



Estrategias para reducir la mortalidad fetal en embarazos adolescentes

Strategies to reduce fetal mortality in adolescent pregnancies

Monica Gabriela Chachalo Sandoval¹, Yesenia Mishell Revelo Requena², Scarleth Samantha Congo Méndez³, and Monica Priscila Pazmiño Imbaquingo⁴

¹ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra, Ecuador. monicacs48@uniandes.edu.ec

² Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra, Ecuador. di.yeseniamr16@uniandes.edu.ec

³ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra, Ecuador. scarlethcm62@uniandes.edu.ec

⁴ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra, Ecuador. monicapi97@uniandes.edu.ec

Resumen. El estudio tuvo como objetivo evaluar y priorizar estrategias para reducir la mortalidad fetal en embarazos adolescentes en Ecuador, utilizando un enfoque innovador que combinó métodos de decisión multicriterio y lógica neutrosófica. Se analizaron datos secundarios de fuentes oficiales, correspondientes al período 2019-2022. La lógica neutrosófica permitió manejar la incertidumbre y la vaguedad presentes en los datos, mientras que el método TOPSIS facilitó la priorización de estrategias bajo criterios de evaluación. Los resultados mostraron que el fortalecimiento de programas de educación sexual integral fue la estrategia más efectiva, con un coeficiente de proximidad superior, destacando su adaptabilidad a contextos socioculturales diversos. Otras intervenciones, mostraron potencial, pero enfrentaron limitaciones en su viabilidad técnica y sostenibilidad. La aplicación de la lógica neutrosófica permitió integrar diferentes variables, ofreciendo una evaluación más completa y realista de las estrategias. El estudio demostró la utilidad de los métodos multicriterio y la lógica neutrosófica para abordar problemas complejos en salud pública, donde la información es incompleta o contradictoria. Estos enfoques no solo permitieron priorizar intervenciones de manera sistemática, sino también identificar áreas de mejora y oportunidades para futuras investigaciones. Los hallazgos aportaron un marco metodológico robusto para la toma de decisiones en contextos dinámicos, contribuyendo al diseño de políticas públicas más efectivas y adaptadas a las necesidades de poblaciones vulnerables.

Palabras Claves: lógica neutrosófica, métodos multicriterio, mortalidad fetal, embarazo adolescente, TOPSIS, salud pública, Ecuador

Abstract. The study aimed to evaluate and prioritize strategies to reduce fetal mortality in adolescent pregnancies in Ecuador, using an innovative approach that combined multi-criteria decision-making methods and neutrosophic logic. Secondary data from official sources corresponding to the period 2019-2022 were analyzed. Neutrosophic logic allowed for the management of uncertainty and vagueness present in the data, while the TOPSIS method facilitated the prioritization of strategies based on evaluation criteria. The results showed that strengthening comprehensive sexual education programs was the most effective strategy, with a higher proximity coefficient, highlighting its adaptability to diverse sociocultural contexts. Other interventions showed potential but faced limitations in their technical feasibility and sustainability. The application of neutrosophic logic enabled the integration of different variables, providing a more comprehensive and realistic evaluation of the strategies. The study demonstrated the usefulness of multi-criteria methods and neutrosophic logic in addressing complex public health problems, where information is incomplete or contradictory. These approaches not only allowed for the systematic prioritization of interventions but also identified areas for improvement and opportunities for future research. The findings provided a robust methodological framework for decision-making in dynamic contexts, contributing to the design of more effective and adaptive public policies tailored to the needs of vulnerable populations.

Keywords: neutrosophic logic, multi-criteria methods, fetal mortality, adolescent pregnancy, TOPSIS, public health, Ecuador

1 Introducción

La mortalidad fetal, definida como la muerte intrauterina ocurrida después de las 20 semanas de gestación o con un peso fetal superior a 500 gramos, representa uno de los desafíos más críticos en salud pública a nivel global

[1]. Según estimaciones recientes, de los 7.6 millones de muertes perinatales anuales, el 57% corresponde a casos de mortalidad fetal, lo que equivale a más de dos millones de fetos nacidos sin vida cada año, o un fallecimiento cada 16 segundos.[2,13] Esta problemática adquiere dimensiones alarmantes en países de ingresos bajos y medios, donde se concentra el 84% de estos decesos, como en Ecuador, un país con marcadas desigualdades en acceso a servicios de salud materna.[3]

A esta realidad se suma el embarazo adolescente, fenómeno que afecta a niñas entre 10 y 19 años, grupo en el que anualmente se registran 16 millones de casos a nivel global, con una tasa de 66.5 nacimientos por cada 1,000 adolescentes en Latinoamérica [4]. La convergencia de ambos factores —mortalidad fetal y embarazo adolescente— configura un escenario de alta vulnerabilidad biológica y social, donde las complicaciones obstétricas, como la preeclampsia, el parto pretérmino y las infecciones intrauterinas, se exacerban debido a la inmadurez fisiológica de las gestantes, incrementando el riesgo de desenlaces fatales.[5]

Además de las consecuencias emocionales y psicológicas para las familias, la mortalidad fetal en adolescentes perpetúa ciclos de pobreza y desigualdad de género, limitando el desarrollo educativo y económico de las jóvenes [6,14]. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha destacado que, pese a los avances en atención prenatal, las estrategias actuales no han logrado reducir significativamente estas cifras, particularmente en contextos con sistemas sanitarios fragmentados y escasos recursos. La complejidad del problema demanda enfoques innovadores que integren variables diversas, así como la gestión de incertidumbres inherentes a sistemas sanitarios con datos incompletos o contradictorios.

