



# Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del riesgo de parto pretérmino

## Neutrosophic Multicriteria Method for the evaluation of the risk of preterm delivery

Ana Cristina Arellano Haro<sup>1</sup>, Diego Armando Suárez Páez<sup>2</sup>, and Mayra Alexandra López Villagrán<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: [docentetp97@uniandes.edu.ec](mailto:docentetp97@uniandes.edu.ec)

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

**Resumen.** De acuerdo con los registros del Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos para el año 2021, de 251.106 nacidos vivos, 10.282 (4%) nacieron entre las 21 a 35 semanas de gestación. Esta cifra representa los nacidos prematuros que son los nacidos antes de completar la semana 37 de gestación. Sin embargo, existe incertidumbre para determinar cuáles factores del riesgo pretérmino. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método para la evaluación del riesgo de parto pretérmino. El método basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio donde se modela la incertidumbre mediante números neutrosófico.

**Palabras Claves:** Embarazo, pretérmino, factores de riesgo, método multicriterio neutrosófico.

**Abstract.** According to the records of the Ecuadorian Institute of Statistics and Censuses for the year 2021 of 251,106 live births, 10,282 (4%) were born between 21 and 35 weeks of gestation. This figure represents premature births, which are those born before completing the 37th week of gestation. However, there is uncertainty to determine which factors of preterm risk. The present investigation aims to develop a method for the evaluation of the risk of preterm birth. The method bases its operation on a multicriteria approach where uncertainty is modeled using neutrosophic numbers.

**Keywords:** Pregnancy, preterm, risk factors, neutrosophic multicriteria method.

### 1 Introducción

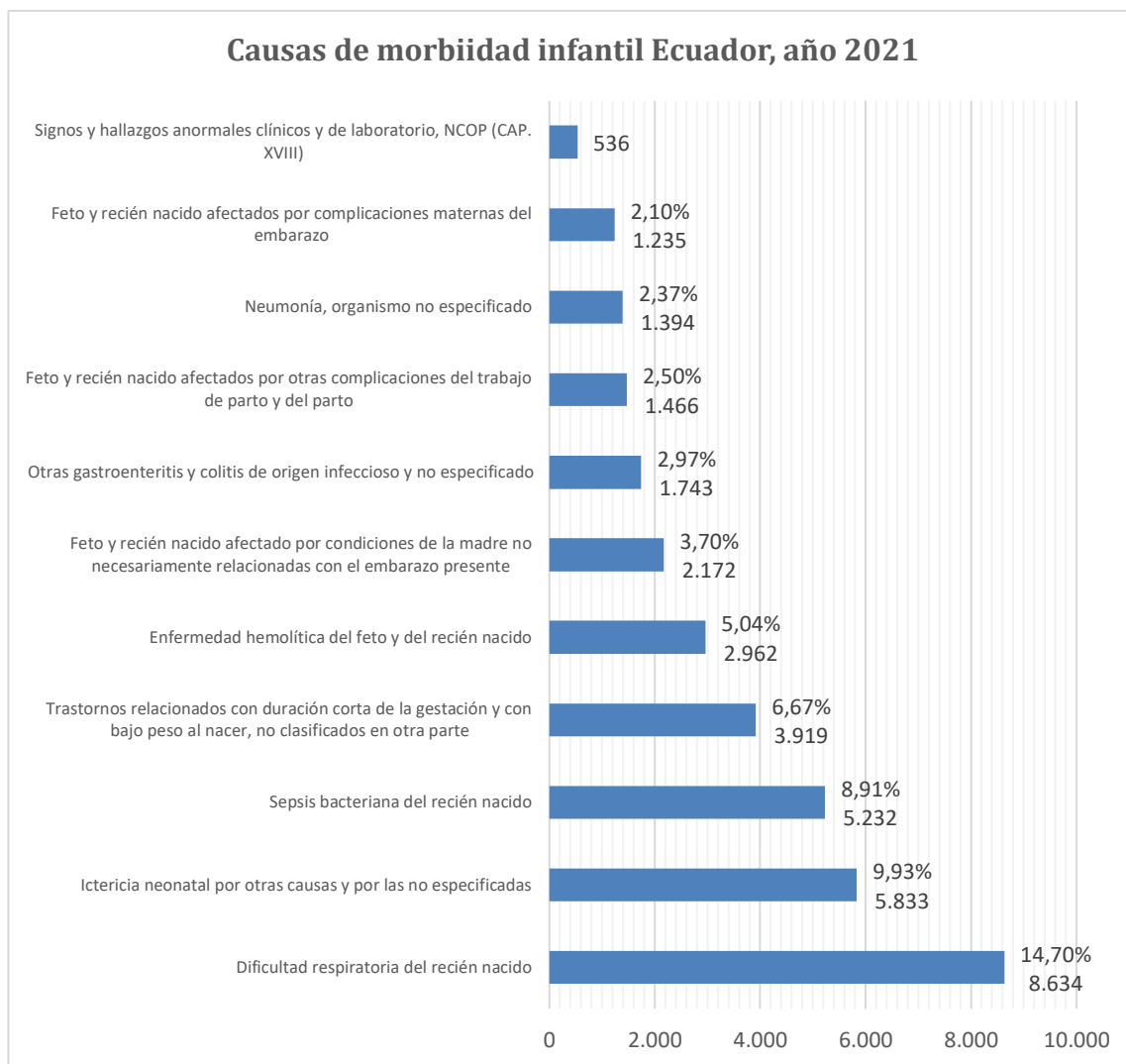
El embarazo es un evento fisiológico normal, el apareamiento de parto pretérmino, y a menudo no diagnosticados, incrementa su riesgo, estudios indican que la prevalencia de esta patología aumenta con la edad materna, existiendo otros factores como riesgos psicológicos, sociales, edad, raza, complicaciones obstétricas, infecciones del tracto genitourinario, entre otras. El parto pretérmino se encuentra considerada como la principal causa de morbilidad y mortalidad neonatal, entre el 5 y 11% a nivel mundial ocurren antes de las 37 semanas de gestación [1].

