

## **Novedosa herramienta de apoyo para tomar decisiones en diagnóstico, tratamiento y pronóstico de cardiópatas embarazadas**

### **New Support Tool to Decision Making in Diagnosis, Treatment and Prognosis for Cardiovascular Diseases during Pregnancy**

Salah Hasan Al-subhi<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0029-1333>

Pedro Antonio Román Rubio<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7493-0222>

Pedro Piñero Pérez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7635-8290>

Gaafar Sadeq S. Mahdi<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4834-6900>

Maikel Leyva-Vázquez<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7911-5879>

<sup>1</sup>Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.

<sup>2</sup>Servicio Nacional de Cardiopatía y Embarazo, Hospital Docente Ginecobstétrico "Ramón González Coro". Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. La Habana, Cuba.

<sup>3</sup>Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Computación. Guayaquil, Ecuador.

\*Autor para la correspondencia: [salahcuba@yahoo.com](mailto:salahcuba@yahoo.com)

## **RESUMEN**

**Introducción:** El diagnóstico y tratamiento de las enfermedades cardiovasculares durante el embarazo se caracterizan por la escasez de investigaciones y estudios prospectivos, así como por la falta de consenso entre los expertos en el tratamiento de estas enfermedades. Esta situación atenta generalmente contra la precisión de las decisiones tomadas por los médicos en escenarios con bajo nivel de experticia. Además, en el tratamiento de estas patologías se presentan situaciones de indeterminación, incertidumbre y vaguedad en la información.

**Objetivos:** Proponer una novedosa herramienta de apoyo para la toma de decisión, para el diagnóstico, tratamiento y pronóstico de enfermedades cardiovasculares durante el embarazo, que contribuya a elevar la eficacia de las decisiones médicas y a mitigar la falta de experticia en el tratamiento de estas enfermedades.

**Métodos:** La herramienta basada en mapas cognitivos neutrosóficos, con números neutrosóficos triangulares se validó a partir de su aplicación para el diagnóstico, tratamiento y pronóstico de enfermedades cardiovasculares durante el embarazo. La base de datos propuesta estuvo conformada por 424 embarazadas que presentan diferentes enfermedades cardiovasculares. Estos datos fueron aportados por el Servicio Nacional de Cardiopatía y Embarazos.

**Resultados:** Los resultados de la aplicación de la herramienta propuesta demostraron su uso efectivo en el tratamiento de las enfermedades cardiovasculares durante el embarazo. Esto fue avalado por la evaluación satisfactoria de los expertos atendiendo a los criterios: diagnóstico, tratamiento, pronóstico y tiempo de respuesta. En este artículo se propuso esta novedosa herramienta de apoyo a la toma de decisión basada en mapas cognitivos difusos con números neutrosóficos triangulares.

**Conclusiones:** La herramienta propuesta ayudó a elevar la eficacia de las decisiones médicas asociadas al diagnóstico y tratamiento de las enfermedades cardiovasculares durante el embarazo, en escenarios con una baja experticia. Su uso contribuyó a evitar complicaciones en las pacientes y por tanto al ahorro de recursos e insumos médicos; contribuyó, además, a reducir el tiempo del diagnóstico y a la mejora de la calidad de vida de las embarazadas cardiópatas durante el embarazo.

**Palabras clave:** mapas cognitivos neutrosóficos; números neutrosóficos triangulares; embarazadas cardiópatas.

## ABSTRACT

**Introduction:** The diagnosis and treatment of cardiovascular diseases during pregnancy are characterized by the scarcity of research and prospective studies, as well as lack of consensus among experts in the treatment. This situation generally threatens the precision of the decisions made by doctors in settings with low level of expertise. Furthermore, when treating these conditions, irresolution, uncertainty, and vagueness of information may occur.

**Objectives:** To propose a novel decision-making support tool for diagnosis, treatment, and prognosis of cardiovascular diseases during pregnancy, which contributes to increasing the effectiveness of medical decisions and mitigating the lack of expertise in the treatment of these diseases.

**Methods:** The tool based on neutrosophic cognitive maps, with triangular neutrosophic numbers was validated through its application for the diagnosis, treatment, and

prognosis of cardiovascular diseases during pregnancy. The proposed database was made up of 424 cases of pregnant women with different cardiovascular pathologies. These data were given by the National Heart Disease and Pregnancy Service.

**Results:** Results of the application of the suggested tool established its effective use in the treatment of cardiovascular diseases during pregnancy. This was approved through the satisfactory assessment of experts taking into consideration the following criteria: diagnosis, treatment, prognosis, and answer time. The tool based on neutrosophic cognitive maps, with triangular neutrosophic numbers was validated in this paper.