La toma de decisiones en salud pública, especialmente en escenarios con alta indeterminación, ha recurrido tradicionalmente a herramientas como la lógica difusa, que permite manejar grados de certeza parcial en las variables de estudio [7]. Sin embargo, estos modelos suelen enfrentar limitaciones al operar en contextos donde coexisten contradicciones, información ambigua o múltiples fuentes de incertidumbre simultáneas. Recientemente, la lógica neutrosófica ha emergido como un marco teórico prometedor, al extender la lógica difusa incorporando un tercer componente —la indeterminación (I)—, lo que permite modelar sistemas donde T (verdad), F (falsedad) e I no son excluyentes, sino que coexisten en grados variables [8,15]. Esta capacidad resulta crucial para priorizar intervenciones en entornos con datos fragmentados.

La integración de métodos de toma de decisiones multicriterio con lógica neutrosófica ha demostrado potencial en áreas afines. Estudios recientes, han aplicado modelos neutrosóficos para evaluar políticas sanitarias en regiones con alta disparidad socioeconómica, logrando incorporar variables subjetivas junto a datos clínicos objetivos [9]. La mortalidad fetal en adolescentes no solo refleja fallas en los sistemas de salud, sino también inequidades estructurales que requieren soluciones transdisciplinarias. Al fusionar lógica neutrosófica con métodos de decisión, se propone un modelo adaptable a realidades heterogéneas, capaz de procesar información incompleta y conflictiva, común en países con recursos limitados. Socialmente, esto podría traducirse en políticas más inclusivas que consideren tanto aspectos médicos como culturales, mientras que, científicamente, aportaría un marco metodológico replicable para otros problemas de salud pública con alta complejidad e indeterminación.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar y priorizar estrategias para reducir la mortalidad fetal en embarazos adolescentes mediante un enfoque neutrosófico que integre criterios clínicos, sociales y operativos. Para ello, se identificarán variables críticas asociadas al fenómeno y se analizarán intervenciones existentes bajo parámetros de certeza e indeterminación.

2. Antecedentes y fundamentos de la neutrosofía

Definición 1[9]. Sea X un universo de discurso. Un Conjunto Neutrosófico (CN) está caracterizado por tres funciones de pertenencia, $u_A(x), r_A(x), v_A(x): X \rightarrow]0,1^+[$, que satisfacen la condición $-0 \leq \inf u_A(x) + \inf r_A(x) + \inf v_A(x) \sup u_A(x) + \sup r_A(x) + \sup v_A(x) \leq 3^+$ para todo $x \in X$. $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$ denotan las funciones de pertenencia a verdadero, indeterminado y falso de x en A , respectivamente, y sus imágenes son subconjuntos estándares o no estándares de $]0,1^+[$. [10]

Definición 2. Sea X un universo de discurso. Un Conjunto Neutrosófico de Valor Único (CNVU) A sobre X es un objeto de la forma:

$$A = \{ \langle x, u_A(x), r_A(x), v_A(x) \rangle : x \in X \} \quad (1)$$

Donde $u_A, r_A, v_A: X \rightarrow [0,1]$, satisfacen la condición $0 \leq u_A(x), r_A(x), v_A(x) \leq 3$ para todo $x \in X$. $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$ denotan las funciones de pertenencia a verdadero, indeterminado y falso de x en A , respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un Número Neutrosófico de Valor Único (NNVU) será expresado como $A = (a, b, c)$, donde $a, b, c \in [0,1]$ y satisface $0 \leq a + b + c \leq 3$.

Los CNVU surgieron con la idea de aplicar los conjuntos neutrosóficos con fines prácticos. Algunas operaciones entre NNVU se expresan a continuación:

1. Dados $A_1 = (a_1, b_1, c_1)$ y $A_2 = (a_2, b_2, c_2)$ dos NNVU se tiene que la suma entre A_1 y A_2 se define como:

$$A_1 \oplus A_2 = (a_1 + a_2 - a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2) \quad (2)$$

2. Dados $A_1 = (a_1, b_1, c_1)$ y $A_2 = (a_2, b_2, c_2)$ dos NNVU se tiene que la multiplicación entre A_1 y A_2 se define como:

$$A_1 \otimes A_2 = (a_1 a_2, b_1 + b_2 - b_1 b_2, c_1 + c_2 - c_1 c_2) \quad (3)$$

3. El producto por un escalar positivo con un NNVU, $A = (a, b, c)$ se define por:

$$A = (1 - (1 - a), b, c) \quad (4)$$

4. Sea $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ un conjunto de n NNVU, donde $A_j = (a_j, b_j, c_j)$ ($j = 1, 2, \dots, n$), entonces el Operador de *Media Ponderada Neutrosófica de Valor Único* (MPNVU) sobre el conjunto se calcula por la Ecuación siguiente:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j A_j = \left(1 - \prod_{j=1}^n (1 - a_j)^{\lambda_j}, \prod_{j=1}^n b_j^{\lambda_j}, \prod_{j=1}^n c_j^{\lambda_j} \right) \quad (5)$$

Donde λ_j es el peso de A_j , $\lambda_j \in [0, 1]$ y $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$.