Anualmente a nivel mundial ocurren alrededor de 15 millones de nacimientos prematuros y 1,1 millones mueren por complicaciones en el parto. La tasa de nacimientos prematuros en 184 países es de 5% - 18% y más del 80% ocurren entre las 32 y 37 semanas de gestación. Alrededor del 9,6% de la mortalidad perinatal en el mundo corresponde a la prematuridad; en países desarrollados, es de aproximadamente el 70%; en América Latina y el Caribe, 8,1%; en Europa, 6,2%; en Norteamérica, 10,6%; y en Colombia, 10% - 12% [2].

De acuerdo con los registros del Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC) para el año 2021 de 251.106 nacidos vivos, 10.282 (4%) nacieron entre las 21 a 35 semanas de gestación, respecto a la edad materna reportan 41.329 nacimientos (16% ) entre menores de 15 años hasta 19 años [3].

En la figura 1, según datos INEC, en las 10 primeras causas de morbilidad infantil año 2021, se encuentra en

tercer lugar los trastornos relacionados con duración corta de la gestación y con bajo peso al nacer, no clasificados en otra parte, con 3919 casos.



**Figura 1.** Causas de morbilidad infantil, año 2021.

**Elaborado:** Obst. Ana Arellano, Mg. **Fuente:** Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos, Registro Estadístico de Egresos Hospitalarios 2021.

A partir del análisis antes expuesto la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método para la evaluación del riesgo de parto pretérmino.

## 2 Materiales y métodos

La presente sección describe la estructura y funcionamiento del método para determinar cuáles factores del riesgo pretérmino. El método consta de ocho actividades:

- Marco de referencia,
- Recopilación de parámetros,
- Selección de preferencias,
- Cálculo del grado de consenso,
- Control del consenso,
- Generación del consenso,
- Evaluación de las alternativas y
- Clasificación de los factores de riesgos.

La figura 2 muestra la estructura del método.

