

Mapa Cognitivo Neutrosófico para el análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave

Neutrosophic Cognitive Map for the analysis of severe head injury management

Piedad Elizabeth Acurio Padilla¹, Dayana Aracely León Pallasco², and Jessica Anabel Paca Curay³

¹ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador; ua.piedadacurio@uniandes.edu.ec

² Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador; ma.dayanaalp98@uniandes.edu.ec

³ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador; ma.jessicaapc82@uniandes.edu.ec

Resumen. El traumatismo craneoencefálico es una condición neuroquirúrgica en la que se produce una alteración en el cerebro por un golpe o lesión en la cabeza, esta condición se caracteriza por la presencia de alteración en estado de consciencia y/o amnesia por el trauma, cambios neurológicos o neurofisiológicos, fractura de cráneo o lesiones intracraneales atribuibles al trauma. La presente investigación describe una solución a la problemática planteada mediante el desarrollo de un método mediante Mapa Cognitivo Neutrosófico para el análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave. Finalmente, como describen varios autores, no existe un tratamiento único y eficaz determinado para pacientes con traumatismo craneoencefálico puesto el mismo dependerá del protocolo de práctica clínica que se efectiva y el enfoque multimodal e individualizado de estos pacientes.

Palabras Claves: Traumatismo craneoencefálico grave, tratamiento, escala de coma de Glasgow, consciencia, Mapa Cognitivo Neutrosófico.

Abstract. Head trauma is a neurosurgical condition in which an alteration in the brain occurs due to a blow or injury to the head. This condition is characterized by the presence of an alteration in the state of consciousness and/or amnesia due to the trauma, neurological or neurophysiological changes, skull fracture or intracranial lesions attributable to the trauma. The present investigation describes a solution to the problem posed by developing a method using a Neutrosophic Cognitive Map for the analysis of the management of severe head trauma. Finally, as described by several authors, there is no single, effective treatment determined for patients with head trauma, since it will depend on the effective clinical practice protocol and the multimodal and individualized approach of these patients.

Keywords: Severe head trauma, treatment, Glasgow Coma Scale, consciousness, Neutrosophic Cognitive Map.

1 Introducción

El traumatismo craneoencefálico grave (TCE) es un problema de origen sanitario, una causa significativa de morbilidad y mortalidad en todo el mundo. Su incidencia varía considerablemente entre regiones debido a factores como diferencias en la seguridad vial, la prevalencia de la violencia y la calidad de los sistemas de atención médica. A nivel mundial, se estima que cada año ocurren entre 69 y 74 millones de casos de TCE, de los cuales una proporción significativa son graves [1].

En países de ingresos bajos y medianos, la tasa de TCE es generalmente más alta debido a factores como la falta de infraestructura de seguridad vial y sistemas de atención médica menos desarrollados como en América Latina por ejemplo la tasa de incidencia del TCE en Sao Paulo, Brasil resultó ser 360 por 100.000, mucho más alta que la tasa de incidencia global de 200 por 100.000 para los países desarrollados. Mientras que la incidencia del TCE en Ecuador es de aproximadamente 200 casos por cada 100,000 habitantes [2, 50].

El TCE es una condición neuroquirúrgica en la que se produce una alteración en el cerebro por un golpe o lesión en la cabeza, esta condición se caracteriza por la presencia de al menos alguno de estos elementos: alteración

en estado de consciencia y/o amnesia por el trauma, cambios neurológicos o neurofisiológicos, o fractura de cráneo o lesiones intracraneales atribuibles al trauma. Estas lesiones son el resultado de la aplicación de fuerza externa, que puede ser mecánica, química, térmica, eléctrica, radiante o una combinación de estas formas de energía. El daño resultante afecta la estructura del cerebro, incluyendo el tejido cerebral y los vasos sanguíneos que lo alimentan. Además, el TCE también se define como la causa de muerte cuando el trauma incluye lesiones en la cabeza y/o daño cerebral traumático que contribuyen al fallecimiento [3].

Clínicamente se clasifica en leve, moderado y severo mediante la Escala de Coma de Glasgow. En cuanto a la etiología de la lesión, las caídas son la principal causa de traumatismo, seguido de los golpes y accidentes automovilísticos. En Estados Unidos es la causa más frecuente de discapacidad, reduce el rendimiento laboral de los afectados y necesidades de atención sanitaria. Es importante conocer los factores pronósticos de esta lesión para predecir el futuro de los pacientes [4, 51].

Diversos factores afectan la evolución y resultado de un TCE, dentro de ellos la edad, que, según algunos expertos, puede ser el factor más determinante por sí solo en el pronóstico del paciente. Varios estudios indican que tanto edades muy tempranas como avanzadas tienen un impacto negativo en la recuperación. Además, se identifican otros factores como el tipo de lesión y las complicaciones neurológicas o sistémicas relacionadas, como edema cerebral, problemas respiratorios y cardiovasculares, respectivamente.