Definición 3. Sea $A^* = (A_1^*, A_2^*, \dots, A_n^*)$ un vector de n NNVU tal que $A_j^* = (a_j^*, b_j^*, c_j^*)$ ($j = 1, 2, \dots, n$) y $B_i = (B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im})$ ($i = 1, 2, \dots, m$) son m vectores de n NNVU tales que $B_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ($i = 1, 2, \dots, m$) ($j = 1, 2, \dots, n$). Entonces la Medida de Separación entre los B_i y A^* se calcula por la Ecuación siguiente:

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

Donde $i=(1,2,\dots,m)$

Definición 4. Sea $A = (a, b, c)$ un NNVU, la función de puntuación S de un NNVU, basada en el grado de pertenencia verdadero, el grado de pertenencia indeterminado y el grado de pertenencia falso se define por la Ecuación siguiente:

$$S(A) = \frac{1 + a - 2b - c}{2} \quad (7)$$

Donde $S(A) \in [-1, 1]$

En este artículo se asociarán términos lingüísticos con NNVU, de tal manera que los expertos puedan llevar a cabo sus evaluaciones en términos lingüísticos, lo que resulta más natural. Por tanto, se tendrán en cuenta las escalas que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Términos lingüísticos empleados

Término lingüístico	NNVU
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Buena (B)	(0.70, 0.25, 0.30)
Media (M)	(0.50, 0.50, 0.50)
Mala (MA)	(0.30, 0.75, 0.70)
Muy muy mala (MMM)	(0.10, 0.90, 0.90)

Fuente: [11]

2.1. Método TOPSIS para SVNS [12]

Suponiendo que $A = \{\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_m\}$ es un conjunto de alternativas y $G = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$ es un conjunto de criterios, se llevarán a cabo los pasos siguientes:

Paso 1: Determinar la importancia relativa de los expertos. Para ello los especialistas evalúan según la escala lingüística que aparece en la Tabla 1, y se realizan los cálculos con su NNVU asociado, llámese $A_t = (a_t, b_t, c_t)$ al SVNS correspondiente al t -ésimo decisor ($t = 1, 2, \dots, k$). El peso se calcula por la fórmula siguiente:

$$\delta_t = \frac{a_t + b_t \left(\frac{a_t}{a_t + c_t} \right)}{\sum_{t=1}^k a_t + b_t \left(\frac{a_t}{a_t + c_t} \right)} \quad (8)$$

$$\delta_t \geq 0 \text{ and } \sum_{t=1}^k \delta_t = 1$$

Paso 2: Construcción de la matriz de decisión neutrosófica de valores únicos agregados. Esta matriz se define por $D = \sum_{t=1}^k \lambda_t D^t$, donde $d_{ij} = (u_{ij}, r_{ij}, v_{ij})$ y se utiliza para agregar todas las evaluaciones individuales. d_{ij} se calcula como la agregación de las evaluaciones dadas por cada experto $(u_{ij}^t, r_{ij}^t, v_{ij}^t)$, utilizando los pesos λ_t de cada uno con ayuda de la Ecuación 5. De esta manera se obtiene una matriz $D = (d_{ij})_{ij}$, donde cada d_{ij} es un NNVU ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$).

Paso 3: Determinación del Peso de los Criterios. Supóngase que el peso de cada criterio está dado por $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, donde w_j denota la importancia relativa al criterio $\lambda_t w_j^t = (a_j^t, b_j^t, c_j^t)$. Si es la evaluación del criterio λ_t por el t -ésimo experto. Entonces se utiliza la Ecuación 5, para agregar los w_j^t con los pesos λ_t .

Paso 4: Construcción de la matriz de decisión neutrosófica de la media ponderada de valores únicos con respecto a los criterios.

$$D^* = D * W, \quad (9)$$

$$\text{donde } d_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$$

Paso 5: Cálculo de las soluciones ideales NNVU positiva y negativa. Los criterios pueden ser clasificados como de tipo costo o tipo beneficio. Sea G_1 el conjunto de criterios tipo beneficios y G_2 los criterios tipo costo. Las alternativas ideales se definirán de la siguiente forma:

La solución ideal positiva, correspondientes a G_1 .

$$\rho^+ = (a_{\rho^+}, b_{\rho^+}, c_{\rho^+}) \quad (10)$$

La solución ideal negativa, correspondientes a G_2 .

