



Evaluación de estrategias de prevención de la hepatitis B en embarazadas mediante SVMNS COPRAS

Evaluation of hepatitis B prevention strategies in pregnant women using SVMNS COPRAS

Edwin Rafael Omaña Durán ¹, Hilary Justin Ortega Dueñas ², Valentina Dayanara Rodríguez Anangón ³, and César Paúl Cervantes García ⁴

¹ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo, Ecuador. us.edwinod79@uniandes.edu.ec

² Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo, Ecuador. hillaryod61@uniandes.edu.ec

³ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo, Ecuador. valentinadra07@uniandes.edu.ec

⁴ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo, Ecuador. cesarcg02@uniandes.edu.ec

Resumen. La transmisión vertical del virus de la hepatitis B ha representado una amenaza para la salud materna e infantil, con complicaciones graves durante el embarazo y el parto. Por ello, el presente estudio se orientó en proponer estrategias para la prevención de la transmisión vertical de la hepatitis B en mujeres embarazadas, mediante la aplicación del método COPRAS Multineutrosófico de Valor Único. Así como el análisis clínico-epidemiológico y la descripción de un protocolo preventivo de un caso clínico presentado. Los resultados del análisis multineutrosófico han evidenciado que la prueba de HBsAg y la accesibilidad a los servicios son fundamentales para prevenir la transmisión de la hepatitis B. En conclusión, se observó que la implementación de estrategias basadas en pruebas tempranas, programas de educación y el acceso equitativo a la atención son clave para reducir la transmisión vertical del VHB y mejorar la salud pública en Santo Domingo de los Tsáchilas.

Palabras Claves: VHB, transmisión vertical, salud materno-infantil, multineutrosofía, SVMNS COPRAS.

Abstract. The vertical transmission of the hepatitis B virus has posed a threat to maternal and child health, with serious complications during pregnancy and childbirth. Therefore, this study aimed to propose strategies for preventing vertical transmission of hepatitis B in pregnant women through the application of the Unique Value Multineutrosophic COPRAS method, as well as clinical-epidemiological analysis and the description of a preventive protocol for a presented clinical case. The results of the multineutrosophic analysis have shown that the HBsAg test and access to services are essential for preventing hepatitis B transmission. In conclusion, it was observed that the implementation of strategies based on early testing, educational programs, and equitable access to care are key to reducing vertical transmission of HBV and improving public health in Santo Domingo de los Tsáchilas..

Keywords: HBV, Vertical transmission, maternal-child health, Multineutrosophics, SVMNS COPRAS.

1 Introducción

La hepatitis B representa un reto significativo para la salud pública, especialmente para mujeres embarazadas, quienes enfrentan riesgos adicionales por los cambios fisiológicos del embarazo y las posibles complicaciones para el feto [1]. El VHB afecta a 257 millones de personas a nivel mundial, al ser responsable de cerca de un millón de muertes anuales [2] [3]. A pesar de la existencia de una vacuna eficaz, la prevalencia se mantiene alta, especialmente en América Latina [4]. En Ecuador, entre 2017 y 2022, se reportaron 1.292 casos, con una alta incidencia en menores de un año, lo que refleja una transmisión materno-infantil activa. Sin un tratamiento adecuado, la hepatitis B conlleva a cirrosis y cáncer hepático, lo que ha impulsado su inclusión en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la OMS [5] [6].

Por ende, este estudio se enfoca en proponer estrategias para la prevención de la transmisión vertical del VHB en mujeres embarazadas, mediante el análisis clínico-epidemiológico, la descripción de un protocolo preventivo y la aplicación del método COPRAS Multineutrosófico de Valor Único (SVMNS COPRAS). Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los aspectos moleculares, dinámicas epidemiológicas y características clínicas de la hepatitis B.

- Describir el protocolo de prevención de la transmisión vertical del VHB a partir de un caso clínico con cirrosis hepática y hepatitis B crónica durante el embarazo en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.
- Determinar mediante el método SVMNS COPRAS las mejores estrategias de prevención de la transmisión vertical del VHB de madres a recién nacidos.

De hecho, se busca fomentar y potenciar en este estudio la reducción de la incidencia de hepatitis B en neonatos, al centrarse en la mejora de la salud materno-infantil en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Así como el análisis del caso clínico propuesto que permite fortalecer las prácticas preventivas y terapéuticas, al contribuir así a la promoción de la salud pública y al bienestar de esta población vulnerable.

Por otro lado, la aplicación del método SVMNS COPRAS representa un aporte metodológico relevante, al evaluar las estrategias preventivas y terapéuticas bajo condiciones de incertidumbre según la opinión del conjunto de especialistas propuestos [7,16,17]. Su capacidad para manejar datos imprecisos e incompletos proporciona una herramienta para la toma de decisiones en la prevención de la transmisión vertical del VHB. De modo que facilita así la identificación de las medidas más eficaces en las etapas prenatal y postnatal. Este aspecto resulta determinante para la implementación de políticas sanitarias efectivas que fortalezcan la protección materno-infantil en la en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

2. Antecedentes y fundamentos de la neutrosofía

2.1. Conjunto multineutrosófico

Definition 1 [8]. The *Neutrosophic set* N is characterized by three membership functions, which are the truth-membership function T_A , indeterminacy-membership function I_A , and falsity-membership function F_A , where U is the Universe of Discourse and $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \subseteq]^{-}0, 1^{+}[$, and $^{-}0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^{+}$.

See that according to the definition, $T_A(x)$, $I_A(x)$, and $F_A(x)$ are real standard or non-standard subsets of $]^{-}0, 1^{+}[$ and hence, $T_A(x)$, $I_A(x)$ and $F_A(x)$ can be sub-intervals of $[0, 1]$. $^{-}0$ and 1^{+} belong to the set of hyperreal numbers.

Definition 2. The *Single-Valued Neutrosophic Set* (SVNS) A over U is $A = \{ \langle x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) \rangle : x \in U \}$, where $T_A: U \rightarrow [0, 1]$, $I_A: U \rightarrow [0, 1]$ and $F_A: U \rightarrow [0, 1]$. $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$.

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

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:

$$A_1 \oplus A_2 = (a_1 + a_2 - a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2) \quad (1)$$

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

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

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

$$A = (1 - (1 - a), b, c) \quad (3)$$

The *Single-Valued Neutrosophic Number* (SVNN) is symbolized by

$N = (t, i, f)$, such that $0 \leq t, i, f \leq 1$ and $0 \leq t + i + f \leq 3$.

Definition 3 [9]. The *single-valued triangular neutrosophic number*, $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, is a neutrosophic set on $\mathbb{R}$, whose truth, indeterminacy, and falsity membership functions are defined as follows:

Definition 4. Given $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$ and $\tilde{b} = \langle (b_1, b_2, b_3); \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{b}} \rangle$ two single-valued triangular neutrosophic numbers and λ any non-null number in the real line. Then, the following operations are defined:

Definition 5 [9]. The *single-valued triangular neutrosophic number*, $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, is a neutrosophic set on $\mathbb{R}$, whose truth, indeterminacy, and falsity membership functions are defined as follows:

Definition 6 ([10]). The MultiNeutrosophic Set (or Subset MultiNeutrosophic Set SMNS).

Let $\mathcal{U}$ be a universe of discourse and M a subset of it. Then, a MultiNeutrosophic Set is: $M = \{x, x(T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)\}, x \in U$,

where p, r, s are integers $\geq 0, p + r + s = n \geq 2$ and at least one of p, r, s is ≥ 2 , in order to ensure the existence of multiplicity of at least one neutrosophic component: truth/membership, indeterminacy, or falsehood/nonmembership; all subsets $T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s \subseteq [0, 1]$;

$$0 \leq \sum_{j=1}^p \inf T_j + \sum_{k=1}^r \inf I_k + \sum_{l=1}^s \inf F_l \leq \sum_{j=1}^p \sup T_j + \sum_{k=1}^r \sup I_k + \sum_{l=1}^s \sup F_l \leq n.$$

No other restrictions apply on these neutrosophic multicomponents.