Cabe destacar que el nivel de consciencia es un excelente indicador de la gravedad de la lesión. La somnolencia, el estupor y el coma son expresiones que indican niveles decrecientes del nivel de consciencia, e indican lesiones de distinta magnitud en uno o ambos hemisferios cerebrales, o en el sistema activador reticular ascendente; es fundamental realizar un examen sistemático y detallado de los nervios craneales porque a través de ellos se evalúan estructuras intracraneales cuyas alteraciones muchas veces no pueden ser determinadas por medio de las maniobras posturales [5].

El TCE requiere de un tratamiento de urgencia agresivo, para impedir o reducir al mínimo la lesión irreversible del sistema nervioso, para lo que hay que adoptar un enfoque decidido y organizado que asegure la atención óptima del paciente desde su manejo inicial y durante las siguientes bases de diagnóstico y tratamiento definitivos. Esto ha propiciado que cambien radicalmente las concepciones acerca de antiguos patrones terapéuticos establecidos durante muchos años; ejemplo de esto es el cambio en la reposición hídrica, los cuales antes se mantenían hacia la restricción y hoy se preconiza la euvolemia estricta, la sustitución de la hiperventilación de rutina por la ventilación optimizada, cambios en la política del uso de agentes osmóticos, la terapia barbitúrica y la craneotomía descompresiva primaria o secundaria en casos de hipertensión intracraneal refractaria a medidas terapéuticas convencionales [6, 52].

Se hace necesario que los profesionales de la salud dispongan de las competencias necesarias para su diagnóstico y tratamiento por las complicaciones que su descontrol genera [7, 48]. El objetivo principal de esta investigación es implementar un Mapa Cognitivo Neutrosófico para el análisis del manejo del traumatismo craneoencefálico correcto de lesión cerebral, para prevenir una lesión cerebral secundaria, terciaria o cuaternaria.

2 Materiales para el análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave

Los problemas presentes para el análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave, pueden ser modelado como un problema de toma de decisiones multicriterio a partir del:

Conjunto de pacientes que representan las alternativas a analizar en el proceso del diagnóstico en el que:

El número de pacientes $P = \{P_1, \dots, P_n\}$, $n \geq 1$,

Que poseen un conjunto de criterios valorativos donde:

$C = \{C_1, \dots, C_m\}$, $m \geq 2$.

La investigación ha sido desarrollada utilizando un enfoque cualitativo a partir del uso del método científico [8]. Se enmarca en el objeto de estudio del análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave. Utiliza técnicas de inteligencia artificial para la inferencia sobre el análisis de incidencias y basa su funcionamiento a partir del método científico del criterio de expertos para obtener la base de conocimiento necesaria en el desarrollo de la investigación. Para el desarrollo de la presente investigación se modeló las relaciones causales asociadas a los criterios para el análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave.

Modelos causales: existen diferentes tipos de causalidad que son expresadas en forma de grafos, donde cada modelo causal que se puede representar por un grafo son representaciones de la causalidad entre conceptos. Los modelos causales permiten modelar la causa o efecto de un determinado evento [9], [10, 49]. La Figura 1 muestra un esquema con las diferentes relaciones causales.

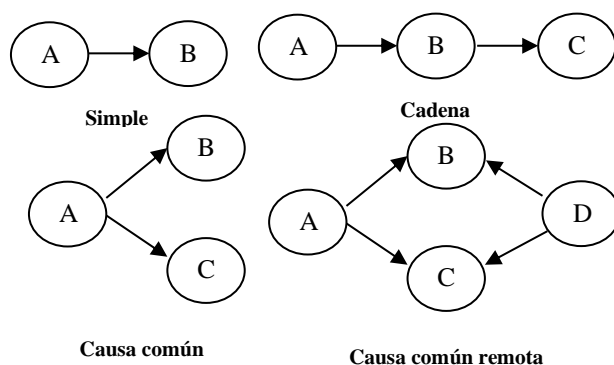


Figura 1: Ejemplo de grafos causales.

Los Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN): es una técnica que permite la representación de las relaciones causales de diferentes conceptos propuesta por Kosko [11] como una extensión de los modelos mentales empleando valores difusos en un intervalo de $[-1,1]$ [12], [13]. Los MCN se representan mediante modelos difusos con retroalimentación para representar causalidad [14, 15].