**Conclusions:** The proposed tool helped to increase the efficacy of medical decisions associated with diagnosis and treatment of cardiovascular diseases during pregnancy in settings with low expertise. Its use contributed to avoid patients' complications and therefore resources and medical supplies are saved; it helps to reduce the time of diagnosis and to improve the quality of life of pregnant women with heart disease during pregnancy.

**Keywords:** neutrosophic cognitive maps; triangular neutrosophic numbers; pregnant heart disease.

Recibido: 30/10/2019

Aceptado: 06/11/2019

## Introducción

La toma de decisión es un proceso de vital importancia en las políticas de la salud y las prácticas médicas.<sup>(1)</sup> En la vida cotidiana, los médicos se apoyan para tomar decisiones asociadas al diagnóstico y tratamiento de las enfermedades, en las recomendaciones recogidas en las principales guías internacionales para el tratamiento de las diferentes patologías.<sup>(2)</sup>

El tratamiento de las enfermedades cardiovasculares durante el embarazo, se caracteriza en particular, por la escasez de investigaciones y estudios prospectivos, así como la falta de consenso entre los expertos en el tratamiento de estas enfermedades. Como resultado, se muestran las recomendaciones recogidas en las principales guías para el

tratamiento de estas enfermedades, avaladas por el nivel de evidencia más bajo (C)<sup>(3)</sup> (Tabla 1).

**Tabla 1-** Niveles de evidencia<sup>(3)</sup>

Nivel de evidencia A	Datos derivados de múltiples ensayos clínicos aleatorios o meta análisis.
Nivel de evidencia B	Datos derivados de un único ensayo clínico aleatorio o grandes estudios.
Nivel de evidencia C	Consenso de expertos y/o pequeños estudios y registros.

Esta situación atenta contra la eficacia de las decisiones tomadas por los médicos, generalmente, en escenarios con bajo nivel de experticia en el tratamiento de estas enfermedades. La falta de experticia se debe a que en el tratamiento de estas enfermedades se requiere del conocimiento de varias especialidades como Cardiología, Obstetricia y Neonatología.<sup>(4)</sup> Un ejemplo de lo anterior, se aprecia en la región de Latinoamérica donde existen pocos centros de atención para el tratamiento de embarazadas cardiópatas. En esta región se encuentran centros especializados en Cuba, Argentina, Brasil y Colombia<sup>(5)</sup> (Fig. 1).



**Fig. 1** - Países con centros especializados en la atención de las embarazadas cardiópatas.

En Cuba, existe un solo centro especializado en el tratamiento de las enfermedades cardiovasculares durante el embarazo, que cuenta con tres médicos expertos en estas

enfermedades. Como consecuencia, todas las pacientes del país son remitidas a este centro médico en La Habana, para su diagnóstico y tratamiento.

La importancia y vigencia del tema se justifican al plantear que el tratamiento de las enfermedades cardiovasculares durante el embarazo es un procedimiento muy complejo, y son la principal causa de muerte materna, no relacionada con el embarazo en los países desarrollados. Algunas instituciones reflejan que entre 1 % y 4 % de los embarazos sufren complicaciones por estas enfermedades.<sup>(6)</sup> Entre estas enfermedades se encuentran la cardiomiopatía periparto, que frecuentemente hace su aparición en el periparto, las arritmias cardíacas, la coronaria arterial y las gestantes con prótesis valvular.

Por otro lado, el diagnóstico y tratamiento de las patologías cardiovasculares durante el embarazo es un problema de toma de decisión muy complejo, donde se toman una secuencia de decisiones fuertemente interconectadas y asociadas al diagnóstico, tratamiento y pronóstico. Estas decisiones se caracterizan por la existencia de incertidumbre, vaguedad e indeterminación.<sup>(7)</sup> La incertidumbre aparece durante la evaluación del estado de una paciente que depende de la percepción humana y la experiencia de los especialistas. La vaguedad se manifiesta durante el uso de términos lingüísticos para identificar características como la prioridad o complejidad de un caso médico. La indeterminación surge cuando es difícil para los expertos decidir si existe o no una relación entre dos conceptos.

A partir del análisis anterior, es evidente la necesidad de disponer de herramientas computacionales para el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades cardiovasculares durante el embarazo.

En este sentido, las técnicas de inteligencia artificial han sido ampliadas exitosamente como sistemas de apoyo para la toma de decisiones clínicas.<sup>(8)</sup> En este trabajo en particular, se propone el uso de los Mapas Cognitivos Neutrosóficos (MCNs), debido a las ventajas que esta técnica ofrece con respecto a las otras técnicas de inteligencia artificial, en términos de escalabilidad, interpretabilidad, flexibilidad y capacidad de representar la indeterminación.<sup>(9)</sup> Los MCNs fueron introducidos por *Smarandache*<sup>(10)</sup> en 2003 para superar la incapacidad de los Mapas Cognitivos Difusos (MCDs) tradicionales, desarrollados por *Kosko*,<sup>(11)</sup> para representar la indeterminación.