$T_1, T_2, \dots, T_p$ are multiplicities of the truth, each one provided by a different source of information (expert).

Similarly, $I_1, I_2, \dots, I_r$ are multiplicities of the indeterminacy, each one provided by a different source.

And $F_1, F_2, \dots, F_s$ are multiplicities of the falsehood, each one provided by a different source.

The Degree of MultiTruth (MultiMembership), also called *MultiDegree of Truth*, of the element x with respect to the set M are $T_1, T_2, \dots, T_p$.

the Degree of MultiIndeterminacy (MultiNeutrality), also called *MultiDegree of Indeterminacy*, of the element x with respect to the set M are $I_1, I_2, \dots, I_r$.

and the Degree of MultiFalsehood (MultiNonmembership), also called *MultiDegree of Falsehood*, of element x with respect to the set M are $F_1, F_2, \dots, F_s$.

All these $p + r + s = n \geq 2$ are assigned by n sources (experts) that may be:

- either totally independent;
- or partially independent and partially dependent;
- or totally dependent; according or as needed to each specific application.

A generic element x with regard to the MultiNeutrosophic Set A has the form:

$$\begin{array}{ccc} x(T_1, T_2, \dots, T_p; & I_1, I_2, \dots, I_r; & F_1, F_2, \dots, F_s) \\ \text{multi-truth} & \text{multi-indeterminacy} & \text{multi-falsehood} \end{array}$$

In many particular cases $p = r = s$, and a source (expert) assigns all three degrees of truth, indeterminacy, and falsehood T_j, I_j, F_j for the same element.

Definition 7. Ranking of n -valued MultiNeutrosophic types of the same (p, r, s) -form.

$(T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)$, where p, r, s are integers ≥ 0 , and $p + r + s = n \geq 2$, and at least one of $p, r, s \geq 2$ to be sure that it has multiplicity for at least one neutrosophic component (either truth, or indeterminacy, or falsehood).

It proposes an easier n -ranking, but this is rather an approximation. Let's compute the following.

Average positivity (4).

$$\frac{\sum_{j=1}^p T_j + \sum_{k=1}^r (1 - I_k) + \sum_{e=1}^s (1 - F_e)}{p + r + s} \quad (4)$$

Average (Truth-Falsehood) (5)

$$\frac{\sum_{j=1}^p T_j + \sum_{e=1}^s (1 - F_e)}{p + s} \quad (5)$$

Average Truth (6).

$$\frac{\sum_{j=1}^p T_j}{p} \quad (6)$$

Definition 8. Ranking n -valued MultiNeutrosophic tuples of different (p, r, s) -forms.

Let's consider two n -valued multi neutrosophic tuples of the forms (p_1, r_1, s_1) and respectively (p_2, r_2, s_2) , where $p_1, r_1, s_1, p_2, r_2, s_2$ are integers ≥ 0 , and $p_1 + r_1 + s_1 = n_1 \geq 2$, and at least one of p_1, r_1, s_1 is ≥ 2 , to be sure that we have multiplicity for at least one neutrosophic component (either truth, or indeterminacy, or falsehood); similarly $p_2 + r_2 + s_2 = n_2 \geq 2$, and at least one of p_2, r_2, s_2 is ≥ 2 .

Let's take the following Single-Valued Multi Neutrosophic Tuples (SVMNT):

$SVMNT = (T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)$ of (p_1, r_1, s_1) - form, and

$SVMNT' = (T'_1, T'_2, \dots, T'_p; I'_1, I'_2, \dots, I'_r; F'_1, F'_2, \dots, F'_s)$ of (p_1, r_1, s_1) - form.

It makes the classical averages of truth (T_a), indeterminacies (I_a) and falsehood (F_a), respectively for $SVMNT = (T_a, I_a, F_a)$ and the averages of truths (T'_a), indeterminacies (I'_a) and falsehood (F'_a) respectively for: $SVMNT' = (T'_a, I'_a, F'_a)$. And then it applies the Score (S), Accuracy (A), and Certainty (C) Functions, as for the single valued neutrosophic set:

Compute the Score Function (average of positiveness) (7).

$$S(T_a, I_a, F_a) = \frac{T_a + (1 - I_a) + (1 - F_a)}{3} \quad (7)$$

$$S(T'_a, I'_a, F'_a) = \frac{T'_a + (1 - I'_a) + (1 - F'_a)}{3}$$

- i. If $S(T_a, I_a, F_a) \geq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
- ii. If $S(T_a, I_a, F_a) \leq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
- iii. And if $S(T_a, I_a, F_a) = S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the second step.

Compute the Accuracy Function (difference between the truth and falsehood) (8).

$$A(T_a, I_a, F_a) = T_a - F_a \quad (8)$$

$$A(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a - F'_a$$

- i. If $A(T_a, I_a, F_a) \geq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
- ii. If $A(T_a, I_a, F_a) \leq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,

- iii. And if $A(T_a, I_a, F_a) = A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the third step.
 3. Compute the Certainty Function (truth) (9).

$$C(T_a, I_a, F_a) = T_a$$

$$C(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a \quad (9)$$

- i. If $C(T_a, I_a, F_a) \geq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
 ii. If $C(T_a, I_a, F_a) \leq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
 iii. And if $C(T_a, I_a, F_a) = C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$ are multi-neutrosophically equal, i.e. $T_a = T'_a, I_a = I'_a, F_a = F'_a$, or their corresponding truth, indeterminacy, and falsehood averages are equal.

Definition 9. In cases some sources have a greater weight in evaluation than others, one uses the weighted averages, indexed as T_{wa}, I_{ua}, F_{va} and $T'_{wa}, I'_{ua}, F'_{va}$, respectively. Because the sources may be independent or partially independent, the sum of weights should not necessarily be equal to 1. As such:

- i. $w_1, w_2, \dots, w_p \in [0,1]$, while the sum $w_1 + w_2 + \dots + w_p$ may be $< 1, or = 1, or > 1$.
 ii. $u_1, u_2, \dots, u_p \in [0,1]$, while the sum $u_1 + u_2 + \dots + u_p$ may be $< 1, or = 1, or > 1$.
 iii. $v_1, v_2, \dots, v_p \in [0,1]$, while the sum $v_1 + v_2 + \dots + v_p$ may be $< 1, or = 1, or > 1$.

And, similarly, one applies the Score, Accuracy, and Certainty Functions on these weighted averages to rank them.

2.2. Método COPRAS Multineutrosófico de Valor Único (SVMNS COPRAS).

El método COPRAS (Método de Clasificación y Ordenamiento por Reglas de Asociación de Sistemas) es una herramienta matemática de toma de decisiones multicriterio, empleada para clasificar y priorizar alternativas al considerar múltiples factores [11]. En este estudio se aplicó su versión multineutrosófica (SVMNS COPRAS) para manejar información imprecisa e incierta, propia de entornos médicos y de salud pública, así como la inclusión de múltiples evaluaciones por los recursos propuestos [12,18]. Esta metodología permitió identificar y priorizar estrategias eficaces para prevenir la transmisión vertical del virus de la hepatitis B en mujeres embarazadas, al evaluar criterios médicos, sociales y de salud pública. Asimismo, facilitó la selección de medidas óptimas en las etapas prenatal y postnatal, al contribuir a la reducción del riesgo de transmisión del VHB. Para la modelación del método SVMNS COPRAS involucra la siguiente metodología matemática:

