y el 80 % son menores de 2 cm. Sólo de forma excepcional se han descrito localizaciones ectópicas.

Para el desarrollo del estudio se consideran tres alternativas de tratamiento a la enfermedad maligna, para lo que se suponen cuatro criterios de evaluación. Los datos son analizados por 5 expertos en el caso, que analizan las alternativas de selección en base a los criterios analizados. Se considera que los expertos tienen igual grado de importancia. El vector de pesos de los criterios es obtenido mediante las evaluaciones realizadas por los expertos teniendo en cuenta los valores proporcionados en la tabla 1. De esta manera, la tabla 2 muestra el vector de pesos obtenido tras la aplicación de la ecuación 15.

Vector de pesos	SVNN
w_1	(0.82671;0.17329;0.15157)

w_2	(0.83428;0.16572;0.15849)
w_3	(0.79186;0.20814;0.17411)
w_4	(0.82671;0.17329;0.15157)

Tabla 2: Vector de pesos de los criterios analizados. Fuente: Elaboración propia

La evaluación de las alternativas es realizada teniendo en cuenta los valores mostrados en la tabla 1. Todos los datos iniciales son transformados en conjuntos neutrosóficos. Las evaluaciones realizadas por los expertos se muestran en la tabla 3.

			Criterio 1		
Alternativas	K1	K2	K3	K4	K5
Estreptozotocina	(0.75,0.25,0.2)	(0.5,0.5,0.5)	(0.5,0.5,0.5)	(0.75,0.25,0.2)	(0.75,0.25,0.2)
Estreptozotocina más fluorouracilo	(0.9,0.1,0.1)	(0.5,0.5,0.5)	(0.9,0.1,0.1)	(0.5,0.5,0.5)	(0.9,0.1,0.1)
Propranolol	(0.9,0.1,0.1)	(0.9,0.1,0.1)	(0.75,0.25,0.2)	(0.9,0.1,0.1)	(0.9,0.1,0.1)
			Criterio 2		
Alternativas	K1	K2	K3	K4	K5
Estreptozotocina	(0.5,0.5,0.5)	(0.75,0.25,0.2)	(0.5,0.5,0.5)	(0.75,0.25,0.2)	(0.9,0.1,0.1)
Estreptozotocina más fluorouracilo	(0.5,0.5,0.5)	(0.5,0.5,0.5)	(0.5,0.5,0.5)	(0.5,0.5,0.5)	(0.5,0.5,0.5)
Propranolol	(0.9,0.1,0.1)	(0.5,0.5,0.5)	(0.9,0.1,0.1)	(0.5,0.5,0.5)	(0.9,0.1,0.1)
			Criterio 3		
Alternativas	K1	K2	K3	K4	K5
Estreptozotocina	(0.35,0.75,0.8)	(0.35,0.75,0.8)	(0.35,0.75,0.8)	(0.35,0.75,0.8)	(0.35,0.75,0.8)
Estreptozotocina más fluorouracilo	(0.35,0.75,0.8)	(0.35,0.75,0.8)	(0.35,0.75,0.8)	(0.35,0.75,0.8)	(0.35,0.75,0.8)
Propranolol	(0.5,0.5,0.5)	(0.75,0.25,0.2)	(0.5,0.5,0.5)	(0.75,0.25,0.2)	(0.5,0.5,0.5)
			Criterio 4		
Alternativas	K1	K2	K3	K4	K5
Estreptozotocina	(0.5,0.5,0.5)	(0.75,0.25,0.2)	(0.5,0.5,0.5)	(0.75,0.25,0.2)	(0.9,0.1,0.1)
Estreptozotocina más fluorouracilo	(0.5,0.5,0.5)	(0.5,0.5,0.5)	(0.5,0.5,0.5)	(0.5,0.5,0.5)	(0.5,0.5,0.5)
Propranolol	(0.9,0.1,0.1)	(0.5,0.5,0.5)	(0.9,0.1,0.1)	(0.5,0.5,0.5)	(0.9,0.1,0.1)

Tabla 3: Evaluación realizada por los expertos de las alternativas de decisión con respecto a los criterios de evaluación. Fuente: Elaboración propia

A partir de las evaluaciones realizadas por los expertos, se realizan las transformaciones necesarias para obtener la matriz de decisión. Para ello se emplea la ecuación 17. La tabla 4, muestra los resultados obtenidos tras la aplicación del procedimiento señalado.