En el MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos [16, 48, 53]:

- $W_{ij} > 0$, indica una causalidad positiva entre los conceptos C_j y C_i . Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva al incremento (o disminución) en el valor de C_i .
- $W_{ij} < 0$, indica una causalidad negativa entre los conceptos C_j y C_i . Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva a la disminución (o incremento) en el valor de C_i .
- $W_{ij} = 0$, indica la no existencia de relaciones entre los conceptos C_j y C_i .

2.2 Descripción de las etapas

El sistema propuesto está estructurado para soportar el proceso de para el análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave. Basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio multiexperto donde se modela los criterios para el análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave a partir del conjunto de criterios o manifestaciones Odontológicas. Utiliza en su inferencia modelos causales como forma de representar el conocimiento a partir de la técnica de inteligencia artificial Mapa Cognitivo Neutrosófico. El método está diseñado mediante una arquitectura en tres capas para modelar el negocio propuesto (entradas, procesamiento y salidas).

Las entradas del sistema: representan el conjunto de pacientes a analizar, los criterios, enfermedades asociadas, los criterios, las relaciones causales que poseen los síntomas con las enfermedades y los expertos que intervienen en el sistema para establecer las relaciones causales.

El procesamiento del sistema: se realiza mediante el flujo de trabajo que conforman las cinco actividades del núcleo de inferencia para el análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave.

Las salidas del sistema: representan los resultados del procesamiento donde se obtiene el análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave.

El método para el análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave, está conformado por cinco actividades (identificación de las incidencias, determinación de las relaciones causales, identificación de los pesos atribuidos a las incidencias, identificación de los síntomas y generación del diagnóstico) que son descritas a continuación.

Actividad 1 identificación de los criterios: La identificación de los criterios representa la actividad en la que se determinan el conjunto general de incidencias que representan la base de inferencia [17, 54], [18]. Se utiliza un enfoque multicriterio para analizar la base de casos, por lo que se identifican la mayor cantidad de manifestaciones posibles.

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales: La determinación de las relaciones causales utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Garantiza la representación del conocimiento causal de las incidencias [19], [20]. La actividad consiste en extraer el conocimiento que poseen los expertos sobre los síntomas que se manifiestan. Las relaciones causales son expresadas mediante un dominio de valores que expresan relaciones de implicación directas o inversas para lo cual se utiliza la escala tal como muestra la Tabla 1. Esta actividad es muy importante ya que el conocimiento que poseen los expertos sobre los síntomas no está registrado en la base de casos analizada.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Durante la determinación de las relaciones causales se realiza un proceso de agregación donde se obtiene un arreglo denominado matriz de adyacencia que representa los valores asignados a los arcos [21], [22], [23] de modo que:

$$M = \begin{bmatrix} \ddots & \ddots & \ddots \\ \ddots & W_{ij} & \ddots \\ \ddots & \ddots & \ddots \\ \ddots & \ddots & \ddots \end{bmatrix}$$

La matriz de adyacencia $M = M(C_i C_j)$ representa el valor causal de la función del arco, el nodo C_i que es imparte C_j . C_i incrementa causalmente a C_j si $M_{ij} = -1$, y no imparte causalmente si $M_{ij} = 0$.

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a las incidencias: a partir de la obtención en la actividad 2 de la matriz de adyacencia, los valores agregados emitidos por los expertos agrupados, conforman las relaciones con los pesos de los nodos, a través del cual es generado el Mapa Cognitivo Neutrosófico resultante [24], [25]. Mediante un análisis estático del resultado de los valores obtenidos en la matriz de adyacencia se puede calcular el grado de salida utilizándose la ecuación (1) donde se obtienen los pesos atribuidos a cada manifestación [26-28].

$$id_i = \sum_{j=1}^n \|I_{ji}\| \quad (1)$$

Actividad 4 identificaciones de las incidencias: la identificación de las incidencias es la actividad que consiste en determinar cuáles síntomas están presentes en los pacientes analizados. Para ello se entrevista al paciente y se determina el grado de preferencia que poseen los síntomas a partir de la autovaloración que emiten los pacientes [29-31]. La Tabla 2 muestra el dominio de valores con sus etiquetas lingüísticas utilizados para expresar las preferencias sobre los síntomas.

Tabla 2: Dominio de valores para expresar preferencias.

Valor	Impacto
[0,1,1]	Ausencia del criterio (AS)
[0.20,0.85,0.80]	Ligera presencia del criterio (LP)
[0.50,0.50,0.50]	Baja presencia del criterio (BP)
[0.70,0.25,0.30]	Presencia del criterio (PS)
[1,0,0]	Alta presencia del criterio (AP)

Actividad 5 generación del diagnóstico: el proceso del diagnóstico se basa en la simulación del escenario propuesto por Glykas [32],[33], [34] los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calculan mediante la ecuación (2):

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1; j \neq i}^n A_j^{(K)} * W_{ji}\right) \tag{2}$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso $k+1$ de la simulación,

$A_j^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji} : es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y $f(x)$ es la función de activación [35, 55].