No obstante, los MCNs han sido poco aplicados para la toma de decisiones orientadas al diagnóstico y tratamiento médico. *Shanmugam y Preethi*<sup>(12)</sup> desarrollaron un modelo basado en MCNs con Algoritmos Genéticos (AG) para la clasificación del padecimiento de artritis. *Gaurav y otros*<sup>(13)</sup> aplicaron su modelo basado en MCNs y AG para el

diagnóstico de pacientes con defectos en el habla. *William* y otros<sup>(14)</sup> emplearon los MCNs para analizar el impacto de los factores de riesgo del cáncer de mama.

Sin embargo, los trabajos anteriores no tratan los procesos de diagnóstico, tratamiento y pronóstico de forma integrada y representan las relaciones de indeterminación entre los conceptos mediante el símbolo *I*, sin cuantificar el grado de esta.

Dada la situación anterior, este trabajo tiene como objetivo proponer una novedosa herramienta de apoyo a la toma de decisión, basada en mapas cognitivos neutrosóficos con números neutrosóficos triangulares,<sup>(15)</sup> para el diagnóstico, tratamiento y pronóstico de enfermedades cardiovasculares durante el embarazo, que contribuya a elevar la eficacia de las decisiones médicas y mitigar la falta de experticia en el tratamiento de estas enfermedades.

## Métodos

Para mejorar el tratamiento de la indeterminación se propone en este trabajo, representar todas las relaciones del mapa mediante Números Neutrosóficos Triangulares NNTs.<sup>(15)</sup> De esta manera, los expertos pueden, además de describir las relaciones causales entre los conceptos, expresar los grados de certeza, indeterminación y falsedad de sus preferencias. Presentamos un conjunto de definiciones necesarias para el trabajo con la metodología computacional utilizada para el diagnóstico, tratamiento y pronóstico de las enfermedades cardiovasculares durante el embarazo.

La herramienta computacional propuesta está basada en mapas cognitivos neutrosóficos (MCNs) con números neutrosóficos triangulares (NNTs) en las conexiones del mapa.

Los MCNs son la combinación de los mapas cognitivos difusos (MCDs) y los NNTs. Los NNTs tienen sus bases en los conjuntos neutrosóficos (CNs) propuestos por *Smarandache*<sup>(18)</sup> y los CNs, que a su vez, son una generalización de los conjuntos difusos introducidos por *Zadeh* en 1965<sup>(16)</sup> y los conjuntos difusos intuitivos propuestos por *Atanassov* en 1986.<sup>(17)</sup>

**Definición 1:**<sup>(18)</sup> Un conjunto neutrosófico  $A = \{(x, T_A(x), I_A(x), F_A(x)) \mid x \in U\}$  es definido por una función de membresía  $T_A : U \rightarrow ]-0, 1+ [$ , una función de indeterminación  $I_A : U \rightarrow ]-0, 1+ [$  y una función de no membresía  $F_A : U \rightarrow ]-0, 1+[$ , donde  $0 \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3$ .

**Definición 2:**<sup>(19)</sup> Sea  $U$  un universo de discurso, un conjunto neutrosófico de valor único (CNVU) en  $U$  es un objeto con la forma  $A = \{(x, T_A(x), I_A(x), F_A(x)) \mid x \in U\}$ , donde  $T_A: U \rightarrow [0, 1]$ ,  $I_A: U \rightarrow [0, 1]$ , y  $F_A: U \rightarrow [0, 1]$  con  $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$  para todos  $x \in U$ .  $T_A(x)$ ,  $I_A(x)$  y  $F_A(x)$  representan los grados de membresía, indeterminación, y no membresía de  $x$  a  $U$ , respectivamente.

**Definición 3:**<sup>(15)</sup> Un número neutrosófico triangular  $\tilde{A}$  es un conjunto neutrosófico especial en la línea real del conjunto  $R$ ,  $\tilde{A} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{A}}, \theta_{\tilde{A}}, \beta_{\tilde{A}} \rangle$ , tal que  $(a_1, a_2, a_3)$  representa una función triangular, donde  $a_1 \leq a_2 \leq a_3$ , y  $\alpha_{\tilde{A}}, \theta_{\tilde{A}}, \beta_{\tilde{A}} \in [0, 1]$  son el máximo grado de membresía, el mínimo grado de indeterminación, y el mínimo grado de no membresía (Fig. 2).