$$\rho^- = (a_{\rho^-}, b_{\rho^-}, c_{\rho^-}) \quad (11)$$

Donde:

$$a_{\rho^+}(\beta_j) = \begin{cases} \max_i a_{\rho_{iw}}(\beta_j), & \text{si } j \in G_1 \\ \min_i a_{\rho_{iw}}(\beta_j), & \text{si } j \in G_2, \end{cases} \quad a_{\rho^-}(\beta_j) = \begin{cases} \min_i a_{\rho_{iw}}(\beta_j), & \text{si } j \in G_1 \\ \max_i a_{\rho_{iw}}(\beta_j), & \text{si } j \in G_2, \end{cases}$$

$$b_{\rho^+}(\beta_j) = \begin{cases} \max_i b_{\rho_{iw}}(\beta_j), & \text{si } j \in G_1 \\ \min_i b_{\rho_{iw}}(\beta_j), & \text{si } j \in G_2, \end{cases} \quad b_{\rho^-}(\beta_j) = \begin{cases} \min_i b_{\rho_{iw}}(\beta_j), & \text{si } j \in G_1 \\ \max_i b_{\rho_{iw}}(\beta_j), & \text{si } j \in G_2, \end{cases}$$

$$c_{\rho^+}(\beta_j) = \begin{cases} \max_i c_{\rho_{iw}}(\beta_j), & \text{si } j \in G_1 \\ \min_i c_{\rho_{iw}}(\beta_j), & \text{si } j \in G_2, \end{cases} \quad c_{\rho^-}(\beta_j) = \begin{cases} \min_i c_{\rho_{iw}}(\beta_j), & \text{si } j \in G_1 \\ \max_i c_{\rho_{iw}}(\beta_j), & \text{si } j \in G_2, \end{cases}$$

Paso 6: Cálculo de las distancias a las soluciones ideales NNVU positiva y negativa. Con ayuda de la Ecuación 6, se calculan las ecuaciones siguientes:

$$d_i^+ = \left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^n \left\{ (a_{ij} - a_j^+)^2 + (b_{ij} - b_j^+)^2 + (c_{ij} - c_j^+)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

$$d_i^- = \left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^n \left\{ (a_{ij} - a_j^-)^2 + (b_{ij} - b_j^-)^2 + (c_{ij} - c_j^-)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

Paso 7: Cálculo del Coeficiente de Proximidad (CP). Se calcula el CP de cada alternativa respecto a las soluciones ideales positiva y negativa.

$$\tilde{\rho}_j = \frac{s^-}{s^+ + s^-} \quad (14)$$

Donde $0 \leq \tilde{\rho}_j \leq 1$.

Paso 8: Determinación del orden de las alternativas. Se ordenan acorde a lo alcanzado por $\tilde{\rho}_j$. Las alternativas están ordenadas de mayor a menor, con la condición de que $\tilde{\rho}_j \rightarrow 1$ sea la solución óptima.

3. Resultados

Se realizó un estudio observacional, retrospectivo y descriptivo mediante la revisión y análisis de datos secundarios. La población de estudio a partir de los análisis de datos utilizados, estuvo conformada por adolescentes embarazadas de 10 a 19 años del Ecuador en el año 2019 hasta el 2022. Como fuente de información se utilizaron los datos del Fondo de la Población de las Naciones Unidas, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Registro Estadístico de Nacidos Vivos y Defunciones fetales del Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Estos informes contienen información recopilada a nivel nacional sobre la monitorización de muertes fetales y el embarazo adolescente.

El análisis de los datos reveló que, durante el período analizado, se registraron 191.205 embarazos en adolescentes de 10 a 19 años, con un máximo de 52.121 casos en 2019 y una disminución gradual hasta 41.794 en 2022. Esta reducción interanual del 27.3% al 21.8% en la proporción de embarazos adolescentes respecto al total nacional coincidió con un descenso paralelo en las muertes fetales, que pasaron de 6.420 casos en 2019 a 1.786 en 2022. Sin embargo, la tasa de mortalidad fetal mostró una variabilidad notable: mientras en 2019 alcanzó el 16.04%, en 2022 se redujo al 3.9%, correlacionándose inversamente con el aumento de nacidos vivos, que llegó a 46.994 en 2021. Ver Tabla 2.

Desde una perspectiva sociodemográfica, el grupo etario más afectado fue el de 19 años, con 52.917 casos (27.7% del total). A nivel educativo, el 56.73% de las gestantes solo completó la educación básica, y menos del 1% alcanzó estudios superiores. Geográficamente, la región Costa concentró el 48% de los embarazos, destacándose la provincia del Guayas con 4.985 casos, seguida de Pichincha (1.606) y Sucumbíos (936). Además, el 69.83% de las adolescentes residían en áreas urbanas, aunque las muertes fetales fueron proporcionalmente más altas en zonas rurales, donde el acceso a servicios de salud es limitado.