3 Resultados y discusión

La presente sección se realiza una descripción de la implementación del método para el análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave. A partir del análisis de casos es posible determinar el comportamiento de las diferentes alternativas en función del análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 identificación de los criterios:

El proceso de selección de las incidencias representa las manifestaciones puede estar presente en varias enfermedades [36]. Para determinar las manifestaciones utilizó el criterio de experto llegando a las siguientes conclusiones propuestas en la tabla 3.

Tabla 3: Identificación de los criterios.

Nodo	Criterios	Descripción
C ₁	Evaluación inicial y clasificación del paciente (Escala de Glasgow)	La valoración del estado neurológico mediante la Escala de Coma de Glasgow (GCS) es fundamental para clasificar la gravedad del TCE. Este criterio evalúa la respuesta ocular, verbal y motora del paciente, determinando la severidad del daño y la urgencia del tratamiento.
C ₂	Imagenología y diagnóstico por imágenes	El uso de estudios de imagen, como la tomografía computarizada (TC) de cráneo, es esencial para detectar lesiones intracraneales, hemorragias, fracturas craneales, y otras complicaciones que requieren intervención quirúrgica inmediata. Este criterio evalúa la rapidez y precisión en la obtención y análisis de imágenes.
C ₃	Monitoreo de la Presión Intracraneal (PIC)	El control de la presión intracraneal es vital en pacientes con TCE grave para evitar complicaciones secundarias como la herniación cerebral. Este criterio analiza la implementación de técnicas de monitoreo invasivas o no invasivas y el manejo adecuado de la PIC.
C ₄	Intervenciones quirúrgicas y tratamientos farmacológicos	El tratamiento del TCE grave puede requerir intervención quirúrgica inmediata (como la descompresión o evacuación de hematomas) y el uso de fármacos (como manitol o soluciones hipertónicas) para controlar el edema cerebral. Este criterio evalúa la eficacia y oportunidad de las intervenciones realizadas.
C ₅	Cuidados críticos y rehabilitación	El manejo post-agudo, incluyendo la atención en cuidados intensivos y la rehabilitación temprana, es crucial para la recuperación del paciente. Este criterio analiza la calidad de los cuidados intensivos, el soporte ventilatorio, y la implementación de programas de rehabilitación neurológica y física para mejorar los resultados a largo plazo.

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales:

La determinación de las relaciones causales entre las incidencias se utiliza en la escala propuesta en la Tabla 1, donde participaron 5 expertos, se obtuvieron los 5 Mapas Cognitivos Neutrosóficos agregando las respuestas en un único resultado. La Tabla 4 muestra la matriz de adyacencia obtenida como resultado del proceso.

Tabla 4: Matriz de adyacencia resultante.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
C ₁	[0, 0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C ₂	[1,0,0]	[0, 0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
C ₃	[1,0,0]	[1,0,0]	[0, 0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C ₄	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0, 0,0]	[0.75, 0.5,0.25]
C ₅	[0.75, 0.5,0.25]	[0.75, 0.5,0.25]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0, 0,0]

Actividad 3 identificaciones de los pesos atribuidos a las incidencias:

Para la identificación de los pesos se tiene en cuenta la base de conocimiento almacenada en la matriz de adyacencia de la Tabla 4, aplicando la función (1), Se obtiene el comportamiento del peso atribuido a las manifestaciones. La Tabla 5 muestra los pesos resultantes.

Tabla 5: Peso atribuido a las incidencias.

ID	Criterios	Peso
C ₁	Evaluación inicial y clasificación del paciente (Escala de Glasgow)	[0.80,0.25,0.30]
C ₂	Imagenología y diagnóstico por imágenes	[0.85,0.25,0.30]
C ₃	Monitoreo de la Presión Intracraneal (PIC)	[0.9, 0.1, 0.1]
C ₄	Intervenciones quirúrgicas y tratamientos farmacológicos	[0.85,0.25,0.30]
C ₅	Cuidados críticos y rehabilitación	[0.9, 0.1, 0.1]

Actividad 4 identificaciones de las incidencias:

A partir de la entrevista al paciente se determinó el grado de preferencia que poseen las incidencias mediante la autovaloración emitida. El estudio fue realizado en una alternativa que representa el paciente objeto de estudio. La Tabla 6 muestra los valores resultantes.

Tabla 6: preferencia atribuida a las incidencias del paciente.