Las diferentes operaciones aritméticas con los números neutrosóficos triangulares están descritas por *Abdel-Basset M*, y otros.<sup>(20)</sup>

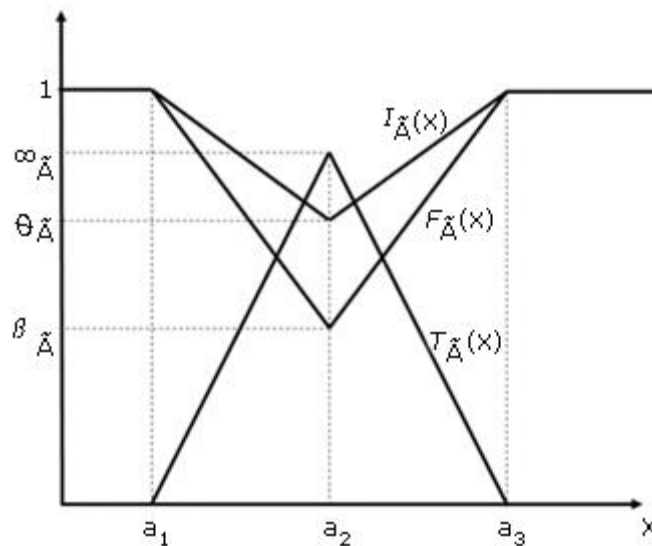


Fig. 2 - Representación gráfica del número neutrosófico triangular  $\tilde{A}$ .

**Definición 4:**<sup>(20)</sup> Sea  $\tilde{A}_i = (a_{1i}, a_{2i}, a_{3i}; \alpha_{\tilde{A}_i}, \theta_{\tilde{A}_i}, \beta_{\tilde{A}_i})$ ,  $(i = 1, 2, \dots, n)$  un conjunto de números neutrosóficos triangulares,  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  es un vector de pesos de expertos con  $w_i \in [0, 1]$  y  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ . Entonces el Operador de Media Ponderada de Números Neutrosóficos Triangulares (OMPNT) es calculado como sigue:

$$OMPNNNT(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n) = \left( \left[ \sum_{i=1}^n w_i a_{1i}, \sum_{i=1}^n w_i a_{2i}, \sum_{i=1}^n w_i a_{3i} \right]; \right. \\ \left. \bigwedge_{i=1}^n \alpha_{\tilde{A}_i}, \bigvee_{i=1}^n \theta_{\tilde{A}_i}, \bigvee_{i=1}^n \beta_{\tilde{A}_i} \right) \quad (1)$$

## Mapa cognitivo neutrosófico con números neutrosóficos triangulares en las conexiones del mapa

A continuación, se describen los procesos de construcción y simulación del mapa cognitivo neutrosófico basado en números neutrosóficos triangulares.

### Proceso de construcción

En este trabajo se propone un mapa cognitivo neutrosófico que integre los procesos de diagnóstico, tratamiento y pronóstico. El mapa propuesto constituye una herramienta de apoyo a la toma de decisión para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares durante el embarazo. El principal aspecto del mapa neutrosófico propuesto es su novedoso enfoque de representar las relaciones del mapa. A diferencia de los MCNs actuales que usan el símbolo  $I$  para representar la indeterminación, en este trabajo, todas las relaciones entre los conceptos del mapa son representadas mediante números neutrosóficos triangulares (ver Definición 3). De este modo, los expertos pueden describir las relaciones causales entre los conceptos, así como los grados de certeza, indeterminación y falsedades de sus preferencias. El mapa es construido por múltiples expertos con una vasta experiencia en el dominio en cuestión. Estos expertos identifican los conceptos o nodos más relevantes, que luego conformarán el mapa. Cada experto construye un mapa individual mediante la asignación de las relaciones causales entre estos conceptos. Los expertos expresan sus preferencias empleando el siguiente conjunto de términos lingüísticos LBTL = {Nada (N), Muy bajo (MB), Bajo (B), Medio (M), Alto (A), Muy alto (MA), indeterminación (IND)}. Las relaciones con efectos negativos son representadas por los mismos términos lingüísticos con signos negativos. Estos términos lingüísticos son representados por números neutrosóficos triangulares de la siguiente forma:

LBTL = {(0, 0, 0; 0, 0, 0), (0, 0.17, 0.33; 0.9, 0.1, 0.1), (0.17, 0.33, 0.5; 0.9, 0.1, 0.1), (0.33, 0.5, 0.67; 0.9, 0.1, 0.1), (0.5, 0.67, 0.83; 0.9, 0.1, 0.1), (0.67, 0.83, 1; 0.9, 0.1, 0.1), (-0.17, 0, 0.17; 0.5, 0.99, 0.5)}.