Alternativas	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4
Estreptozotocina	(0.67,0.33,0.289)	(0.725,0.275,0.251)	(0.35,0.75,0.8)	(0.725,0.275,0.251)
Estreptozotocina más fluorouracilo	(0.81,0.19,0.19)	(0.5,0.5,0.5)	(0.35,0.75,0.8)	(0.5,0.5,0.5)
Propranolol	(0.88,0.12,0.115)	(0.81,0.19,0.19)	(0.621,0.379,0.347)	(0.81,0.19,0.19)

Tabla 4: Matriz de decisión inicial. Fuente: Elaboración propia

La matriz de decisión inicial, permite la obtención de la matriz de decisión ponderada, la cual se construye aplicando la ecuación 19 y se presenta en la tabla 5.

Alternativas	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4
Estreptozotocina	(0.554;0.446;0.397)	(0.605;0.395;0.37)	(0.277;0.802;0.835)	(0.599;0.401;0.365)
Estreptozotocina más fluorouracilo	(0.67;0.33;0.313)	(0.417;0.583;0.579)	(0.277;0.802;0.835)	(0.413;0.587;0.576)
Propranolol	(0.728;0.272;0.249)	(0.676;0.324;0.318)	(0.492;0.508;0.461)	(0.67;0.33;0.313)

Tabla 5: Matriz de decisión ponderada. Fuente: Elaboración propia

En este punto, es necesario aclarar que los criterios 1 y 2 se consideran criterios de beneficio, por lo que se busca su maximización. Por el contrario, los criterios 3 y 4 se toman como criterios de costo, por lo que se considera un mayor beneficio su minimización. Teniendo esto en cuenta, se procede a la determinación de los coeficientes propuestos por el método analizado para seleccionar entre las alternativas.

Coeficientes	Estreptozotocina	Estreptozotocina más fluorouracilo	Propranolol
Pi+	(0.824;0.176;0.147)	(0.808;0.192;0.181)	(0.912;0.088;0.079)
Pi-	(0.71;0.322;0.305)	(0.576;0.471;0.481)	(0.832;0.168;0.144)
S(P+)	0.831	0.81075	0.91425
S(P-)	0.69	0.53825	0.838
Q	**1.497**	**1.664**	**1.462**

Tabla 6: Valores de Pi, S(P) y valor de puntuación Q para cada alternativa. Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los resultados presentados en la tabla 6, se puede observar que el método analizado indica que la alternativa de mayor preferencia de acuerdo a los expertos en la alternativa 2, referente al uso de Estreptozotocina más fluorouracilo. Como segunda alternativa más preferida se encuentra el uso de Estreptozotocina, mientras que el último lugar entre los tratamientos analizados lo constituye el uso de Propranolol. En tal contexto, se puede concluir que los expertos valoran que el uso de Estreptozotocina más fluorouracilo es el tratamiento más eficaz para el tratamiento de insulinoma maligno entre los analizados por el método desarrollado en el presente trabajo.

Conclusion

En el campo de las ciencias médicas se llevan a cabo constantemente un sinnúmero de procesos que conllevan a la toma de decisiones complejas y de diversos factores. El uso de métodos matemáticos, y especialmente, de métodos de resolución de problemas multicriterios es una herramienta de valor sin igual para muchos de los casos que se presentan.

El uso de la neutrosofía, como herramienta para la inclusión de las indeterminaciones en el proceso de toma de decisiones complejas de la vida real, es fundamental en este proceso. Mediante el desarrollo del presente estudio se realizó la aplicación del método COPRAS utilizando los aportes de la lógica neutrosófica para la selección de tratamientos insulinoma maligno. Como resultado de la aplicación del método se obtuvo una preferencia hacia el uso de Estreptozotocina más fluorouracilo como alternativa entre las analizadas.

La realización del presente estudio permitió verificar la efectividad y versatilidad de este método para su uso en diferentes ambientes y campos científicos. El uso de números neutrosóficos de valor único para llevar a cabo el análisis, permitió certificar el uso y aplicación prácticas de la lógica de conjuntos neutrosóficos. Se recomienda la adopción de otros métodos multicriterios asociados a los diferentes matices de la lógica neutrosófica para profundizar en el campo de estudio y su asociación con problemas de la vida real.