- I. Definir los recursos, criterios y alternativas: Se seleccionan los expertos en la evaluación, así como se identifican los criterios relevantes y las estrategias que se desean evaluar y comparar. Por tanto, se deben determinar tres conjuntos neutrosóficos (conjunto de estrategias E_i , conjunto de criterios C_j y conjunto de recursos R_k).
- II. Asignación de pesos de cada recurso: Se determinan los pesos relativos de cada especialista en función del conocimiento y experiencia del tema abordado. Para determinar el peso de importancia en la toma de decisiones se utiliza la modelación del método AHP de Saaty neutrosófico (según la metodología consultada [13] [14]). Se debe especificar que para el desarrollo de este estudio cada recurso debe evaluar todos los criterios y las estrategias, por tanto, la modelación del método COPRAS se realiza en conjuntos multineutrosóficos de valor único (SVMNS COPRAS) para el desarrollo del presente estudio.
- III. Asignación de pesos a los criterios: Se determinan por los recursos los pesos relativos (w_h) de cada criterio para reflejar el peso de importancia en la toma de decisiones denominado por C_{jk} .
- IV. Evaluación de las alternativas: Se evalúan por cada recurso las estrategias en función de cada criterio y se les asigna una puntuación (denominado por l_{ijk}).
- V. Normalización de las puntuaciones: Para ello, se aplica la función score definida en la ecuación (7) para asegurar que todas las estrategias sean comparables.
- VI. Cálculo de la matriz de reglas de asociación: Se utiliza la matriz de reglas de asociación para combinar las puntuaciones y los pesos de los criterios para calcular una puntuación final para cada estrategia.
- VII. Ordenamiento de las alternativas: Se ordenan las estrategias en función de su puntuación final para determinar la mejor opción.

El método SVMNS COPRAS selecciona las mejores estrategias de decisión, al considerar las soluciones ideales y las peores-ideales [15], en una clasificación y evaluación paso a paso de las alternativas en términos de su importancia, indeterminación, dependencia y grado de utilidad [7]. El algoritmo del método SVMNS COPRAS consta de los siguientes pasos:

Paso 1: Cálculo de la matriz de decisión normalizada l_{ij}^* , mediante la Ecuación (10).

$$l_{ijk}^* = \frac{l_{ijk}}{\sum_{i=1}^m l_{ijk}} \quad (10)$$

Paso 2: Determinar la matriz de decisión normalizada multineutrosófica ponderada D_{hijk} , según la Ecuación (11).

$$D_{hijk} = l_{ijk}^* \cdot w_h = \begin{bmatrix} w_1 l_{11k} & w_2 l_{12k} & \cdots & w_h l_{1nk} \\ w_1 l_{21k} & w_2 l_{22k} & \cdots & w_h l_{2nk} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 l_{m1k} & w_2 l_{m2k} & \cdots & w_h l_{mnk} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Donde D_{hijk} es el valor del rendimiento multineutrosófico normalizado de r_k recursos, de i_{th} estrategias en j_{th} criterios y w_{hj} es el peso asociado a los criterios j_{th} .

Paso 3: Las sumas G_{i+} y G_{i-} de los valores normalizados ponderados, son calculadas tanto para los criterios beneficiosos (B) como para los no beneficiosos (NB) respectivamente. Estas sumas G_{i+} y G_{i-} son calculados mediante las Ecuaciones (12) y (13) respectivamente.

$$G_{i+} = \sum_{k=1}^k D_{hijk} \quad (12)$$

$$G_{i-} = \sum_{k=1}^k D_{hijk} \quad (13)$$

Paso 4: Determinar la importancia relativa de las estrategias Q_i mediante la Ecuación (14).

$$Q_i = G_i + \frac{\sum_{j=1}^m G_{i-}}{s_{i-} \sum_{j=1}^m \frac{1}{G_{i-}}} \quad (14)$$

La importancia relativa Q_i de una estrategia muestra el grado de satisfacción alcanzada por esta alternativa.

Paso 5: Cálculo del índice de rendimiento P_i de cada alternativa, al usar la Ecuación (15).

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \cdot 100 \quad (15)$$

Donde Q_{max} es el valor máximo de importancia relativa, por consiguiente, el valor del índice de rendimiento P_i se utiliza para obtener una clasificación completa de las estrategias determinadas por un conjunto de expertos. Por tanto, el método SVMNS COPRAS permite combinar la evaluación por múltiples recursos a diferentes criterios, y estrategias en situaciones de toma de decisiones multicriterio complejas e indeterminadas.

3. Manifestaciones de virus de la hepatitis B en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas

3.1 Aspectos moleculares, dinámicas epidemiológicas y características clínicas de la hepatitis B.

El virus de la hepatitis B (VHB) es un hepadnavirus con un genoma de ADN circular parcialmente bicatenario de aproximadamente 3,2 kb. Posee cuatro promotores, dos regiones potenciadoras y cuatro marcos de lectura abiertos que codifican distintas proteínas virales, como el antígeno de superficie (HBsAg), la polimerasa viral, la proteína transactiva X (HBx) y la proteína core (HBcAg), además del antígeno e (HBeAg).

Clasificación y distribución: El VHB se clasifica en ocho genotipos (A-H) con divergencias genéticas superiores al 8%. Su determinación se realiza mediante secuenciación del genoma completo o técnicas como RFLP. Los genotipos presentan una distribución geográfica específica: el genotipo A es común en Europa, Norteamérica, África e India, mientras que los genotipos F y H son los más divergentes y están relacionados con hepadnavirus que infectan primates del Nuevo Mundo.

Patogenia e inmunología: El VHB no es citopático directo; el daño hepático se atribuye principalmente a la respuesta inmunitaria celular, que elimina células infectadas. Mientras que, los factores como el TNF- α e interferones contribuyen a inhibir la replicación viral. De hecho, la infección puede evolucionar hacia:

- Hepatitis aguda con recuperación.
- Hepatitis crónica no progresiva.
- Hepatitis crónica progresiva que puede derivar en cirrosis o carcinoma hepatocelular.
- Insuficiencia hepática aguda.
- Estado de portador asintomático.

El riesgo de cronicidad depende de la edad al momento de la infección, al ser mayor en neonatos. La persistencia del virus se debe a su capacidad de integrarse en el ADN del huésped, al dificultar su erradicación completa.

Diagnóstico: El diagnóstico serológico incluye:

- HBsAg: Detectable antes de los síntomas y disminuye en 12 semanas si hay resolución.
- Anti-HBs: Surge tras la fase aguda y confiere inmunidad duradera.
- HBeAg, ADN-VHB y polimerasa del ADN: Indican replicación viral activa.

Impacto en el embarazo: Las mujeres embarazadas con hepatitis B presentan síntomas leves o ser asintomáticas. En algunos casos, se observan ictericia, elevación de enzimas hepáticas, dolor abdominal y náuseas. Existe riesgo de transmisión vertical al neonato, especialmente en presencia de una alta carga viral y marcadores serológicos como el HBeAg.

Tratamiento y prevención: El tratamiento antiviral en embarazadas se orienta a reducir la carga viral y prevenir la transmisión madre-hijo. Los fármacos recomendados incluyen:

- Tenofovir disoproxil fumarato (TDF): De primera elección, con eficacia probada en reducir la transmisión vertical.
- Telbivudina: Útil en ciertos casos, aunque presenta mayor riesgo de resistencia viral.
- Lamivudina: Menos recomendada debido a la aparición de resistencias.

Las medidas preventivas incluyen vacunación, control en la donación de sangre y órganos, prácticas sexuales seguras, esterilización en procedimientos invasivos y detección temprana mediante cribado del HBsAg. En casos de alto riesgo, se recomienda profilaxis con inmunoglobulina antihepatitis B (HBIG) combinada con la vacuna en neonatos. Por tanto, el manejo del VHB durante el embarazo requiere un trabajo multidisciplinario, al considerar factores individuales para optimizar la salud materno-fetal y minimizar el riesgo de transmisión.

3.2 Caso clínico: Primigesta con cirrosis hepática y hepatitis B crónica en embarazo

Se presenta el caso de una primigesta de 26 años que acudió a consulta externa a las nueve semanas de gestación debido a un alto riesgo obstétrico asociado a una cirrosis hepática secundaria a hepatitis B crónica de 12 años de evolución. La paciente presentaba hipertensión portal secundaria a la cirrosis, varices esofágicas, esplenomegalia significativa, plaquetopenia, leucopenia, además de la presencia de anticuerpos circulantes anti-músculos lisos y antinucleares.