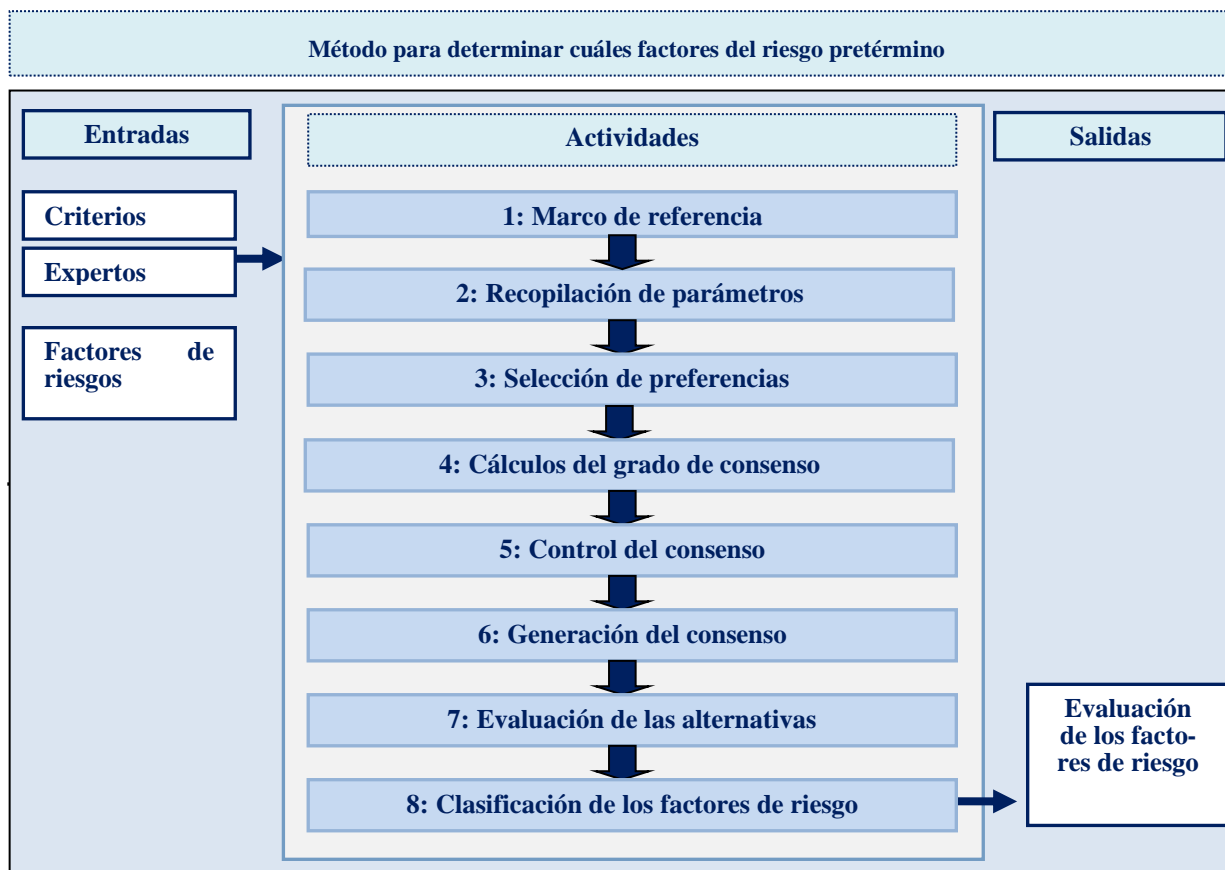


Figura 2. Esquema general del funcionamiento del método.

A continuación, se describen las principales actividades que intervienen en la propuesta de método. Cada actividad describe los principales elementos que son gestionadas.

**Actividad 1: marco de referencia.**

En esta actividad se define el marco de evaluación para el problema de decisión de la priorización de factores de riesgo para la evaluación del riesgo de parto pretérmino. El marco se establece de manera que:

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}, n \geq 2$ , representa el conjunto de riesgo de parto pretérmino.

$E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}, k \geq 2$ , representa el conjunto de expertos que intervienen en el proceso.

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}, m \geq 2$ , representa el conjunto finito de pacientes a diagnosticar.

Criterios y expertos podrían agruparse. El conjunto de expertos proporcionará las evaluaciones del problema de decisión. Los principales criterios para la evaluación del riesgo de parto pretérmino.

**Actividad 2: recopilación de parámetros.**

Se selecciona la granularidad del término lingüístico. Los parámetros se reúnen para controlar el proceso de consenso: umbral de consenso  $\mu \in [0,1]$  y  $MAXROUND \in \mathbb{N}$  para limitar el número máximo de rondas de discusión. También se recopila el umbral de aceptabilidad  $\varepsilon \geq 0$ , para permitir un margen de aceptabilidad para evitar generar recomendaciones innecesarias.