Respecto a las complicaciones obstétricas, los trastornos hipertensivos emergieron como la principal causa de mortalidad fetal (47.7%), seguidos de anemia (19.7%) y hemorragia (15.7%). Estos factores mostraron una distribución heterogénea según la edad gestacional: el 37.5% de las muertes ocurrieron en pretérmino extremo (20-27.6 semanas), y el 23.5% en embarazos a término (>37 semanas). La semana 24 de gestación registró la mayor incidencia de decesos (979 casos), sugiriendo vulnerabilidades críticas durante el segundo trimestre.

Tabla 2: Relación entre embarazos adolescentes y tasa de mortalidad fetal (2019-2022).

Año	Embarazos adolescentes	Tasa mortalidad fetal (%)
2019	52.121	16.04
2020	51.810	11.6
2021	45.480	8.83
2022	41.794	3.9

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

La reducción en las tasas de mortalidad fetal, aunque alentadora, enmascara disparidades regionales y estructurales. Por ejemplo, en la región Costa, donde se registró el 48% de los embarazos, ocurrieron el 52.3% de las muertes fetales, asociadas a barreras en el acceso a controles prenatales especializados. Por el contrario, en la Amazonía, pese a una menor carga absoluta de casos (3.00 muertes fetales), la escasez de infraestructura sanitaria exacerbó las complicaciones prevenibles, como la anemia y la retención de placenta.

Estos hallazgos subrayaron dos desafíos interconectados: primero, la necesidad de intervenciones diferenciadas según el contexto geográfico y sociocultural; segundo, la urgencia de abordar las complicaciones médicas prevenibles. En tal sentido, se propuso un grupo de estrategias comunitarias enfocadas en abordar de manera integral los factores que contribuyen a la mortalidad fetal en embarazos adolescentes. Preliminarmente se proponen las estrategias siguientes:

1. Fortalecimiento de programas de educación sexual integral en escuelas y comunidades, con enfoque en regiones de alta prevalencia (Costa, Guayas).
2. Implementación de protocolos estandarizados para detección temprana de trastornos hipertensivos en el primer trimestre, con capacitación a personal médico y equipamiento básico en centros de salud.

3. Distribución gratuita de suplementos nutricionales (hierro, ácido fólico) en adolescentes embarazadas, priorizando zonas rurales y áreas con altas tasas de anemia.
4. Expansión de servicios de telemedicina prenatal en la Amazonía y regiones con acceso limitado a especialistas.
5. Creación de redes comunitarias de apoyo para seguimiento de embarazos en áreas urbanas marginadas, integrando líderes locales y trabajadores de salud.

Estas estrategias serán evaluadas y priorizadas mediante el método TOPSIS, considerando cuatro criterios: costo-efectividad (CE), que mide la relación entre el impacto esperado y los recursos económicos necesarios; el impacto poblacional (IP), que estima el número de adolescentes beneficiadas directa o indirectamente, basado en la distribución geográfica de los casos; la reducción de mortalidad fetal (RMF), que evalúa el potencial para disminuir decesos según complicaciones obstétricas prioritarias; y la sostenibilidad temporal (ST) que considera la durabilidad de la estrategia a mediano plazo (3-5 años); y la aceptación cultural (AC), que valora la adaptación de las estrategias a las normas y prácticas locales, asegurando su adopción y efectividad en contextos diversos.

El análisis se realizó con un panel de cinco expertos, a quienes se les asignó el mismo nivel de importancia en la evaluación. Cada experto evaluó las estrategias propuestas en función de los criterios previamente definidos. A partir de estas evaluaciones, se construyó la matriz de decisiones, la cual sirvió como base para aplicar el método TOPSIS. En la Tabla 3 se presenta la matriz inicial, que refleja el promedio de las evaluaciones obtenidas de los expertos.

Tabla 3: Matriz de decisión inicial.

Alternativas	CE	IP	RMF	ST	AC
Estrategia 1	(0.306,0.778,0.819)	(0.9,0.1,0.1)	(0.81,0.19,0.19)	(0.856,0.144,0.132)	(0.9,0.1,0.1)
Estrategia 2	(0.834,0.166,0.158)	(0.801,0.199,0.182)	(0.856,0.144,0.132)	(0.827,0.173,0.152)	(0.75,0.25,0.2)
Estrategia 3	(0.827,0.173,0.152)	(0.761,0.239,0.209)	(0.761,0.239,0.209)	(0.856,0.144,0.132)	(0.827,0.173,0.152)
Estrategia 4	(0.67,0.33,0.289)	(0.685,0.315,0.302)	(0.801,0.199,0.182)	(0.75,0.25,0.2)	(0.827,0.173,0.152)
Estrategia 5	(0.827,0.173,0.152)	(0.761,0.298,0.21)	(0.75,0.25,0.2)	(0.856,0.144,0.132)	(0.856,0.144,0.132)

Fuente: Elaboración propia

Cada criterio de evaluación fue evaluado para determinar el peso de importancia relativa con respecto a los demás criterios. Para ello se emplearon los términos lingüísticos mostrados en la tabla 1. El vector de pesos de los criterios se muestra en la tabla 5.

Tabla 5: Vector de pesos de los criterios evaluados.