Luego, las preferencias lingüísticas expresadas por los expertos son agregadas empleando el Operador de Media Ponderada de Números Neutrosóficos Triangulares (*OMPNT*), como se muestra en la ecuación (1).

### Proceso de simulación

El proceso de simulación comienza con la definición de un vector inicial  $A_i$  que representa las entradas del mapa. Los valores de los nodos del mapa son calculados en cada paso de la simulación con la siguiente ecuación:

$$A_i^{t+1} = f(A_i^t \oplus \sum_{j=1}^n \tilde{W}_{ji} \otimes A_j^t) \quad (2)$$

Donde  $A_i^{t+1}$  es el valor del nodo  $C_i$  en el paso  $t + 1$  de la simulación,  $A_j^{(t)}$  es el valor del nodo  $C_j$  en el paso  $t$  de la simulación,  $\tilde{W}_{ji}$  es el peso de la conexión que va del nodo  $C_j$  al nodo  $C_i$  y  $f(.)$  es la función de activación. De acuerdo al vector de entrada, el mapa convergerá a uno de los siguientes estados: punto fijo, ciclo límite o atractor caótico. En este trabajo el valor de  $\tilde{W}_{ji}$  es un número neutrosófico triangular, y las operaciones aritméticas de la función de activación son llevadas a cabo entre números neutrosóficos triangulares.

### Herramienta de apoyo a la toma de decisión para el diagnóstico y tratamiento de embarazadas cardiópatas

Para la construcción del mapa se seleccionó un grupo de tres expertos con experiencia de aproximadamente 20 años en el tratamiento de gestantes cardiópatas de los siguientes centros médicos: Servicio Nacional de Cardiopatía y Embarazo, Hospital Docente Ginecobstétrico "Ramón González Coro" y el Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular en La Habana, Cuba.

Los expertos identificaron como relevantes en el contexto de la investigación, los nodos del mapa que se dividen en cuatro categorías:

- Nodos de entrada (síntomas y signos): Disnea (DIS), taquicardia (TAQ), bradicardia (BR), cianosis (CI), soplo holosistólico (SH), soplo sistólico aórtico (SSA), soplo diastólico aórtico (SDA), soplo sistólico mitral (SSM), soplo diastólico mitral (SDM), soplo sistólico pulmonar (SSP), soplo diastólico pulmonar (SDP), soplo sistólico tricúspide (SST), soplo diastólico tricúspide

(SDT), soplo continuo (SC), chasquido mitral (CM), p2 desdoblado (P2D) y pulsos disminuidos en miembros inferiores (PDMI).

- Nodos de diagnóstico: Coartación de la aorta (CA), Estenosis pulmonar (EP), comunicación interauricular (CIA), comunicación interventricular (CIV), bloqueo aurículo ventricular (BAV), insuficiencia pulmonar (IP), persistencia del conducto arterioso (PCA) estenosis aórtica (EA), enfermedad *Ebstein* (EE), tetralogía de Fallot (TF), insuficiencia aórtica (IA) y prótesis mecánica aortica (PMA).
- Nodos de tratamiento: Tratamiento diurético (TD), tratamiento con beta bloqueadores (TBB), tratamiento con Warfarina (TW), tratamiento con Heparina arrítmicos (TE), cierre percutáneo (TCP) y cuartoplastia (TC).
- Nodos de pronóstico: Clase funcional (CF), complicaciones cardiovasculares (CC), fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) y vía de parto (VP).

Posteriormente, cada experto construye su propio mapa mediante la descripción de las relaciones entre los nodos identificados anteriormente y emplea los términos lingüísticos definidos en la sección anterior.

Por último, los mapas individuales construidos por cada experto son agregados mediante el empleo del Operador de Media Ponderada de Números Neutrosóficos Triangulares (OMPNNT), como se muestra en la ecuación 1, y se considera el siguiente vector de pesos de expertos  $w = (0.1, 0.2, 0.2, 0.3, 0.2)$ . El resultado del proceso de agregación es el mapa final que se muestra a continuación (Fig. 3).