**Actividad 3: selección de preferencias.**

Para cada experto, su preferencia se recopila utilizando el conjunto de términos lingüísticos elegido.

En esta actividad, cada experto  $e_k$ , proporciona las evaluaciones mediante vectores de evaluación:

$$U^k = (v_i, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m) \tag{1}$$

La evaluación,  $v_i^k$  proporcionada por cada experto  $e_k$  para cada criterio  $c_i$  de cada alternativa  $X_j$ , se expresa mediante números SVN.

**Actividad 4: cálculo del grado de consenso.**

Se calcula el grado de convenio colectivo normalizado en un rango de valores [0,1].

Para cada par de expertos,  $e_k, e_t (k < t)$  se determina un vector de similitud

$$SM_{kt} = (sm_i^{kt}), sm_i^{kt} \in [0,1] \quad (2)$$

se calcula:

$$sm_i^{kt} = 1 - \left( \frac{1}{3} \sum_{j=1}^n \{ (|t_i^k - t_i^t|)^2 + (|i_i^k - t_i^t|)^2 + (|f_i^k - t_i^t|)^2 \} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$(i, 2, \dots, m)$

Se obtiene un vector de consenso  $CM = (cm_i)$  agregándose valores de similitud:

$$cm_i = OAG_1(SIM_i) \quad (4)$$

donde  $OAG_1$  es un operador de agregación,  $SIM_i = \{sm_i^{12}, sm_i^{1m}, \dots, sm_i^{(m-1)m}\}$  que representa a todos los pares de expertos se determina la similitud en su opinión sobre la preferencia entre  $(v_i, v_j)$  and  $cm_i$  es el grado de consenso alcanzado por el grupo en su opinión. Finalmente, se computa un grado de consenso general [4-6]:

$$cg = \frac{\sum_{i=1}^n cv_i}{n} \quad (5)$$

**Actividad 5: control del consenso.** El grado de consenso  $cg$  se compara con el umbral de consenso ( $\mu$ ). Si  $cg \geq \mu$ , el proceso de consenso termina; de lo contrario, el proceso requiere discusión adicional. El número de rondas se compara con el parámetro MAXROUND para limitar el número máximo de rondas de discusión.

**Actividad 6: generación del consenso.** Cuando  $cg < \mu$ , los expertos deben modificar las relaciones de preferencias para hacer que sus preferencias se cierren entre sí y aumentar el grado de consenso en la siguiente ronda [7, 19]. La generación de consejos comienza a computar las preferencias colectivas  $w^c$ . Este modelo de preferencia colectiva se calcula agregando el vector de referencia de cada experto:

$$w^c = OAG_2(v^1, \dots, v^m) \quad (6)$$

Donde:  $OAG_2$  es un operador de agregación y  $v \in U$ . Después de eso, se obtiene un vector de proximidad ( $PP^k$ ) entre cada uno de los  $e_k$  expertos y  $w^c$ . Los valores de proximidad,  $pp_{ij}^k \in [0,1]$  se calculan como:

$$pp_{ij}^k = \left( \frac{1}{3} \sum_{j=1}^n \{ (|t_i^k - t_i^c|)^2 + (|i_i^k - t_i^c|)^2 + (|f_i^k - t_i^c|)^2 \} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

Posteriormente, se identifican las relaciones de preferencias para cambiar (CC). Se identifica la relación de preferencia entre los criterios  $c_i$  and  $c_j$  con grado de consenso bajo el definido ( $\mu$ ):

$$CC = \{w_i^c | cm_i | < \mu\} \quad (8)$$

Seguidamente, en función del CC, se identifican aquellos expertos que deberían cambiar de preferencia. Para calcular una proximidad promedio  $pp_i^A$ , las medidas de proximidad son agregadas [8-10].

$$pp^A = OAG_2(pp^1, \dots, pp^m) \quad (9)$$

Donde  $OAG_2$  es un operador de agregación SVN.

Se recomienda a los expertos  $e_k$  cuyas  $pp_i^k < pp_i^A$  modifiquen su relación de preferencia  $W_i^k$ .

Finalmente, las reglas de dirección se verifican para sugerir la dirección de los cambios propuestos. Se ha establecido un umbral  $\varepsilon \geq 0$  para evitar generar un número excesivo de consejos innecesarios.