Pacientes	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
A ₁	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]

Actividad 5 generación del diagnóstico:

A partir del proceso de simulación de escenario, se obtuvieron las predicciones de los comportamientos en el tiempo de los pacientes mediante el empleo de la ecuación (2). La predicción modela las relaciones de causalidad de los síntomas y prevé la evolución de ellos en los pacientes. La Figura 2 muestra el resultado de la simulación donde se muestran las manifestaciones y su evolución.

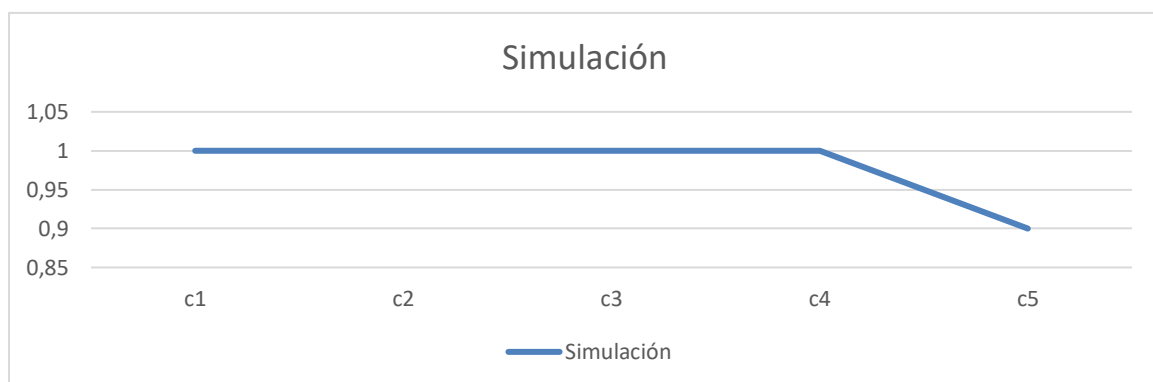


Figura 2: Resultado de la simulación de las manifestaciones.

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de las manifestaciones se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de una enfermedad. La Tabla 7 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 7: Peso atribuido a las incidencias.

Pacientes A ₁	Pesos	Preferencias	Agregación
C ₁	[0.80,0.25,0.30]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C ₂	[0.85,0.25,0.30]	[1,0,0]	[0.92, 0.1, 0.1]
C ₃	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C ₄	[0.85,0.25,0.30]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.87,0.25,0.30]
C ₅	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]
Índice			[0.91, 0.1, 0.1]

A partir del índice determinado se realiza una comparación del valor obtenido donde se evidencia una evaluación de $I = 0.91$, para el caso analizado representa una alta evaluación para el análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave.

4 Discusión

El impacto del traumatismo craneoencefálico en el paciente, resulta ser grande especialmente por las secuelas discapacitantes, debido el daño es multifocal cortical, en nervios craneales, alteraciones visuales, negligencia espacial, trastornos del equilibrio con trastornos del movimiento. Allison Capizzi, manifiesta la importancia del conocimiento de la enfermedad en la unidad de emergencias que ayudaría en el pronóstico de la recuperación funcional de los pacientes con su correcta estabilización médica lo más rápido posible. De la misma manera, Christopher P Robinson, señala la importancia de comprender los principios anatómicos y fisiológicos de la lesión cerebral, lo que requiere cuidados especializados y la experiencia de especialidades en ello. Estos puntos cruciales marcaran el inicio para mejorar la probabilidad de una pronta recuperación en el futuro de los pacientes con dicha lesión [37], [38, 48].

Una investigación realizada por Wiles, especifica una pronta atención y control del paciente para reducir de manera significativamente las consecuencia físicas, psicosociales y económicas del mismo. Por ende, induce en la utilización de la escala de Glasgow como primera instancia, ya que la misma tiene un beneficio de un 82% frente a la aplicación de la misma en el traumatismo craneoencefálico grave. Déborah Stein, basa su investigación del manejo correcto de lesión cerebral con la evaluación rápida del estado neurológico del paciente para prevenir una lesión cerebral secundaria, terciaria y cuaternaria. Visualiza, una clasificación eficaz dentro de los primeros 10 minutos de evaluación en la que se estadifica el cuadro del paciente y de la misma manera su intervención [39], [40].

En los pacientes con TCE la toma de decisiones sobre su estadio es ineficiente, ya que entre el 90 y 95% de los pacientes examinados no muestran lesiones intracraneales. Con respecto a ello, Andrew IR Maas, señala el uso de biomarcadores para visualizar algún daño cerebral de los pacientes, aunque estos son solo para el uso de investigación. Debido a ello plantea buscar daños o algo llamativo en los diagnósticos por imágenes. Buse Sarigul e investigadores afirmaron que la valoración inmediata reduciría la probabilidad del 69% de resultados desfavorables tras efectuar un correcto diagnóstico y la aplicación del tratamiento indicado por el mismo [41], [42].