En cuanto a los antecedentes médicos, la paciente recibía tratamiento con prednisona 5 mg cada 12 horas y azatioprina 50 mg al día para el manejo de su hepatitis B. Tras el diagnóstico de embarazo, se suspendió el tratamiento con azatioprina y se redujo la dosis de prednisona a 5 mg cada 24 horas.

Durante el primer trimestre, los análisis mostraron plaquetopenia ($40.000 \times 10^9/L$), elevación de las transaminasas (ALT 90 U/L, AST 97 U/L), serología positiva para hepatitis B, y un tiempo de Quick descendido (51%). Se realizó una determinación de beta-HCG y alfa-fetoproteína, cuyos resultados fueron normales. La prueba de O'Sullivan resultó patológica (197 mg/dl), lo que llevó a la realización de una curva de tolerancia a la glucosa, al confirmar un diagnóstico de diabetes gestacional a las 24 semanas de gestación. Dado que el control dietético no fue suficiente, se inició tratamiento con insulina NPH 19 UI diarias.

En la semana 25 de gestación, la paciente presentó metrorragia, al ser ingresada para observación. La exploración clínica y ecográfica fue normal. Sin embargo, se observó una caída de 2 g/dl en los niveles de hemoglobina (de 11.3 g/dl a 9.6 g/dl) y una disminución de cinco puntos en el hematocrito (de 34.4% a 29.9%). Se realizó una endoscopia digestiva para descartar sangrado por varices esofágicas, la cual no mostró signos de sangrado reciente. Además, los exámenes de sangre en heces fueron negativos. Ante estos resultados, se inició tratamiento con propanolol para la profilaxis del sangrado de las varices esofágicas y la paciente fue dada de alta en la semana 27, con tratamiento con hierro, propanolol 50 mg al día y prednisona 5 mg al día.

En la semana 29, la paciente reingresó debido a un nuevo sangrado genital acompañado de contracciones uterinas. En la exploración, no se evidenciaron cambios en el cuello uterino, y tras una ecografía se descartó patología placentaria. Se inició tratamiento tocolítico con nifedipina, lo que inhibió exitosamente la dinámica uterina. Además, se diagnosticó una infección urinaria que fue tratada con cefoxitina 500 mg cada 8 horas. Durante el control cardiotocográfico realizado a las 30 semanas, se observaron deceleraciones variables, por lo que se realizó una prueba de POSE, la cual resultó positiva, y se decidió realizar cesárea debido a sospecha de sufrimiento fetal.

Antes de la cesárea, se transfundieron plaquetas debido a una importante plaquetopenia ($30.000 \times 10^9/L$), aunque la transfusión fue suspendida por la aparición de una reacción ampollosa en la paciente, que cedió al suspender la transfusión y administrar corticoides endovenosos. La cesárea resultó en el nacimiento de un feto masculino de 1,220 gramos, con tres vueltas de cordón umbilical, un APGAR de 1, 1 y 3, y pH arterial de 7.20 y venoso de 7.26.

En el postoperatorio, la paciente presentó una infección urinaria y anemia severa (8.2 g/dl de hemoglobina y 23.9% de hematocrito), al ser tratada con amoxicilina-clavulánico 1 g cada 8 horas y hierro. La lactancia fue inhibida con parlofel, y la paciente fue dada de alta 13 días después de la cesárea. El neonato requirió reanimación intensa, con administración de atropina, adrenalina, bicarbonato e intubación, al ser ingresado en la unidad de cuidados intensivos neonatales (UCI). En la radiografía de tórax, se observó un pulmón blanco bilateral, sugestivo

de membrana hialina, tratado con surfactante, lo que permitió una buena respuesta clínica. A las 24 horas, el neonato presentó crisis convulsivas que cedieron con fenobarbital. Se le realizó una ecografía cerebral que mostró una hemorragia intraventricular de grado II, la cual evolucionó a grado IV. Además, presentó enteritis necrotizante y persistencia del ductus arterioso, al requerir intervención quirúrgica. A pesar del tratamiento para anemia e ictericia, su estado general se deterioró y el neonato falleció 14 días después de su ingreso.

Este caso muestra los desafíos clínicos que enfrentan las mujeres embarazadas con enfermedades hepáticas crónicas, como la hepatitis B, especialmente cuando se presentan complicaciones como cirrosis, hipertensión portal, varices esofágicas, diabetes gestacional y la necesidad de un manejo delicado para evitar la transmisión vertical del virus al neonato. Las complicaciones en el embarazo, tales como metrorragia, infecciones urinarias, y la presencia de un neonato prematuro con múltiples complicaciones neonatales, requieren un trabajo multidisciplinario para optimizar el manejo y los resultados de la madre y el hijo.

3.3. Modelación del método SVMNS COPRAS.

3.3.1. Etapas, selección y designación de los recursos.

La prevención eficaz de la transmisión vertical del virus de la hepatitis B (VHB) en mujeres gestantes requiere la implementación de medidas específicas respaldadas en estrategias durante los periodos clave: etapa prenatal y etapa postnatal. Cada una de estas fases corresponde a momentos críticos en los que es posible intervenir para minimizar el riesgo de transmisión materno-infantil.

Etapa prenatal: La fase prenatal abarca el periodo desde la concepción hasta el inicio del trabajo de parto. Durante esta etapa se priorizan intervenciones preventivas destinadas a la identificación temprana del VHB en la gestante, así como el manejo clínico oportuno para reducir la probabilidad de transmisión vertical.

Etapa postnatal: La etapa postnatal abarca el periodo tras el nacimiento del neonato, al constituir las primeras horas de vida un momento crítico para la implementación de medidas preventivas eficaces. En esta fase se debe garantizar la administración combinada de la inmunoglobulina específica contra la hepatitis B (HBIG) y la primera dosis de la vacuna contra el VHB dentro de las primeras 12 horas de vida, acción que puede reducir el riesgo de infección hasta en un 90%.

Para garantizar una evaluación multidimensional de las estrategias de prevención de la transmisión vertical del virus de la hepatitis B, se seleccionaron nueve recursos o especialistas con experiencia en áreas clave relacionadas con la prevención, el diagnóstico y el manejo de esta infección en mujeres embarazadas. Los perfiles profesionales se definieron al considerar su especialización, experiencia clínica y conocimientos en políticas de salud pública. Para ello, se propone el siguiente conjunto de recursos definido $R_k: \{R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9\}$, donde cada recurso corresponde a los siguientes especialistas $R_k: \{\text{médico infectólogo, obstetra, epidemiólogo, profesional de enfermería materno-infantil, psicólogo clínico, microbiólogo clínico, trabajador social en salud pública, médico pediatra especializado en neonatología, especialista en salud pública}\}$.

Para determinar y medir el nivel de conocimiento y experiencia de cada recurso se procedió a modelar el método AHP de Saaty neutrosófico que permite comparar elementos mediante juicios expertos en una matriz de comparación pareada. En este caso, se construyó una matriz de 9x9 (especialistas), para modelar el peso de importancia de cada uno en función de su experiencia, participación en proyectos y conocimientos clínico-comunitarios, así como la consistencia del método aplicado (ver tabla 1 y 2).

Tabla 1: Matriz pareada AHP neutrosófico. Fuente: Elaboración propia.

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
1	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$
$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	1	$\langle(3,4,5);0.6, 0.0.35,0.40\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,2,3);0.4, 0.0.65,0.60\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$
$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$	$\langle(3,4,5);0.6, 0.0.35,0.40\rangle$	1	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$
$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	1	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$	$\langle(1,2,3);0.4, 0.0.65,0.60\rangle$	$\langle(6,7,8);0.9, 0.0.10,0.10\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$
$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	1	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$
$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	1	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$
$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,2,3);0.4, 0.0.65,0.60\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$	$\langle(1,2,3);0.4, 0.0.65,0.60\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	1	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$
$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(6,7,8);0.9, 0.0.10,0.10\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3, 0.0.75,0.70\rangle$	1	$\langle(1,1,1);0.5, 0.0.50,0.50\rangle$

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
$\langle(2,3,4);0.3,0,0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3,0,0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3,0,0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5,0,0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3,0,0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.3,0,0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5,0,0.50,0.50\rangle$	$\langle(1,1,1);0.5,0,0.50,0.50\rangle$	1

Tabla 2: Análisis de la consistencia según AHP Neutrosófico. Fuente: Elaboración propia.