DR 1: Si  $v_i^k - w_i^c < -\varepsilon$  entonces  $e_k$  debería aumentar su valor de la relación de preferencia  $v_i$ .

DR 2: Si  $v_i^k - w_i^c < -\varepsilon$  entonces  $e_k$  debería disminuir su valor de la relación de preferencia  $v_i$ . DR 3: Si  $-\varepsilon \leq v_i^k - w_i^c \leq -\varepsilon$  entonces  $e_k$  no debe modificar el valor de la relación de preferencia  $v_i$ .

Los pasos del 3 al 6 se repiten hasta que el consenso alcance el número máximo de rondas.

#### Actividad 7: evaluación de las alternativas.

El objetivo de esta actividad es obtener una evaluación global para cada alternativa. Teniendo en cuenta la fase anterior, se calcula una evaluación para cada alternativa, utilizando el proceso de resolución seleccionado que permite gestionar la información expresada en el marco de decisión.

En este caso, las alternativas se clasifican según el operador de agregación de promedios ponderados neutrosóficos de un solo valor (SVNWA, por sus siglas en inglés):

$$F_w(A_1, A_2, \dots, A_n) = \langle 1 - \prod_{j=1}^n (1 - T_{A_j})^j, \prod_{j=1}^n (I_{A_j}(x))^{w_j}, \prod_{j=1}^n (F_{A_j}(x))^{w_j} \rangle \quad (10)$$

Donde  $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$  es el vector de ponderación de  $A_j (j = 1, 2, \dots, n)$ ,  $w_n \in [0,1]$  and  $\sum_j^n w_j = 1$ .

#### Actividad 8: clasificación de los riesgos de parto pretérmino

En esta etapa, las alternativas se clasifican y se elige la mejor función de puntuación [11]. De acuerdo con las funciones de puntuación y precisión de los conjuntos SVN, se puede generar un orden de clasificación del conjunto de alternativas [12], [13, 14, 20]. Seleccionando las opciones con mayor puntuación [4-6, 15, 16].

Para ordenar alternativas se usa una función de puntuación [3]:

$$s(V_j) = 2 + T_i + F_j - I_j \quad (11)$$

Adicionalmente se define una función de precisión:

$$a(V_j) = T_i - F_j \quad (12)$$

Y entonces

1. Si

a.  $a(V_j) = a(V_i)$ , entonces  $V_j$  son iguales, denotado por  $V_j = V_i$ .

b.  $a(V_j) < a(V_i)$ , entonces  $V_j$  es menor que  $V_i$ , denotado por  $V_j < V_i$ .

3. Si  $s(V_j) < s(V_i)$ , entonces  $V_j$  es menor que  $V_i$ , denotado por  $V_j < V_i$ .

a. Si  $a(V_j) < a(V_i)$ , entonces  $V_j$  es menor que  $V_i$ , denotado por  $V_j < V_i$ .

b. Si  $a(V_j) = a(V_i)$ , entonces  $V_j$  y  $V_i$  son iguales, denotados por  $V_j = V_i$ .

Otra opción es usar la función de puntuación propuesta en [17, 21]:

$$s(V_j) = (1 + T_j - 2F_j - I_j)/2 \quad (13)$$

donde  $s(V_j) \in [-1,1]$ .

De acuerdo con el método de clasificación de la función de puntuación de conjuntos SVN, se puede generar el orden de clasificación del conjunto factores de riesgo de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y se puede priorizar las alternativas [6, 16, 18].

### 3 Resultados

Para verificar la aplicabilidad del método propuesto se decidió realizar un estudio de caso. En este estudio se contó con la colaboración de tres expertos  $E = \{e_1, e_2, e_3\}$ ,  $n = 3$  a partir de los cuales se determinan sus preferencias. Para aumentar la forma de interpretar los datos de entrada, se utiliza un conjunto de términos lingüísticos con cardinalidad nueve (Tabla 1).

**Tabla 1.** Términos lingüísticos utilizados para proporcionar las evaluaciones [17].

Términos lingüísticos	SVNSs
Excelentemente bueno (EG)	(1,0,0)
Muy muy bueno(VVG)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy bueno (VG)	(0.8,0,15,0.20)
Bueno (G)	(0.70,0.25,0.30)
Medio bueno (MG)	(0.60,0.35,0.40)
Medio (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medio malo (MB)	(0.40,0.65,0.60)
Malo (B)	(0.30,0.75,0.70)
Muy malo (VB)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy malo (VVB)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente malo (EB)	(0,1,1)

El alcance del proceso de consenso se define mediante 6 criterios  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_6\}$  que se muestran en la Tabla 2.