References

[1] R. Tan and W. Zhang, "Multiple attribute decision making method based on DEMATEL and fuzzy distance of trapezoidal fuzzy neutrosophic numbers and its application in typhoon disaster evaluation," *J. Intell. Fuzzy Syst.*, vol. 39, no. 3, pp. 3413–3439, 2020.

[2] M. Grida, R. Mohamed, and A. H. Zaid, "A novel plithogenic MCDM framework for evaluating the performance of IoT based supply chain," *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 33, no. 1, pp. 323–341, 2020.

[3] L. Zadeh, G. Klir, and B. Yuan, *Conjuntos difusos, lógica difusa y sistemas difusos: artículos seleccionados*, Vol. 6. World Scientific, 1996.

[4] D. Dubois and H. Prade, "Fuzzy sets in approximate reasoning, Part 1: Inference with possibility distributions," *Fuzzy*

sets Syst., vol. 40, no. 1, pp. 143–202, 1991.

[5] P. K. Maji, R. Biswas, and A. R. Roy, "Intuitionistic fuzzy soft sets," *J. fuzzy Math.*, vol. 9, no. 3, pp. 677–692, 2001.

[6] A. Yazdani-Chamzini, "An integrated fuzzy multi criteria group decision making model for handling equipment selection," *J. Civ. Eng. Manag.*, vol. 20, no. 5, pp. 660–673, 2014.

[7] D. Yu, "Intuitionistic fuzzy prioritized operators and their application in multi-criteria group decision making," *Technol. Econ. Dev. Econ.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–21, 2013.

[8] F. Smarandache, *Introduction to neutrosophic measure, neutrosophic integral, and neutrosophic probability*. Craiova: Sitech, 2013.

[9] F. Smarandache, "Neutrosophic set – A generalization of the intuitionistic fuzzy set," *Neutrosophic Probab. set, Log.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–15, 1995.

[10] H. Zhang, J. Wang, and X. Chen, "Interval neutrosophic sets and their application in multicriteria decision making problems," *Sci. World J.*, vol. 2014, 2014.

[11] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Rev. Air Force Acad.*, vol. 17, no. 1, pp. 10–14, 2010.

[12] P. Biswas, S. Pramanik, and B. C. Giri, "Entropy based grey relational analysis method for multi-attribute decision making under single valued neutrosophic assessments," *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 2, no. 1, pp. 102–110, 2014.

[13] D. Zhang, M. Zhao, G. Wei, and X. Chen, "Single-valued neutrosophic TODIM method based on cumulative prospect theory for multi-attribute group decision making and its application to medical emergency management evaluation," *Econ. Res. Istraživanja*, pp. 1–17, 2021, [Online]. Available: https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/1331677X.2021.2013914?needAccess=true.

[14] D. Stanujkic, E. K. Zavadskas, F. Smarandache, W. K. M. Brauers, and D. Karabasevic, "A neutrosophic extension of the MULTIMOORA method," *Informatica*, vol. 28, no. 1, pp. 181–192, 2017.

[15] J. Ye, "A multicriteria decision-making method using aggregation operators for simplified neutrosophic sets.," *J. Intell. Fuzzy Syst.*, vol. 26, no. 5, pp. 2459–2466, 2014.

[16] A. Baušys, Romualdas Zavadskas, Edmundas Kazimieras; Kaklauskas, "Application of neutrosophic set to multicriteria decision making by COPRAS.," *Econ. Comput. Econ. Cybern. Stud. Res.*, vol. 49, no. 2, pp. 91–106, 2015.

[17] E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, and V. Sarka, "The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects," *Technol. Econ. Dev. Econ.*, vol. 1, no. 3, pp. 131–139, 1994.

[18] J. Peng, J. Wang, H. Zhang, and X. Chen, "An outranking approach for multi-criteria decision-making problems with simplified neutrosophic sets," *Appl. Soft Comput.*, vol. 25, pp. 336–346, 2014.

[19] H. Zhang, J. Wang, and X. Chen, "An outranking approach for multi-criteria decision-making problems with interval-valued neutrosophic sets," *Neural Comput. Appl.*, vol. 27, no. 3, pp. 615–627, 2016.

[20] R. Şahin and A. Küçük, "Subsethood measure for single valued neutrosophic sets," *J. Intell. Fuzzy Syst.*, vol. 29, no. 2, pp. 525–530, 2015.

Recibido: Mayo 31, 2022. **Aceptado:** Junio 26, 2022