Especialistas	Peso	Valores propios
R1	1.54	0.15
R2	1.09	0.11
R3	1.52	0.14
R4	0.42	0.04
R5	1.68	0.16
R6	0.56	0.06
R7	0.61	0.06
R8	2.07	0.21
R9	0.74	0.07

IC=0.15 y RC=0.10
Por tanto, es consistente la modelación

Análisis de resultados:

- El especialista 8 obtuvo el mayor peso de importancia (0.21), al destacar por su experiencia amplia y participación activa en programas de prevención.
- El especialista 5 se posicionó en segundo lugar (0.16), al evidenciar un rol clave en la implementación de estrategias clínicas y comunitarias.
- El especialista 1 obtuvo un peso significativo (0.15) debido a su balance en experiencia y conocimiento teórico-práctico.
- El especialista 4 con menor peso (0.04), aporta en aspectos complementarios en la prevención de la hepatitis B.

3.3.2. Definición de los criterios.

Se han seleccionado cinco criterios clave para evaluar las siete estrategias propuestas en la prevención de la hepatitis B en mujeres embarazadas en las etapas prenatal y postnatal (ver tabla 3). Cada criterio ha sido ponderado en función de su impacto en el entorno clínico, social y preventivo por cada recurso en función de prevenir esta afección, de modo que se obtenga su peso de importancia (w_h) resultante (ver tabla 4).

Tabla 3: Selección de criterios. Fuente: Elaboración propia.

No.	Criterio	Descripción
C1	Cobertura poblacional	Alcance de la estrategia en mujeres embarazadas, especialmente en zonas rurales.
C2	Viabilidad de implementación	Facilidad de aplicación en distintos entornos de atención médica.
C3	Eficacia preventiva	Capacidad de la estrategia para prevenir la transmisión vertical del VHB.
C4	Costo	Relación entre el costo de la estrategia y su impacto en la prevención del VHB.
C5	Impacto educativo y social	Capacidad de la estrategia para generar conocimiento y sensibilización social.

Tabla 4: Evaluación multineutrosófica de cada criterio según la ecuación (7). Fuente: Elaboración propia.

$(\{T_1, T_2, T_3\}, \{I_1, I_2\}, \{F_1, F_2, F_3, F_4\})$	(T_a, I_a, F_a)	w_h	Score (S)
C1($\{0.7, 0.8, 0.6\}, \{0.8, 0.1\}, \{0.9, 0.3, 0.9, 0.9\}$)	(0.7, 0.45, 0.75)	0.18	0.50
C2($\{0.7, 0.3, 0.5\}, \{0.5, 0.1\}, \{0.4, 0.1, 0.2, 0.5\}$)	(0.5, 0.45, 0.3)	0.22	0.58
C3($\{0.9, 0.3, 0.9\}, \{0.1, 0.1\}, \{0.1, 0.1, 0.7, 0.4\}$)	(0.7, 0.3, 0.33)	0.25	0.69
C4($\{0.4, 0.8, 0.7\}, \{0.9, 0.1\}, \{0.7, 0.4, 0.9, 0.1\}$)	(0.63, 0.55, 0.53)	0.19	0.52
C5($\{0.3, 0.3, 0.2\}, \{0.6, 0.1\}, \{0.1, 0.3, 0.4, 0.3\}$)	(0.27, 0.6, 0.28)	0.16	0.46

Análisis de los resultados: Se obtuvo que los criterios de mayor peso son *eficacia preventiva* (0.25) y la *viabilidad de implementación* (0.22) en la evaluación de las estrategias a presentar. Por otro lado, como no existen criterios de igual peso no es necesario aplicar las funciones de accuracy y certainty descritas en la *definición 8 del epígrafe 2.1*. Se debe aclarar, además, que los criterios C1, C2, C3 y C5 son clasificados como beneficiosos (B).

Mientras que C_4 , se clasifica como no beneficiosos (NB) según se define en el paso 3 del método SVMNS COPRAS.

3.3.3. Selección y evaluación de las estrategias: Prevención de la hepatitis B en mujeres embarazadas.

Una vez definido los pesos de importancia de cada criterio se procede a determinar las con sus respectivas medidas preventivas. Por tanto, para mejorar la prevención de la hepatitis B y sus consecuencias en mujeres embarazadas, es fundamental implementar estrategias de intervención y educación que promuevan la conciencia, la detección temprana y las medidas preventivas (ver tabla 5).

Tabla 5: Estrategias para la prevención de la hepatitis B en mujeres embarazadas. Fuente: Elaboración propia.

No.	Estrategia	Objetivo	Acción	Descripción	Resultado
E1	Prevención de la transmisión de hepatitis B a través de procedimientos médicos y no médicos.	Evitar la transmisión de la hepatitis B por procedimientos no seguros.	Establecer directrices y promover la esterilización de equipos médicos, y garantizar la seguridad de procedimientos como tatuajes y perforaciones.	Sensibilizar a la población (sobre todo en mujeres embarazadas) sobre los riesgos de procedimientos inseguros y promover el uso de métodos estériles.	Certificación de procedimientos seguros de tatuaje y perforación.
E2	Incorporación de la prueba de HBsAg	Asegurar la detección temprana del HBsAg en todas las mujeres embarazadas para identificar a las portadoras del virus y proporcionarles tratamiento preventivo.	Integrar la prueba de HBsAg en los análisis rutinarios de la atención prenatal, al realizar un seguimiento cercano de los casos positivos.	Acompañar la toma de la prueba con una explicación clara sobre la importancia de la misma y los beneficios para la salud del bebé.	Prevención de la transmisión del virus de madre a hijo. Detección de hemoderivados.
E3	Intervenciones postnatales	Asegurar que los recién nacidos de madres infectadas con hepatitis B reciban la inmunoglobulina (HBIG) y la vacunación en el primer período postnatal.	Establecer protocolos para la administración de HBIG y las vacunas a los recién nacidos en las primeras horas de vida.	Proveer seguimiento para garantizar que el bebé reciba todas las dosis de la vacuna contra la hepatitis B y realizar un monitoreo a largo plazo del estado de salud del neonato.	Prevención de la transmisión del virus de madre a hijo, vacunación.
E4	Programas de educación prenatal	Proveer información clara y accesible sobre la hepatitis B, sus riesgos para la madre y el bebé, y las medidas preventivas disponibles.	Desarrollar materiales educativos, como folletos, videos y charlas, al explicar la importancia de la vacunación, pruebas de HBsAg y tratamiento.	Incluir estas sesiones como parte del programa de atención prenatal, al asegurar que todas las mujeres embarazadas reciban educación continua durante el embarazo.	Vacunación, práctica de sexo seguro. Prevención de la transmisión del virus de madre a hijo.
E5	Fortalecimiento de la comunicación y sensibilización comunitaria	Reducir el estigma asociado a la hepatitis B y promover una educación de prevención a las comunidades.	Realizar campañas de sensibilización en comunidades, al utilizar testimonios de personas que hayan superado la enfermedad y expertos en salud pública.	Utilizar medios de comunicación locales, redes sociales y grupos de apoyo para difundir la necesidad de la vacunación y las medidas preventivas.	Practica de sexo seguro. Certificación de procedimientos seguros de tatuaje y perforación.
E6	Capacitación de profesionales de la salud	Mejorar la capacidad de los profesionales de la salud para diagnosticar y manejar casos de hepatitis B en mujeres embarazadas.	Organizar talleres de formación continua para médicos, obstetras, enfermeras y personal de salud comunitaria sobre la prevención de la transmisión vertical.	Promover el conocimiento de las pautas de profilaxis, como la administración de inmunoglobulina (HBIG) y la vacunación del neonato.	Uso adecuado de control de infecciones. Detección de hemoderivados.
E7	Accesibilidad y equidad en la atención	Garantizar que todas las mujeres embarazadas	Ofrecer servicios gratuitos o subsidiados de	Crear alianzas con organizaciones no gubernamentales	Vacunación y prevención de la transmisión