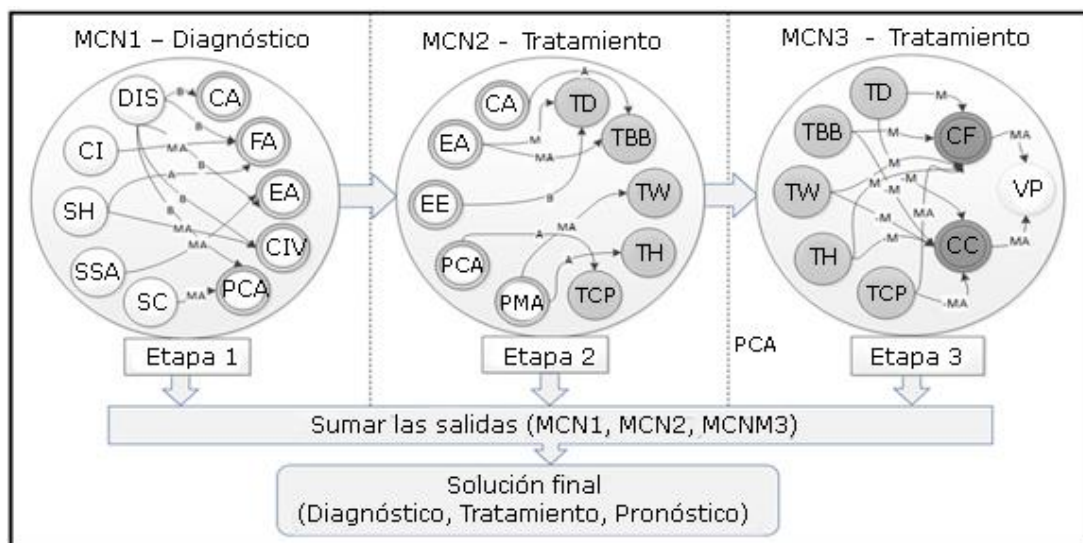


Fig. 3 - Vista parcial del MCN para el diagnóstico, tratamiento y pronóstico.

El proceso de simulación comienza con la definición del vector inicial, en este caso en particular, está dado por los síntomas y signos que presenta la gestante. A partir de estos datos de entrada se generan los posibles nodos de diagnóstico. Los nodos generados en la etapa de diagnóstico son utilizados como vector inicial para la siguiente etapa asociada a las decisiones que representan los posibles tratamientos. Finalmente, las salidas generadas por la etapa de decisiones son utilizadas como datos de entrada en la etapa final asociada al pronóstico. En esta etapa se generan los posibles pronósticos que permiten conocer la evolución de la gestante cardiópata de acuerdo al tratamiento que le fue indicado en la etapa anterior. Los valores de los conceptos del mapa en las tres etapas son calculados en cada paso de la simulación utilizando la ecuación (2).

## **Resultados**

Para la validación de la herramienta, se tomó una base de casos construida por los especialistas del Servicio Nacional de Cardiopatía y Embarazo de Cuba. La base de datos contiene 424 casos de embarazadas con diferentes patologías cardiovasculares. Los resultados de la aplicación de la propuesta con la base de datos fueron evaluados por tres especialistas en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares durante el embarazo, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Evaluaciones satisfactorias en el diagnóstico.
- Evaluaciones satisfactorias en el tratamiento.
- Evaluaciones satisfactorias en el pronóstico.
- Tiempo de respuesta.

Cada experto expresa sus preferencias sobre cada criterio mediante el empleo del siguiente conjunto de términos lingüísticos LBTL = {nada, muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto, perfecto}. Para agregar las preferencias de los expertos se utilizó el modelo de representación lingüístico 2-tupla de computación con palabras,<sup>(21)</sup> y se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 2).

**Tabla 2** - Resultado de las evaluaciones de los expertos

<b>Criterios</b>	<b>e1</b>	<b>e2</b>	<b>e3</b>	<b>Preferencias agregadas</b>
Evaluaciones satisfactorias en el diagnóstico	alto	alto	alto	(alto, 0,0)
Evaluaciones satisfactorias en el tratamiento	bajo	medio	bajo	(medio, -0,7)
Evaluaciones satisfactorias en el pronóstico	muy alto	alto	muy alto	(muy alto, -0,4)
Tiempo de respuesta	muy alto	perfecto	muy alto	(perfecto, -0,7)
Preferencias de expertos agregadas				(alto, 0,08)

El criterio con la mejor evaluación fue “Tiempo de respuesta”, seguido de “Evaluaciones satisfactorias en el pronóstico” y “Evaluaciones satisfactorias en el diagnóstico”. El criterio con el peor resultado fue “Evaluaciones satisfactorias en el tratamiento”. La evaluación general que obtuvo el sistema propuesto fue “alto”. Esto refleja la satisfacción de los expertos con los resultados del sistema. Además, los expertos subrayaron el alto desempeño del mapa propuesto en términos de tiempo de respuesta. Por otro lado, el personal médico se mostró satisfecho por la interpretabilidad de los resultados, y del proceso de toma de decisión en general. Los médicos proponen la generalización de la propuesta a otros centros de salud para el diagnóstico temprano de la enfermedad.