Kristin Haag, especificó que, en la atención de las lesiones cerebrales, un 36% comprende a traumas craneoencefálicos en adultos y un 23% en menores. Como resultado de los porcentajes, señala una correcta clasificación de la clasificación en urgencias d ellos menores, puesto que las lesiones en los pacientes pediátricos resultan ser más graves que en los adultos ya que la mayoría presentan un 68% de las lesiones debido al maltrato o violencia doméstica. Rajan Arora, evidencia en su publicación de que al no realizarse una correcta indagación en los menores un 85% regresaban a urgencias por conmoción cerebral y de estos necesitaban una o más intervenciones en la visita de retorno. De ahí, la urgencia de una correcta valoración puesto que el 61% necesitan cirugía [43, 49].

Con respecto al diagnóstico, cabe recalcar el uso óptimo del estudio mediante imágenes. Tokiola Fumiaki, respalda en su investigación que los pacientes con sospecha o confirmación de una caída resulta útil la valoración mediante estudios de imágenes radiográficos. Esto simplifica el trabajo médico, ya que ayuda a encontrar las fracturas y lesiones en un 85% en los pacientes que las presenten. María Argyropoulou y colaboradores, se basa en el manejo con tomografía computarizada como recurso favorable. La desventaja de este medio es el uso de radiación ionizante, con un riesgo asociado de por vida de padecer cáncer. A su vez, es muy utilizado en la toma de decisiones clínicas para traumatismo craneoencefálico menor, pediátrico. La resonancia magnética, se encuentra en última instancia y hace un límite frente al costo y al tiempo en que tarda la misma en reflejar los resultados y retrasa el tratamiento de los pacientes [44], [45, 48].

Dentro del tratamiento, este definirá el estado actual del paciente, ya que tras una buena examinación la resolución tendría que estar encaminada. Robyn D'Agostino aclara que la tasa de mortalidad de los traumatismos craneoencefálicos graves posee una estimación de 90%. En una puntuación >6 en la escala de coma de Glasgow

tienen una probabilidad razonable de obtener un resultado significativo. Además, el presenta un 74% de supervivencia en los pacientes que se sometieron a una intervención quirúrgica como craneotomía o craneotomía descompresiva. Escamilla-Ocañas, afirma que el beneficio de las intervenciones recata al paciente del estado grave, pero le produce una discapacidad grave por ello el mismo deberá tener el consentimiento informado y estar consciente de la intervención a la que va a ser sometido y el riesgo que ello conlleva [46], [47].

5 Conclusión

La implementación del sistema propuesto, posibilitó la obtención del Mapa Cognitivos Neutrosófico agregado con la representación de las relaciones causales sobre las incidencias para el análisis de manejo del traumatismo craneoencefálico grave. A partir de la aplicación del método propuesto en el caso de estudio fue posible demostrar la aplicabilidad del método permitiendo. Como describen varios autores, no existe un tratamiento único y eficaz determinado para pacientes con traumatismo craneoencefálico puesto que el mismo dependerá del protocolo de práctica clínica que se efectivice en cada paciente y del tratamiento multimodal e individualizado.

En los pacientes con TCE la toma de decisiones sobre su estadio es ineficiente, ya que entre el 90 y 95% de los pacientes examinados no muestran lesiones intracraneales. El uso de biomarcadores para visualizar algún daño cerebral de los pacientes, en la mayoría de centros es solo para el uso de investigación. El impacto del traumatismo craneoencefálico en el paciente resulta ser grande por las secuelas discapacitantes.

En países de ingresos bajos y medianos, la tasa de TCE es generalmente más alta debido a factores como la falta de infraestructura de seguridad vial y sistemas de atención médica menos desarrollados como en América Latina.