No.	Estrategia	Objetivo	Acción	Descripción	Resultado
		tengan acceso a la prevención de la hepatitis B, independientemente de su nivel socioeconómico.	pruebas de HBsAg, vacunación y tratamiento preventivo para las mujeres embarazadas en áreas rurales o marginadas.	mentales y servicios públicos de salud para ampliar la cobertura de estas intervenciones.	del virus de madre a hijo.
E8	Apoyo psicosocial y consejería	Brindar apoyo emocional y psicológico a las mujeres embarazadas diagnosticadas con hepatitis B.	Establecer servicios de consejería para ayudar a las mujeres a manejar el diagnóstico, entender el tratamiento y reducir el miedo o el estigma.	Promover grupos de apoyo tanto en línea como presenciales para compartir experiencias y proporcionar apoyo social.	Practica de sexo seguro y prevención de la transmisión del virus de madre a hijo.

A continuación, se procede a desarrollar la modelación con el método SVMNS COPRAS para la evaluación de las estrategias de intervención de acuerdo con múltiples criterios ponderados por diferentes recursos. Este análisis incluye aspectos múltiples de verdad, indeterminación y falsedad de las respuestas obtenidas que permite determinar qué estrategias son las más efectivas para cada etapa de la intervención (prenatal y postnatal). De igual forma, el proceso de clasificación refleja cómo cada estrategia puntúa según estos criterios y cómo se posiciona en comparación con las demás en función de su rendimiento global (ver tabla 6 a la 8).

Tabla 6: Matriz de decisión SVMNS COPRAS para cada etapa. Fuente: Elaboración propia.

Etapa prenatal ($\{T_1, T_2, T_3\}, \{I_1, I_2, I_3\}, \{F_1, F_2, F_3\}$)		Etapa postnatal ($\{T_1, T_2, T_3\}, \{I_1, I_2, I_3\}, \{F_1, F_2, F_3\}$)	
C1			
Peso: (0.67,0.35,0.68)			
E1($\{0.8,0.5,0.1\}, \{0.9,0.7,0.8\}, \{0.4,0.7,0.8\}$)		E1($\{0.5,0.7,0.2\}, \{0.7,0.2,0.3\}, \{0.2,0.6,0.2\}$)	
E2($\{0.2,0.3,0.5\}, \{0.3,0.2,0.7\}, \{0.4,0.9,0.4\}$)		E2($\{0.3,0.4,0.7\}, \{0.2,0.2,0.3\}, \{0.3,0.2,0.6\}$)	
E3($\{0.8,0.6,0.4\}, \{0.6,0.2,0.4\}, \{0.2,0.5,0.3\}$)		E3($\{0.6,0.6,0.4\}, \{0.3,0.2,0.1\}, \{0.9,0.6,0.8\}$)	
E4($\{0.2,0.4,0.4\}, \{0.5,0.2,0.2\}, \{0.5,0.5,0.6\}$)		E4($\{0.5,0.2,0.8\}, \{0.5,0.2,0.4\}, \{0.1,0.2,0.3\}$)	
E5($\{0.3,0.1,0.9\}, \{0.6,0.2,0.3\}, \{0.8,0.1,0.6\}$)		E5($\{0.6,0.6,0.1\}, \{0.6,0.2,0.9\}, \{0.1,0.4,0.9\}$)	
E6($\{0.6,0.7,0.1\}, \{0.3,0.2,0.5\}, \{0.8,0.4,0.6\}$)		E6($\{0.4,0.6,0.8\}, \{0.7,0.2,0.7\}, \{0.6,0.1,0.3\}$)	
E7($\{0.4,0.2,0.3\}, \{0.7,0.2,0.8\}, \{0.4,0.4,0.3\}$)		E7($\{0.5,0.9,0.3\}, \{0.9,0.2,0.1\}, \{0.1,0.3,0.3\}$)	
E8($\{0.1,0.5,0.1\}, \{0.1,0.2,0.4\}, \{0.7,0.9,0.9\}$)		E8($\{0.1,0.1,0.6\}, \{0.2,0.2,0.1\}, \{0.3,0.6,0.3\}$)	
C2			
Peso: (0.23,0.35,0.38)			
E1($\{0.4,0.9,0.8\}, \{0.6,0.7,0.1\}, \{0.2,0.9,0.2\}$)		E1($\{0.7,0.2,0.1\}, \{0.1,0.2,0.5\}, \{0.8,0.8,0.8\}$)	
E2($\{0.7,0.6,0.4\}, \{0.9,0.7,0.1\}, \{0.6,0.1,0.3\}$)		E2($\{0.3,0.4,0.7\}, \{0.2,0.2,0.3\}, \{0.3,0.2,0.6\}$)	
E3($\{0.2,0.1,0.7\}, \{0.6,0.7,0.8\}, \{0.6,0.9,0.3\}$)		E3($\{0.6,0.6,0.4\}, \{0.3,0.2,0.1\}, \{0.9,0.6,0.8\}$)	
E4($\{0.1,0.2,0.8\}, \{0.2,0.7,0.3\}, \{0.1,0.1,0.6\}$)		E4($\{0.5,0.2,0.8\}, \{0.5,0.2,0.4\}, \{0.1,0.2,0.3\}$)	
E5($\{0.9,0.7,0.3\}, \{0.5,0.7,0.8\}, \{0.7,0.9,0.1\}$)		E5($\{0.6,0.6,0.1\}, \{0.6,0.2,0.9\}, \{0.1,0.4,0.9\}$)	
E6($\{0.9,0.3,0.3\}, \{0.5,0.7,0.8\}, \{0.1,0.9,0.2\}$)		E6($\{0.4,0.6,0.8\}, \{0.7,0.2,0.7\}, \{0.6,0.1,0.3\}$)	
E7($\{0.5,0.9,0.2\}, \{0.3,0.7,0.7\}, \{0.2,0.8,0.4\}$)		E7($\{0.5,0.9,0.3\}, \{0.9,0.2,0.1\}, \{0.1,0.3,0.3\}$)	
E8($\{0.7,0.9,0.2\}, \{0.4,0.7,0.6\}, \{0.7,0.1,0.2\}$)		E8($\{0.1,0.1,0.6\}, \{0.2,0.2,0.1\}, \{0.3,0.6,0.3\}$)	
C3			
Peso: (0.47,0.45,0.63)			
LE1($\{0.3,0.3,0.7\}, \{0.1,0.7,0.2\}, \{0.1,0.1,0.6\}$)		LE1($\{0.2,0.6,0.2\}, \{0.3,0.2,0.9\}, \{0.6,0.6,0.8\}$)	
LE2($\{0.1,0.1,0.6\}, \{0.9,0.7,0.1\}, \{0.6,0.6,0.2\}$)		LE2($\{0.6,0.2,0.2\}, \{0.8,0.2,0.3\}, \{0.1,0.4,0.1\}$)	
LE3($\{0.7,0.7,0.2\}, \{0.8,0.7,0.1\}, \{0.3,0.8,0.1\}$)		LE3($\{0.1,0.8,0.5\}, \{0.3,0.2,0.1\}, \{0.7,0.3,0.5\}$)	
LE4($\{0.1,0.3,0.2\}, \{0.3,0.7,0.1\}, \{0.5,0.6,0.9\}$)		LE4($\{0.6,0.6,0.9\}, \{0.1,0.2,0.9\}, \{0.1,0.4,0.4\}$)	
LE5($\{0.4,0.4,0.9\}, \{0.1,0.7,0.5\}, \{0.5,0.9,0.5\}$)		LE5($\{0.8,0.5,0.3\}, \{0.7,0.2,0.4\}, \{0.9,0.1,0.7\}$)	
LE6($\{0.8,0.8,0.7\}, \{0.7,0.7,0.6\}, \{0.3,0.1,0.6\}$)		LE6($\{0.2,0.7,0.9\}, \{0.5,0.2,0.2\}, \{0.4,0.6,0.1\}$)	
LE7($\{0.4,0.1,0.1\}, \{0.1,0.7,0.8\}, \{0.6,0.5,0.2\}$)		LE7($\{0.7,0.4,0.7\}, \{0.7,0.2,0.5\}, \{0.2,0.2,0.4\}$)	
LE8($\{0.8,0.5,0.5\}, \{0.5,0.7,0.7\}, \{0.3,0.6,0.2\}$)		LE8($\{0.6,0.6,0.8\}, \{0.9,0.2,0.5\}, \{0.3,0.1,0.9\}$)	
C4			
Peso: (0.8,0.45,0.35)			
LE1($\{0.3,0.3,0.7\}, \{0.1,0.7,0.2\}, \{0.1,0.1,0.6\}$)		LE1($\{0.2,0.6,0.2\}, \{0.3,0.2,0.9\}, \{0.6,0.6,0.8\}$)	
LE2($\{0.1,0.1,0.6\}, \{0.9,0.7,0.1\}, \{0.6,0.6,0.2\}$)		LE2($\{0.6,0.2,0.2\}, \{0.8,0.2,0.3\}, \{0.1,0.4,0.1\}$)	
LE3($\{0.7,0.7,0.2\}, \{0.8,0.7,0.1\}, \{0.3,0.8,0.1\}$)		LE3($\{0.1,0.8,0.5\}, \{0.3,0.2,0.1\}, \{0.7,0.3,0.5\}$)	
LE4($\{0.1,0.3,0.2\}, \{0.3,0.7,0.1\}, \{0.5,0.6,0.9\}$)		LE4($\{0.6,0.6,0.9\}, \{0.1,0.2,0.9\}, \{0.1,0.4,0.4\}$)	
LE5($\{0.4,0.4,0.9\}, \{0.1,0.7,0.5\}, \{0.5,0.9,0.5\}$)		LE5($\{0.8,0.5,0.3\}, \{0.7,0.2,0.4\}, \{0.9,0.1,0.7\}$)	