## Discusión

Mediante el aprendizaje basado en escenarios que ofrece el mapa, la propuesta puede ser empleada como una herramienta educativa, ya que puede ser utilizada para enseñar el razonamiento y las habilidades de toma de decisión, así como preparar a los estudiantes para resolver problemas clínicos futuros. A través de preguntas del tipo “que pasa si”, los profesionales pueden desarrollar sus conocimientos, pensamientos críticos y habilidades de solución de problemas en un contexto real y seguro. Por tanto, el aprendizaje toma lugar en un ambiente sin presión, restricciones ni estrés, al no estar involucrado con el tratamiento de la paciente en una situación crítica.

De esta manera, la propuesta contribuye a elevar la efectividad del diagnóstico y tratamiento de las enfermedades cardiovasculares durante el embarazo en entornos con poca experticia. Además, el modelo ayuda al diagnóstico temprano de estas enfermedades, reduciendo la estadía hospitalaria de las embarazadas cardiópatas y las molestias ocasionadas por la permanencia dentro de la misma.

Desde el punto de vista económico, los servicios de salud rondan el 9 % del Producto Interno Bruto (PIB) en los países desarrollados. Particularmente en Cuba, la salud ha sido uno de los pilares de su sistema socialista desde el triunfo de la revolución en 1959 y una prioridad que se evidencia en los resultados alcanzados, comparables con países del primer mundo. Para lograrlo, el gobierno cubano ha invertido cuantiosos recursos materiales y humanos con el fin de ofrecer a la población una atención médica de calidad, y actualmente los servicios de salud representan más del 6 % del PIB.<sup>(22)</sup>

La tendencia actual de los servicios de salud es la optimización de los recursos. Elevar la efectividad del diagnóstico y tratamiento de estas enfermedades tiene un impacto económico, con mayor énfasis en la reducción de los costos mediante la reducción de los episodios adversos a medicamentos. Estos abarcan los daños causados por errores en la prescripción, tratamiento y administración de medicamentos.

El impacto económico de la propuesta se hace palpable en:

- Optimizar el uso de los medios e insumos médicos relacionados con el diagnóstico y tratamiento de las embarazadas cardiópatas.
- Reducir la demora en el diagnóstico y tratamiento de estas enfermedades, disminuye la estadía hospitalaria. Esto implica reducir el índice ocupacional por cama.
- Reducir el tiempo para los acompañantes y por ende su alejamiento de la vida laboral.
- Disminuir los riesgos, contribuye a la rápida incorporación de la embarazada cardiópata a su medio social y laboral.

## Conclusiones

En este artículo, se propuso una novedosa herramienta de apoyo a la toma de decisión basada en mapas cognitivos difusos con números neutrosóficos triangulares. La herramienta propuesta ayudó a elevar la eficacia de las decisiones médicas asociadas al diagnóstico, tratamiento y pronóstico de las enfermedades cardiovasculares durante el embarazo, así como a mitigar la falta de experticia en el tratamiento de estas enfermedades. Su uso contribuyó a evitar complicaciones de las pacientes y por tanto al ahorro de recursos e insumos médicos, del tiempo de diagnóstico y mejora la calidad de vida de las embarazadas cardiópatas durante el embarazo.

## Recomendaciones

Como trabajo futuro, se recomienda extender el uso del mapa propuesto para el tratamiento de otras enfermedades, así como, la construcción del mapa a partir de técnicas de aprendizaje activo.

## Referencias bibliográficas

1. Tiffen J, Corbridge SJ, Slimmer L. Enhancing Clinical Decision Making: Development of a Contiguous Definition and Conceptual Framework. *Journal of Professional Nursing*. 2014;30:399-405. <https://doi.org/10.1016/j.profnurs.2014.01.006>
2. Roos-Hesselink J, Baris L, Johnson M, De Backer J, Otto C, Marelli A, et al. Pregnancy outcomes in women with cardiovascular disease: evolving trends over 10 years in the ESC Registry Of Pregnancy And Cardiac disease (ROPAC). *European Heart Journal*. 2019;40:3848-55. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz136>
3. Regitz-Zagrosek V, Roos-Hesselink JW, Bauersachs J, Blomström-Lundqvist C, Cífková R, De Bonis M, et al. 2018 ESC Guidelines for the management of cardiovascular diseases during pregnancy. *European Heart Journal*. 2018;39:3165-241. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy340>
4. Halpern DG, Weinberg CR, Pinnelas R, Mehta-Lee S, Einstein K. Economy. Use of Medication for Cardiovascular Disease During Pregnancy. *JACC*. 2019;73:457-76. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.10.075>
5. Registry Of Pregnancy And Cardiac disease (ROPAC) [Internet]. 2020 [citado 16/02/2019]. Disponible en: <https://www.escardio.org/Research/Registries-&->