Referencias

- [1] W. Peeters, R. van den Brande, S. Polinder, A. Brazinova, E. W. Steyerberg, H. F. Lingsma, and A. I. Maas, "Epidemiology of traumatic brain injury in Europe," *Acta neurochirurgica*, vol. 157, pp. 1683-1696, 2015.
- [2] M. P. H. Martínez, A. G. A. Hernández, J. J. R. Cantillo, and A. P. Hernandez, "Epidemiología del trauma craneoencefálico," *Revista Cubana de medicina intensiva y emergencias*, vol. 17, no. S2, pp. 3-6, 2018.
- [3] A. R. P. García, A. P. Hernández, A. R. P. García, and W. R. Borges, "Factores pronósticos de muerte en pacientes con traumatismo craneoencefálico," *Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias*, vol. 14, no. 3, pp. 61-69, 2015.
- [4] J. D. Charry, J. F. Cáceres, A. C. Salazar, L. P. López, and J. P. Solano, "Trauma craneoencefálico. Revisión de la literatura," *Revista Chilena de Neurocirugía*, vol. 43, no. 2, pp. 177-182, 2017.
- [5] M. I. Caetano da Silva, R. R. Gomes da Silva, S. H. Santos Nogueira, S. M. Lopes, R. Moreira de Alencar, and W. Rodrigues Pinheiro, "Diagnósticos de enfermería para pacientes con traumatismo craneoencefálico: revisión integradora," *Enfermería Global*, vol. 20, no. 64, pp. 584-628, 2021.
- [6] E. J. C. Pino, M. F. C. Velez, A. M. M. Marquez, and G. M. C. Inca, "Manejo del paciente neurológico en estado crítico por traumatismo craneoencefálico," *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, vol. 6, no. 2, pp. 231-241, 2022.
- [7] K. P. García, M. N. M. Morales, M. C. Borrell, J. A. P. Romero, and Y. A. Esquivel, "Factores de riesgo asociados a la mortalidad en pacientes con trauma craneoencefálico agudo," *Revista Cubana de Anestesiología y Reanimación*, vol. 19, no. 3, pp. 1-14, 2020.
- [8] R. Sampieri, C. F. Collado., and P. B. Lucio, "Metodología de la investigación," *México* vol. ISBN: 970-10-5753-8, 2006.
- [9] C. Goodier, S. Austin, and R. Soetanto, "Causal mapping and scenario building with multiple organizations," *Futures*, vol. 42, no. 3, pp. 219-229, 2010.
- [10] C. Strauch, U.-L. S. Sites, and W. Kriha, "NoSQL databases," *Lecture Notes, Stuttgart Media University*, vol. 20, 2011.
- [11] B. KOSKO, "Fuzzy cognitive maps," *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 24, no. 1, pp. 65-75, 1986.
- [12] J. Salmeron, "Augmented fuzzy cognitive maps for modeling LMS critical success factors," *Knowledge-Based Systems*, vol. 22 no. 4, pp. 275-278, 2009.
- [13] F. Smarandache, "Neutrosophia y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.
- [14] M. Glykas, and P. Groumpos, "Fuzzy Cognitive Maps: Basic Theories and Their Application to Complex Systems Fuzzy Cognitive Maps " *Springer Berlin / Heidelberg.*, pp. 1-22, 2010.
- [15] Gonzalo Nápoles, Elpiniki Papageorgiou, Rafael Bello, and K. Vanhoof, "Learning and convergence of fuzzy cognitive maps used in pattern recognition," *Neural Processing Letters*, vol. 45, no. 2, pp. 431-444, 2017.
- [16] Gonzalo Nápoles, Maikel Leon Espinosa, Isel Grau, Koen Vanhoof, and R. Bello, *Fuzzy Cognitive Maps Based Models for Pattern Classification: Advances and Challenges*, p.^pp. 83-98, Soft Computing Based Optimization and Decision Models, 2018.
- [17] W. L. S. Álava, A. R. Rodríguez, R. G. Rodríguez, and O. M. Cornelio, "La neuroeducación en la formación docente," *Revista Científica de Innovación Educativa y Sociedad Actual" ALCON"*, vol. 4, no. 1, pp. 24-36, 2024.