Etapa prenatal ($\{T_1, T_2, T_3\}, \{I_1, I_2, I_3\}, \{F_1, F_2, F_3\}$)			Etapa postnatal ($\{T_1, T_2, T_3\}, \{I_1, I_2, I_3\}, \{F_1, F_2, F_3\}$)		
LE6($\{0.8, 0.8, 0.7\}, \{0.7, 0.7, 0.6\}, \{0.3, 0.1, 0.6\}$)			LE6($\{0.2, 0.7, 0.9\}, \{0.5, 0.2, 0.2\}, \{0.4, 0.6, 0.1\}$)		
LE7($\{0.4, 0.1, 0.1\}, \{0.1, 0.7, 0.8\}, \{0.6, 0.5, 0.2\}$)			LE7($\{0.7, 0.4, 0.7\}, \{0.7, 0.2, 0.5\}, \{0.2, 0.2, 0.4\}$)		
LE8($\{0.8, 0.5, 0.5\}, \{0.5, 0.7, 0.7\}, \{0.3, 0.6, 0.2\}$)			LE8($\{0.6, 0.6, 0.8\}, \{0.9, 0.2, 0.5\}, \{0.3, 0.1, 0.9\}$)		
C5					
Peso: (0.53,0.6,0.45)					
LE1($\{0.1, 0.8, 0.3\}, \{0.7, 0.7, 0.7\}, \{0.5, 0.5, 0.4\}$)			LE1($\{0.8, 0.1, 0.5\}, \{0.3, 0.2, 0.8\}, \{0.6, 0.4, 0.7\}$)		
LE2($\{0.9, 0.8, 0.9\}, \{0.9, 0.7, 0.1\}, \{0.8, 0.6, 0.4\}$)			LE2($\{0.7, 0.7, 0.8\}, \{0.8, 0.2, 0.5\}, \{0.4, 0.8, 0.3\}$)		
LE3($\{0.8, 0.7, 0.4\}, \{0.9, 0.7, 0.8\}, \{0.2, 0.8, 0.5\}$)			LE3($\{0.4, 0.3, 0.2\}, \{0.5, 0.2, 0.4\}, \{0.8, 0.1, 0.8\}$)		
LE4($\{0.2, 0.9, 0.9\}, \{0.3, 0.7, 0.6\}, \{0.5, 0.7, 0.6\}$)			LE4($\{0.8, 0.3, 0.9\}, \{0.2, 0.2, 0.9\}, \{0.3, 0.3, 0.2\}$)		
LE5($\{0.2, 0.8, 0.1\}, \{0.1, 0.7, 0.5\}, \{0.1, 0.7, 0.1\}$)			LE5($\{0.9, 0.3, 0.8\}, \{0.2, 0.2, 0.7\}, \{0.6, 0.8, 0.3\}$)		
LE6($\{0.2, 0.8, 0.5\}, \{0.9, 0.7, 0.2\}, \{0.1, 0.1, 0.8\}$)			LE6($\{0.2, 0.7, 0.5\}, \{0.3, 0.2, 0.2\}, \{0.2, 0.8, 0.8\}$)		
LE7($\{0.9, 0.8, 0.4\}, \{0.1, 0.7, 0.1\}, \{0.9, 0.2, 0.5\}$)			LE7($\{0.5, 0.3, 0.5\}, \{0.5, 0.2, 0.9\}, \{0.2, 0.1, 0.3\}$)		
LE8($\{0.3, 0.5, 0.8\}, \{0.1, 0.7, 0.3\}, \{0.9, 0.2, 0.1\}$)			LE8($\{0.4, 0.9, 0.2\}, \{0.3, 0.2, 0.8\}, \{0.1, 0.3, 0.1\}$)		

Tabla 7: Determinar G_{i-} , G_{i+} , Q_i y P_i para la etapa prenatal, según la Ecuación (7, 12-15). Fuente: Elaboración propia.

	G_{i+}	G_{i-}	$1/G_{i-}$	Q_i	P_i	Ranking
Máxima				1.619		
E1	0.8819	0.8018	1.247193814	0.931	57.50%	8
E2	1.2771	0.1159	8.628127696	1.619	100.00%	1
E3	0.8905	0.1634	6.11995104	1.133	69.98%	7
E4	1.0507	0.1159	8.628127696	1.393	86.04%	2
E5	0.9123	0.1729	5.783689994	1.142	70.54%	6
E6	1.106	0.2204	4.537205082	1.286	79.43%	4
E7	1.0429	0.1387	7.209805335	1.329	82.09%	3
E8	0.9426	0.1729	5.783689994	1.172	72.39%	5
Total		1.902	47.938			

Tabla 8. Determinar G_{i-} , G_{i+} , Q_i y P_i para la etapa postnatal, según la Ecuación (7, 12-15). Fuente: Elaboración propia.