Criterio	Peso del criterio
CE	(0.88;0.12;0.115)
IP	(0.713;0.287;0.24)
RMF	(0.856;0.144;0.132)
ST	(0.67;0.33;0.289)
AC	(0.621;0.379;0.347)

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos, fue posible elaborar la matriz ponderada de decisión agregada, la cual se presenta en la Tabla 6. Esta matriz integra las evaluaciones de los expertos, considerando los pesos asignados a cada criterio, y representa un paso fundamental en la aplicación del método para priorizar las estrategias de manera sistemática y basada en evidencia.

Tabla 6: Matriz ponderada de decisión agregada.

Alternativas	CE	IP	RMF	ST	AC
Estrategia 1	(0.269;0.805;0.84)	(0.642;0.358;0.316)	(0.693;0.307;0.297)	(0.574;0.426;0.383)	(0.559;0.441;0.412)

Alternativas	CE	IP	RMF	ST	AC
Estrategia 2	(0.734;0.266;0.255)	(0.571;0.429;0.378)	(0.733;0.267;0.247)	(0.554;0.446;0.397)	(0.466;0.534;0.478)
Estrategia 3	(0.728;0.272;0.25)	(0.543;0.457;0.399)	(0.651;0.349;0.313)	(0.574;0.426;0.383)	(0.514;0.486;0.446)
Estrategia 4	(0.59;0.41;0.371)	(0.488;0.512;0.47)	(0.686;0.314;0.29)	(0.503;0.498;0.431)	(0.514;0.486;0.446)
Estrategia 5	(0.728;0.272;0.25)	(0.543;0.499;0.4)	(0.642;0.358;0.306)	(0.574;0.426;0.383)	(0.532;0.468;0.433)

Fuente: Elaboración propia

Estos datos permitieron obtener los valores ideales positivos y negativos para cada criterio, un paso esencial en el método. Con estos valores, se calcularon las distancias ideales, tanto hacia la solución ideal positiva como hacia la solución ideal negativa, lo que facilitó la determinación del coeficiente de proximidad para cada estrategia. La Tabla 7 presenta las distancias a los valores ideales positivo y negativo, así como los coeficientes de proximidad calculados, los cuales permiten establecer un ranking de priorización de las estrategias evaluadas.

Tabla 7: Distancias a los valores ideales y coeficientes de proximidad calculados.

Estrategias	d+	d-	CP
Fortalecimiento de programas de educación sexual integral en escuelas y comunidades, con enfoque en regiones de alta prevalencia	0.29	0.62	0.68
Implementación de protocolos estandarizados para detección temprana de trastornos hipertensivos en el primer trimestre, con capacitación a personal médico y equipamiento básico en centros de salud.	0.63	0.31	0.33
Distribución gratuita de suplementos nutricionales en adolescentes embarazadas, priorizando zonas rurales y áreas con altas tasas de anemia.	0.62	0.29	0.32
Expansión de servicios de telemedicina prenatal en la Amazonía y regiones con acceso limitado a especialistas.	0.53	0.31	0.37
Creación de redes comunitarias de apoyo para seguimiento de embarazos en áreas urbanas marginadas, integrando líderes locales y trabajadores de salud.	0.62	0.28	0.31

Fuente: Elaboración propia

La aplicación del método permitió obtener resultados claros y diferenciados sobre la priorización de las estrategias propuestas para reducir la mortalidad fetal. El análisis realizado reveló que la estrategia con mayor preferencia, de acuerdo al análisis de los expertos, fue el fortalecimiento de programas de educación sexual integral en escuelas y comunidades. Esto indicó su cercanía relativa a la solución ideal positiva y su potencial para generar un impacto significativo en regiones de alta prevalencia. Esta estrategia no solo mostró una distancia considerablemente menor hacia el ideal positivo, sino también una mayor lejanía del ideal negativo, destacando su eficacia en términos de costo-efectividad, aceptación cultural y reducción de mortalidad fetal.

Por otro lado, la expansión de servicios de telemedicina prenatal resultó la segunda opción más deseable, de acuerdo a los análisis realizados. Esta opción destacó por su adaptabilidad en zonas de difícil acceso, sin embargo, enfrentó desafíos en términos de infraestructura y conectividad.

La implementación de protocolos estandarizados para la detección temprana de trastornos hipertensivos y la distribución gratuita de suplementos nutricionales, por su parte, presentaron coeficientes de proximidad más bajos. Aunque ambas estrategias mostraron un enfoque prometedor en la atención médica directa, los datos indicaron limitaciones en su viabilidad técnica y sostenibilidad temporal, especialmente en regiones con recursos limitados.

Finalmente, la creación de redes comunitarias de apoyo obtuvo los resultados más bajos. Las redes comunitarias, aunque bien valoradas en términos de aceptación cultural, mostraron una menor capacidad para reducir la mortalidad fetal de manera directa.

Estos resultados evidenciaron que las estrategias con mayor impacto fueron aquellas que combinaron prevención primaria, educación y participación comunitaria. El fortalecimiento de programas de educación sexual emer-

gió como la opción más robusta, alineándose con los criterios de costo-efectividad, impacto poblacional y sostenibilidad. Estos resultados subrayan la importancia de abordar el problema desde un enfoque íntegro, priorizando intervenciones que no solo mitiguen las complicaciones médicas, sino que también empoderen a las comunidades para prevenir futuros embarazos adolescentes de alto riesgo.