[surveys/Observational-research-programme/Registry-Of-Pregnancy-And-Cardiac-disease-ROPAC](#)

6. Múnera-Echeverri AG. Enfermedad cardíaca y embarazo. Rev Colomb Cardiol. 2018;25:49-58. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2017.11.028>
7. Najafi A, Amirkhani A, Papageorgiou EI, Mosavi MR. Medical decision making based on fuzzy cognitive map and a generalization linguistic weighted power mean for computing with words. En: 2017 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE). 2017. p. 1-6. <https://doi.org/10.1109/FUZZ-IEEE.2017.8015541>
8. Haleem A, Javaid DM, Khan IH. Current status and applications of Artificial Intelligence (AI) in medical field: An overview. Current Medicine Research and Practice. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cmrp.2019.11.005>
9. Saleh Al-Subhi SH, Pérez Pupo I, Vacacela RG, Pinero Pérez P, Leyva Vazquez M. A New Neutrosophic Cognitive Map with Neutrosophic Sets on Connections, Application in Project Management. Neutrosophic Sets and Systems. 2018;22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2159750>
10. Kandasamy WBV, Smarandache F. Fuzzy Cognitive Maps and Neutrosophic Cognitive Maps. New Mexico, USA: Xiquan; 2003. 211 p.
11. Kosko B. Fuzzy cognitive maps. International Journal of Man-Machine Studies. 1986;24:65-75. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(86)80040-2)
12. Shanmugam S, Preethi J. A Study of Early Prediction and Classification of Arthritis Disease. Soft Computing Techniques. 2017;3(5):35-47.
13. Gaurav, Kumar M, Bhutani K, Aggarwal S. Hybrid model for medical diagnosis using Neutrosophic Cognitive Maps with Genetic Algorithms. 2015 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE). 2015;1-7. <https://doi.org/10.1109/fuzz-ieee.2015.7338015>
14. William MA, Devadoss AV, Sheeba JJ. A study on Neutrosophic cognitive maps (NCMs) by analyzing the Risk Factors of Breast Cancer. [Internet]. IJSER. 2013;4:22-3.
15. Liu P, Wang Y. Multiple attribute decision-making method based on single-valued neutrosophic normalized weighted Bonferroni mean. Neural Computing and Applications. 2014;25:2001-10. <https://doi.org/10.1007/s00521-014-1688-8>
16. Zadeh LA. Fuzzy sets. Information and Control. 1965;8:338-53. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
17. Atanassov KT. Intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Sets and Systems. 1986;20:87-96. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(86\)80034-3](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(86)80034-3)

18. Smarandache F. A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. En: Pérez M, editor. Philosophy. American Research Press; 1999. p. 1-141.
19. Wang H, Smarandache F, Zhang Y, Sunderraman R. Single Valued Neutrosophic Sets. Multispace and Multistructure. 2010;4:410-3.
20. Abdel-Basset M, Mohamed M, Hussien A-N, Sangaiah AK. A novel group decision-making model based on triangular neutrosophic numbers. Soft Computing. 2018;22:6629-43. <https://doi.org/10.1007/s00500-017-2758-5>
21. Martínez L, Rodríguez RM, Herrera F. 2-Tuple Linguistic Model. En: Martínez L, Rodríguez RM, Herrera F, editores. The 2-tuple Linguistic Model: Computing with Words in Decision Making. Cham: Springer International Publishing; 2015. p. 23-42. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-24714-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24714-4_2)
22. Armas YA de. Cuba asegura más del 6 % del PIB a la salud [Internet]. Trabajadores. 2018 [citado 09/03/2019]. <https://www.trabajadores.cu/20180424/cuba-asegura-mas-del-6-del-pib-a-la-salud/>

### **Conflicto de intereses**

No existe conflicto de intereses entre los autores para la presentación de este trabajo.

### **Contribución de los autores**

Salah Hasan Al-subhi (elaboración del marco teórico del artículo y desarrollo de la novedosa herramienta de apoyo a la toma de decisión).

Pedro Antonio Román Rubio (participación en los procesos de construcción del mapa, evaluación de la herramienta de apoyo a la toma de decisión, además de facilitar la base de datos con los casos de embarazadas cardiopatas).

Pedro Piñero Pérez (participación en la implementación de la herramienta de apoyo a la toma de decisión en el lenguaje de programación Ruby).

Gaafar Sadeq S. Mahdi (participación en el proceso de agregación de las evaluaciones de los expertos utilizando el modelo 2-tupla de computación con palabras).

Maikel Leyva-Vázquez (estudio del impacto económico de la propuesta).