	G_{i+}	G_{i-}	$1/G_{i-}$	Q_i	P_i	Ranking
Máxima				1.367		
E1	0.9566	0.5814	1.71998624	1.040	76.08%	8
E2	1.0291	0.1862	5.37056928	1.291	94.44%	4
E3	1.1161	0.1938	5.15995872	1.367	100.00%	1
E4	1.0087	0.19	5.263157895	1.265	92.54%	5
E5	0.9534	0.1824	5.48245614	1.220	89.25%	6
E6	1.0663	0.19	5.263157895	1.323	96.78%	3
E7	1.0767	0.1957	5.109862034	1.326	97.00%	2
E8	0.8953	0.1786	5.599104143	1.168	85.44%	7
Total		1.898	38.968			

Análisis de los resultados: Los resultados obtenidos del SVMNS COPRAS muestran que la incorporación de la prueba de HBsAg es consistentemente la estrategia más efectiva a lo largo de todas las etapas, debido a su impacto directo en la prevención de la transmisión de Hepatitis B. Sin embargo, la accesibilidad y equidad en la atención se mantiene como una estrategia clave en las etapas, especialmente en las fases donde el acceso oportuno a los servicios es crítico. [19,20]

Las estrategias relacionadas con apoyo psicosocial y consejería y comunicación comunitaria son significativas, pero se clasifican en posiciones más bajas, dado que tienen un impacto menos directo en la prevención de la transmisión. Por otro lado, la capacitación de los profesionales de la salud también juega un papel esencial, especialmente en la mejora de la calidad de la atención médica, pero está algo relegada en las etapas postnatales donde la intervención directa es más determinante.

4. Discusión

El análisis con el SVMNS COPRAS ha confirmado que la prueba de HBsAg es la estrategia más eficaz para prevenir la transmisión vertical de la hepatitis B, al identificar tempranamente la infección materna. Por otro lado,

la evaluación multineutrosófica ha identificado que la accesibilidad y equidad en la atención se mantiene como una estrategia clave, en especial en fases críticas del proceso. [21,22]

Este estudio ha contribuido al entendimiento del VHB y al conocimiento sobre la enfermedad, por tanto, se espera que futuros estudios investigativos se orienten en establecer una base de datos para desarrollar intervenciones más efectivas, al mejorar la salud pública en la región. Así como la implementación a nivel de políticas públicas para mejorar la salud materno-infantil de manera más accesible y efectiva en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

5. Conclusión

El estudio ha evidenciado que el virus de la hepatitis B aumenta el riesgo de complicaciones graves durante el embarazo, al afectar tanto a la madre como al recién nacido. El análisis con el SVMNS COPRAS ha demostrado que la prueba de HBsAg es esencial para prevenir la transmisión vertical, al permitir intervenciones tempranas como la vacunación y la administración de inmunoglobulina (HBIG). Además, de la accesibilidad y equidad en la atención que constituyen elementos clave para el éxito de estas estrategias. Por otro lado, se ha propuesto la creación de una base de datos actualizada, con el objetivo de realizar estudios posteriores que contribuyan a reducir el desconocimiento sobre la hepatitis B y la transmisión del virus, dada la gravedad de sus complicaciones para la comunidad. También se busca evidenciar el problema que enfrenta la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas en relación con esta problemática.

Referencias

- [1] Y. Park, J. Heo, D. Kang, and G. Y. Gwak, "Impact of Maternal Hepatitis B Virus Infection on Congenital Heart Disease Risk in Offspring: A National Cohort Study," *Journal of Viral Hepatitis*, vol. 32, no. 4, p. e14036, 2025. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jvh.14036>.
- [2] X. Yuan *et al.*, "Maternal infection with hepatitis B virus before pregnancy and risk of congenital malformations in offspring: a record-linkage study of a large national sample from China," *The Lancet Regional Health–Western Pacific*, vol. 48, no. July, pp. 1-9, 2024. [Online]. Available: [https://www.thelancet.com/journals/lanwpc/article/PIIS2666-6065\(24\)00115-9/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanwpc/article/PIIS2666-6065(24)00115-9/fulltext).
- [3] D. M. Higgins and S. T. O’Leary, "Prevention of Perinatal Hepatitis B Transmission," *Obstetrics and Gynecology Clinics*, vol. 50, no. 2, pp. 349-361, 2023. [Online]. Available: [https://www.obgyn.theclinics.com/article/S0889-8545\(23\)00041-4/abstract](https://www.obgyn.theclinics.com/article/S0889-8545(23)00041-4/abstract).
- [4] M. Velandia-González *et al.*, "Monitoring progress of maternal and neonatal immunization in Latin America and the Caribbean," *Vaccine*, vol. 39, pp. B55-B63, 2021/07/30/ 2021. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264410X2031611X>.
- [5] M. Saeed, M. Ahsan, M. H. Saeed, A. Mehmood, and T. Abdeljawad, "An application of neutrosophic hypersoft mapping to diagnose hepatitis and propose appropriate treatment," *IEEE Access*, vol. 9, no. May pp. 70455-70471, 2021. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9424612>.
- [6] H. J. Kabore, "Progress toward hepatitis B control and elimination of mother-to-child transmission of hepatitis B virus—World Health Organization African Region, 2016–2021," *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, vol. 72, no. 29, pp. 782-787, 2023. [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/72/wr/mm7229a2.htm>.
- [7] G. Wei, J. Wu, Y. Guo, J. Wang, and C. Wei, "AN EXTENDED COPRAS MODEL FOR MULTIPLE ATTRIBUTE GROUP DECISION MAKING BASED ON SINGLE-VALUED NEUTROSOPHIC 2-TUPLE LINGUISTIC ENVIRONMENT," *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 27, no. 2, pp. 353-368, 2021. [Online]. Available: <https://journals.vilniustech.lt/index.php/TEDE/article/view/14057>.
- [8] E. González Caballero, M. Leyva Vázquez, and F. Smarandache, "On neutrosophic uninorms," *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 45, no. 2021, pp. 340-348, 2021. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol45/iss1/22.
- [9] S. Dhouib, "Optimization of travelling salesman problem on single valued triangular neutrosophic number using dhouib-matrix-TSP1 heuristic," *International Journal of Engineering*, vol. 34, no. 12, pp. 2642-2647, 2021. [Online]. Available: https://www.ije.ir/article_137445.html.
- [10] T. A. Al-Tamimi, L. A. Al-Swidi, and A. H. Al-Obaidi, "New Concepts in Partner Multineutrosophic Topological Space," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS)*, vol. 24, no. 3, p. 172, 2024. [Online]. Available: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagcd%3A1%3A16610129/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aagcd%3A180913659&crl=c&link_origin=scholar.google.es.
- [11] J. Lu, S. Zhang, J. Wu, and Y. Wei, "COPRAS METHOD FOR MULTIPLE ATTRIBUTE GROUP DECISION MAKING UNDER PICTURE FUZZY ENVIRONMENT AND THEIR APPLICATION TO GREEN SUPPLIER

- SELECTION," *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 27, no. 2, pp. 369-385, 2021. [Online]. Available: <https://journals.vilniustech.lt/index.php/TEDE/article/view/14211>.
- [12] I. M. Hezam, A. R. Mishra, P. Rani, A. Saha, F. Smarandache, and D. Pamucar, "An integrated decision support framework using single-valued neutrosophic-MASWIP-COPRAS for sustainability assessment of bioenergy production technologies," *Expert Systems with Applications*, vol. 211, no. January, pp. 2-6, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417422017092>.
- [13] P. E. Rodríguez Palomo, S. G. Suárez Peña, P. E. Salinas Aguilar, and S. Mirzaliyev, "Neutrosophic Analytical Hierarchy Process (NAHP) for Addressing Cyber violence," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS)*, vol. 25, no. 1, p. 439, 2025. [Online]. Available: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagcd%3A7%3A16610183/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aagcd%3A182028433&crl=c&link_origin=scholar.google.es.
- [14] H. Yilmaz, S. Karadayi-Usta, and S. Yanik, "A novel neutrosophic AHP-Copeland approach for distance education: towards sustainability," *Interactive Learning Environments*, vol. 32, no. 5, pp. 2152-2174, 2024/05/27 2024. [Online]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10494820.2022.2141265>.
- [15] I. Gokasar, V. Simic, M. Deveci, and T. Senapati, "Alternative prioritization of freeway incident management using autonomous vehicles in mixed traffic using a type-2 neutrosophic number based decision support system," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 123, no. August, pp. 6-11, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0952197623003676>.
- [16] 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
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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
- [21] 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.
- [22] 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 20, 2025