**Table 2.** Criterios para la priorización de factores de riesgo de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica

Riesgos	Descripción
$C_1$	Identificación de procesos infecciosos e inflamatorios
$C_2$	Antecedentes personales
$C_3$	Edad
$C_4$	Gestaciones múltiples
$C_5$	Trastornos hipertensivos
$C_6$	Anemia

Los parámetros utilizados en este estudio de caso se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Parámetros definidos

Umbral de consenso	$\mu = 0,9$
Número máximo de rondas de discusión	MAXROND =10
Umbral de aceptabilidad	$\varepsilon = 0.1$

Inicialmente, los expertos proporcionan las siguientes preferencias:

**Tabla 4.** Ronda de preferencias 1

	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$c_5$
E1	G	G	G	G	VG
E2	M	G	B	G	B
E3	VG	VG	M	G	VB

### Primera ronda

Se obtienen vectores de similitud.

$$S^{12}=[0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.8]$$

$$S^{13}=[0.5, 0.7, 0.7, 0.7, 0.3]$$

$$S^{23}=[0.8, 0.8, 0.5, 0.7, 0.8]$$

El vector de consenso obtenido es  $CV = [0.66, 0.73, 0.63, 1, 0.63]$ . Finalmente se computa un grado de consenso general:  $cg = 0.91$

Debido a que  $cg = 0.91 > \mu = 0.9$ , se alcanza el nivel de consenso deseado.

A partir del resultado obtenido se puede concluir que los factores de riesgos priorizados fueron  $C = c_4, c_2, c_1, c_3$  respectivamente, que se corresponden a: Gestaciones múltiples, Antecedentes personales, Identificación de procesos infecciosos e inflamatorios, edad.

#### 4 Discusión

La identificación inicial de factores de riesgo como anemia, infecciones de transmisión sexual, otro tipo de infecciones u procesos inflamatorios en las gestantes durante las primeras semanas del embarazo permitirían realizar tratamientos oportunos para reducir la afectación de las membranas ovulares, inflamación cervical que dan lugar a ruptura prematura de membranas, o inicio temprano de la labor de parto antes de las 37 semanas de gestación.

El tratamiento de parto pretérmino o prematuro dependerá de la etiología o factor de riesgo identificado sin embargo es necesario de acuerdo con los casos clínicos la necesaria hospitalización para el manejo integral de la gestante, el manejo expectante en la actualidad debe ser muy riguroso considerando que la no identificación de procesos infecciosos puede llevar como consecuencia a retardar un diagnóstico de corioamnionitis en el caso de surgir una ruptura de membranas. Adicionalmente el uso de antibióticos de acuerdo con el proceso infeccioso será una estrategia oportuna de necesitarlo.

La atención integral del feto lleva a la rapidez en la aplicación de maduración acelerada de los pulmones con la finalidad de reducir la mortalidad neonatal, el seguimiento oportuno e los embarazos gemelares o múltiples, también permitirá reducir el riesgo de parto prematuro o una prematuridad extrema. Los estudios referenciados correlacionan que la causa específica de partos prematuros está ligada en su mayoría a procesos infecciosos e inflamatorios.

#### Conclusión

Los factores de riesgo durante la etapa preconcepcional y primer trimestre del embarazo pueden desencadenar alteraciones al normal desarrollo del embarazo, en tal sentido la identificación de procesos infecciosos e inflamatorios, antecedentes personales, edad, gestaciones múltiples, trastornos hipertensivos, anemia, deben identificarse oportunamente para determinar acciones terapéuticas medicamentosas y no medicamentosas que permitan disminuir el riesgo de parto pretérmino o prematuro.

De acuerdo con estadísticas internacionales el 5% de nacimientos correspondieron a prematuros, en el Ecuador datos INEC para el año 2021 reporta el 4%, lo que conlleva a continuar con procesos de investigación de acuerdo con la realidad de cada territorio para reducir el número de partos pretérminos en el país.