4. Discusión

La aplicación de la lógica neutrosófica en combinación con métodos de decisión multicriterio demostró ser una herramienta poderosa para abordar problemas complejos y multifacéticos, como el abordado en este estudio. El enfoque utilizado permitió manejar de manera efectiva la incertidumbre, la vaguedad y las contradicciones inherentes a los datos y contextos analizados, ofreciendo una visión integradora y realista del problema. La capacidad de la lógica neutrosófica para trabajar con grados de verdad, falsedad e indeterminación de manera independiente resultó clave para modelar escenarios donde la información no siempre es precisa o completa, tal y como ocurre en los sistemas de salud. [16,17]

Los resultados obtenidos reflejaron que las estrategias con mayor impacto fueron aquellas que combinaron intervenciones preventivas y educativas. Esta estrategia no solo mostró un alto coeficiente de proximidad ($CP = 0.68$), sino que también destacó por su adaptabilidad a diferentes contextos geográficos y culturales. EL empleo de la lógica neutrosófica en este estudio permitió capturar la variabilidad en la aceptación cultural y la viabilidad técnica, factores que tradicionalmente son difíciles de cuantificar en modelos convencionales. Esto subrayó la importancia de considerar no solo los aspectos médicos, sino también los sociales y culturales, en el diseño de políticas públicas.

Por otro lado, estrategias más enfocadas en la atención médica directa, aunque necesarias, presentaron limitaciones en términos de sostenibilidad y alcance. Estas intervenciones, si bien abordaban complicaciones obstétricas específicas, mostraron una mayor distancia a los valores ideales positivos, lo que sugirió que su efectividad dependía en gran medida de la disponibilidad de recursos y de la capacidad de los sistemas de salud para implementarlas de manera consistente. En tal sentido, mediante el uso de la lógica neutrosófica se pudo identificar y ponderar estas limitaciones, ofreciendo una evaluación más matizada que en los métodos tradicionales. [18,19]

En conjunto, los resultados evidenciaron que el empleo de la neutrosofía en este estudio ofreció una perspectiva más completa y realista para la toma de decisiones en el ámbito estudiado. Este enfoque no solo permitió priorizar estrategias con base en su impacto potencial, sino también identificar las limitaciones y oportunidades de cada intervención en función de los contextos específicos. Asimismo, destacó la importancia de adoptar un enfoque integrador que combine prevención, educación y atención médica, reconociendo que las soluciones más efectivas son aquellas que abordan el problema desde múltiples ángulos.

5. Conclusión

El estudio permitió evaluar y priorizar estrategias para reducir la mortalidad fetal en embarazos adolescentes en Ecuador, utilizando un enfoque basado en métodos de decisión multicriterio y lógica neutrosófica. La aplicación del método TOPSIS en su versión neutrosófica facilitó el manejo de la incertidumbre y la vaguedad presentes en los datos, lo que permitió una evaluación más precisa y adaptativa de las estrategias propuestas. Este enfoque no solo consideró criterios cuantitativos, como la costo-efectividad y el impacto poblacional, sino también aspectos cualitativos, como la aceptación cultural y la sostenibilidad, lo que enriqueció el análisis y la toma de decisiones.

Los resultados evidenciaron que el fortalecimiento de programas de educación sexual integral en escuelas y comunidades fue la estrategia más efectiva, al mostrar un alto coeficiente de proximidad ($CP = 0.68$) y un impacto significativo en regiones de alta prevalencia. Esta estrategia destacó por su capacidad para abordar el problema desde la prevención primaria, combinando educación, participación comunitaria y adaptabilidad a contextos socioculturales diversos. Por otro lado, intervenciones más focalizadas en la atención médica, como la detección temprana de trastornos hipertensivos y la distribución de suplementos nutricionales, mostraron limitaciones en su viabilidad técnica y sostenibilidad, especialmente en zonas con recursos limitados.

El estudio demostró la utilidad de la lógica neutrosófica y los métodos multicriterio para abordar problemas complejos en salud pública, donde la información suele ser incompleta o contradictoria. Este enfoque no solo permitió priorizar estrategias de manera sistemática, sino también identificar áreas de mejora y oportunidades para futuras investigaciones. En conjunto, los hallazgos aportaron un marco metodológico completo para la toma de decisiones en contextos dinámicos y multifacéticos, contribuyendo al diseño de políticas públicas más efectivas y adaptadas a las necesidades de poblaciones vulnerables.

Referencias

- [1] J. S. Calle-Munzón, I. C. Mesa-Cano, A. A. Ramírez-Coronel, and E. G. Moyano-Brito, "Factores de riesgo de mortalidad neonatal: revisión sistemática," *Pro Sci. Rev. Prod. Ciencias E Investig.*, vol. 5, no. 40, pp. 312–329, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol5iss40.2021pp312-329>.

- [2] M. V. García, M. A. Cuberos, and M. Á. Vera, “Mortalidad fetal en madres adolescentes y adultas, un problema de salud pública,” *Salud Cienc.*, vol. 23, no. 5, pp. 1–10, 2019, [Online]. Available: <https://www.dx.doi.org/10.21840/siic/159548>.
- [3] M. J. A. Álvarez *et al.*, “La salud materna como indicador de las desigualdades sanitarias en el Ecuador,” *RECIAMUC*, vol. 8, no. 1, pp. 658–669, 2024, [Online]. Available: [https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.\(1\).ene.2024.658-669](https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.(1).ene.2024.658-669).
- [4] M. C. V. Zambrano and S. P. U. Saltos, “Educación sexual integral para la prevención del embarazo adolescente en el Centro de Salud San Bartolo,” *Rev. Investig. y Educ. en Salud*, vol. 2, no. 2, pp. 95–107, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.47230/unesum-salud.v2.n2.2023.95-107>.
- [5] E. G. S. Namicela, W. B. C. Bereche, and P. A. V. Rentería, “Complicaciones obstétricas en adolescentes primigestas con infección de vías urinarias,” *Rev. Conecta Lib. ISSN 2661-6904*, vol. 5, no. 2, pp. 62–71, 2021, [Online]. Available: <https://revistaitsl.itslibertad.edu.ec/index.php/ITSL/article/view/241>.
- [6] E. Martínez, G. Montero, and R. Zambrano, “El embarazo adolescente como un problema de salud pública en Latinoamérica,” *Rev. Espac.*, vol. 41, no. 47, pp. 1–10, 2020, [Online]. Available: <http://sistemasblandosxd.revistaespacios.com/a20v41n47/a20v41n47p01.pdf>.
- [7] N. Radwan, M. B. Senousy, and M. Alaa El Din, “Neutrosophic logic approach for evaluating learning management systems,” *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 3, pp. 3–7, 2016, [Online]. Available: https://books.google.com/cu/books?hl=es&lr=&id=KrIvDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=neutrosophic+and+fuzzy+systems&ots=5IK3DJTIF4&sig=Ws1146UzDF3lm02XJoX-DkMK9NM&redir_esc=y#v=onepage&q=neutrosophic and fuzzy systems&f=false.
- [8] M. M. Leonor, G. S. Easud, and P. P. Fernando, “Indeterminate Likert Scale in Social Sciences Research,” *Int. J. Neutrosophic Sci.*, vol. 19, no. 1, pp. 289–291, 2022, [Online]. Available: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=26926148&AN=160338894&h=VJatJhhFkX5VABp9J3uVm%2FP6FuTIQbuyROGDTYnE8E1Wbf5ssiS8Hw2g4s9ca7qEd0bygQUe97ZaOV9HYqn%2Beg%3D%3D&crl=c>.
- [9] M. V. A. Hidalgo, C. E. P. Hernández, and O. M. A. Pico, “Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de factores de riesgo que desencadenan desnutrición en niños,” *Neutrosophic Comput. Mach. Learn. ISSN 2574-1101*, vol. 23, pp. 219–226, 2022, [Online]. Available: <http://fs.unm.edu/NCML2/index.php/112/article/view/260>.
- [10] R. G. Ortega, M. L. Vázquez, J. A. S. Figueiredo, and A. Guijarro-Rodríguez, “Sinos river basin social-environmental prospective assessment of water quality management using fuzzy cognitive maps and neutrosophic AHP-TOPSIS,” *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 23, pp. 160–171, 2018, [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=K-eaDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA160&dq=Sinos+river+basin+social-environmental+prospective+assessment+of+water+quality+management+using+fuzzy+cognitive+maps+and+neutrosophic+AHP-TOPSIS&ots=kl9W-PENQ0&sig=tt729LCjG3Zlo1y0eqr_zF3ZNTE#v=onepage&q=Sinos river basin social-environmental prospective assessment of water quality management using fuzzy cognitive maps and neutrosophic AHP-TOPSIS&f=false.
- [11] P. Biswas, S. Pramanik, and B. C. Giri, “Neutrosophic TOPSIS with group decision making,” *fuzzy multi-criteria Decis. using neutrosophic sets*, vol. 369, pp. 543–585, 2019, [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00045-5_21.
- [12] S. Chakraborty, “TOPSIS and Modified TOPSIS: A comparative analysis,” *Decis. Anal. J.*, vol. 2, p. 100021, 2022, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277266222100014X>.
- [13] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. “El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura”. In *Anales de la Real Academia de Doctores*. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024
- [14] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. “Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra”. *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.
- [15] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. “Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente”. *El patrimonio y su perspectiva turística*, pp. 409-423, 2024.
- [16] von Feigenblatt, O. F. “Research Ethics in Education. In *Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies*”, pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.
- [17] von Feigenblatt, O. F. “Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth”. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF*, vol. 19, num 2, 2024
- [18] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. “Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes”. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2024.

- [19] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". *Neutrosophic Sets and Systems*, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 21, 2025