#### Referencias

- [1] J. Violeta, M. E. Martí, and J. Gasparri, "Libro de Actas IV Coloquio Internacional "Saberes contemporáneos desde la diversidad sexual: teoría, crítica, praxis", 2019," 2019.
- [2] D. M. Álvarez-Yañez, and C. L. Pérez-Bayona, "Amenaza de parto pretérmino: una mirada desde el modelo de Mishel," *Avances en Enfermería*, vol. 35, no. 1, pp. 77-86, 2017.
- [3] I. N. d. E. y. Censo, "Instituto Nacional de Estadísticas y Censos," 2021.
- [4] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, "Impacto de la investigación jurídica a los problemas sociales postpandemia en Ecuador," *Universidad y Sociedad*, vol. 14, no. S5, pp. 542-551., 2022.
- [5] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "Investigación científica: perspectiva desde la neutrosofía y productividad," *Universidad y Sociedad*, vol. 14, no. S5, pp. 640-649., 2022.
- [6] M. L. Vázquez, J. Estupiñán, and F. Smarandache, "Neutrosofía en Latinoamérica, avances y perspectivas," *Revista Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas. ISSN 2574-1101*, vol. 14, pp. 01-08, 2020.
- [7] O. M. Cornelio, "Modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un sistema de laboratorios remoto," 2019.
- [8] V. V. Falcón, B. S. Martínez, J. E. Ricardo, and M. Y. L. Vázquez, "Análisis del Ranking 2021 de universidades ecuatorianas del Times Higher Education con el Método Topsis," *Revista Conrado*, vol. 17, no. S3, pp. 70-78, 2021.
- [9] J. Ricardo, A. Fernández, and M. Vázquez, "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management," *International Journal of Neutrosophic Science*, pp. 151-159, 2022.

- 
- [10] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeuroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.
- [11] M. LEYVA, J. HECHAVARRIA, N. BATISTA, J. A. ALARCON, and O. GOMEZ, "A framework for PEST analysis based on fuzzy decision maps," *Revista ESPACIOS*, vol. 39, no. 16, 2018.
- [12] J. Ye, and Q. Zhang, "Single valued neutrosophic similarity measures for multiple attribute decision making," *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 2, pp. 48-54, 2014.
- [13] O. M. Cornelio, and J. G. González, "Modelo para la evaluación de habilidades en ingeniería automática," *3 c TIC: cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, vol. 7, no. 1, pp. 21-32, 2018.
- [14] O. M. Cornelio, and B. B. Fonseca, "Procedimiento multicriterio multiexperto para determinar el índice de control de una organización," *Scientia et Technica*, vol. 21, no. 3, pp. 234-238, 2016.
- [15] 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, pp. 173-188, 2015.
- [16] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosophía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.
- [17] F. Mata, L. Martínez, and E. Herrera-Viedma, "An adaptive consensus support model for group decision-making problems in a multigranular fuzzy linguistic context," *IEEE Transactions on fuzzy Systems*, vol. 17, no. 2, pp. 279-290, 2009.
- [18] M. L. Vázquez, N. B. Hernandez, and F. Smarandache, *Métodos Multicriterios Para Determinación De La Efectividad De La Gestión Pública Y El Análisis De La Transparencia*: Infinite Study, 2018.
- [19] Vildoso Villegas, J. Y., Jiménez, E. J., Vildoso Gonzales, V. S., & Macazana Fernández, D. M. "Influencia del perfil del egresado y la formación profesional en las actitudes hacia las creencias ambientales y de gestión de riesgo de los alumnos de la escuela académico profesional de educación de la Facultad de Educación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos año lectivo 2016-F". *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(SPE2). 2021.
- [20] Pawelczyk, C. A., & Fernández, D. M. M. "Gestión educativa y satisfacción académica en alumnos de escuela de infantería del ejército peruano". *Universidad y Sociedad*, vol 12 no S1, pp 373-379. 2020.
- [21] Villegas, J. Y. V., Jimenez, E. J. B., Garcia, T. C. S., & Fernandez, D. M. M. "Autoevaluación, Coevaluación, Portafolio y Aprendizaje Colaborativo en el rendimiento académico de los alumnos de la facultad de educación". *Revista Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas*. ISSN 2574-1101, vol 14, pp 71-76. 2020.

**Recibido:** Octubre 10, 2022. **Aceptado:** Diciembre 18, 2022