- [18] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional*, vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.
- [19] M. Bello, G. Nápoles, K. Vanhoof, and R. Bello, "Data quality measures based on granular computing for multi-label classification," *Information Sciences*, vol. 560, pp. 51-67, 2021.
- [20] L. Concepción, G. Nápoles, R. Falcon, K. Vanhoof, and R. Bello, "Unveiling the dynamic behavior of fuzzy cognitive maps," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 29, no. 5, pp. 1252-1261, 2020.
- [21] W. Stach, L. Kurgan, and W. Pedrycz, "Expert-Based and Computational Methods for Developing Fuzzy Cognitive Maps," *In M. Glykas (Ed.), Fuzzy Cognitive Maps* B. Springer, ed., pp. 23- 41, 2010.
- [22] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suintaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.
- [23] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.
- [24] E. White, and D. Mazlack, "Discerning suicide notes causality using fuzzy cognitive maps." pp. 2940-2947.
- [25] M. Y. L. Vázquez, G. S. D. Veloz, S. H. Saleh, A. M. A. Roman, and R. M. A. Flores, "A model for a cardiac disease diagnosis based on computing with word and competitive fuzzy cognitive maps," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil*, vol. 19, no. 1, 2018.
- [26] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado*, vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.
- [27] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.
- [28] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado*, vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.
- [29] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad*, vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.
- [30] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad*, vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.
- [31] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado*, vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.
- [32] Author ed.^eds., "Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications," *Secaucus, NJ, USA: Springer Verlag*, 2010, p.^pp. Pages.
- [33] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.
- [34] M. Y. L. Vázquez, I. A. M. Alcivar, M. E. P. González, R. M. A. Flores, R. L. Fernández, and M. A. T. Bonifaz, "Obtención de modelos causales como ayuda a la comprensión de sistemas complejos," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil*, vol. 18, no. 2, 2018.
- [35] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.
- [36] C. Danienson, "Competencias docentes: desarrollo, apoyo y evaluación," *Serie Documental de Preal*, no. No.51, 2011.
- [37] A. Capizzi, J. Woo, and M. Verduzco-Gutierrez, "Traumatic brain injury: an overview of epidemiology, pathophysiology, and medical management," *Medical Clinics*, vol. 104, no. 2, pp. 213-238, 2020.
- [38] C. P. Robinson, "Moderate and severe traumatic brain injury," *Continuum: lifelong learning in neurology*, vol. 27, no. 5, pp. 1278-1300, 2021.
- [39] M. Wiles, "Management of traumatic brain injury: a narrative review of current evidence," *Anaesthesia*, vol. 77, pp. 102-112, 2022.
- [40] D. Stein, and M. Broderick, "Management of Head Trauma," *Surgical Clinics*, vol. 104, no. 2, pp. 325-341, 2024.
- [41] A. I. Maas, D. K. Menon, G. T. Manley, M. Abrams, C. Åkerlund, N. Andelic, M. Aries, T. Bashford, M. J. Bell, and Y. G. Bodien, "Traumatic brain injury: progress and challenges in prevention, clinical care, and research," *The Lancet Neurology*, vol. 21, no. 11, pp. 1004-1060, 2022.
- [42] B. Sarigul, R. S. Bell, R. Chesnut, S. Aguilera, A. Buki, G. Citerio, D. J. Cooper, R. Diaz-Arrastia, M. Diringer, and A. Figaji, "Prognostication and goals of care decisions in severe traumatic brain injury: a survey of the Seattle International Severe Traumatic Brain Injury Consensus Conference Working Group," *Journal of neurotrauma*, vol. 40, no. 15-16, pp. 1707-1717, 2023.
- [43] K. Haag, D. Duke, and J. Piatt, "Overtriage of transfers to the pediatric trauma center: the importance of minor head injury," *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, vol. 1, no. aop, pp. 1-8, 2024.
- [44] F. Tokioka, H. Okamoto, A. Shiotsu, and T. Hashimoto, "Frequency and clinical features of radiographic head injury caused by inpatient falls: a single-centre retrospective cohort study," *BMJ open*, vol. 13, no. 4, pp. e066426, 2023.
- [45] M. I. Argyropoulou, G. A. Alexiou, V. G. Xydis, C. Adamsbaum, J.-F. Chateil, A. Rossi, N. Girard, É. Vázquez, and L. G. Astrakas, "Pediatric minor head injury imaging practices: results from an ESPR survey," *Neuroradiology*, vol. 62, pp. 251-255, 2020.
- [46] R. D'Agostino, A. Kursinkis, P. Parikh, P. Letarte, L. Harmon, and G. Semon, "Management of penetrating traumatic brain injury: operative versus non-operative intervention," *Journal of Surgical Research*, vol. 257, pp. 101-106, 2021.

- [47] C. Escamilla-Ocañas, and N. Albores-Ibarra, "Current status and outlook for the management of intracranial hypertension after traumatic brain injury: decompressive craniectomy, therapeutic hypothermia, and barbiturates," *Neurología (English Edition)*, vol. 38, no. 5, pp. 357-363, 2023.
- [48] Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., Vergara-Romero, A., & Ricardo, J. E. "Analyzing the Income-Education Nexus in Ecuador: A Neutrosophic Statistical Approach". *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 66, pp 196-203, 2024
- [49] Hernández, N. B., Yelandi, L. V. M., Ricardo, J. E., & Manzano, R. L. M. "Análisis prospectivo del estado actual de la carrera de derecho en la sede Babahoyo de la universidad UNIANDES". *Revista Conrado*, vol. 19 núm. S2, pp 505-513, 2023
- [50] 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.
- [51] Rojas Salazar, R. E. "Los presupuestos procesales para la admisibilidad y procedibilidad del recurso de doble conforme en la condena penal que se da por primera vez en segunda instancia y el derecho a recurrir del procesado en la sentencia no. 1965-18-ep/21, 2021". (Master's thesis), 2022.
- [52] Bejarano Sarabia, M. A. "El derecho a la identidad y la capacidad personal de elegir el orden de los apellidos en Ecuador" (Master's thesis), 2022.
- [53] Loja Yaucan, G. A. "La justicia restaurativa el rol de víctima en el proceso penal cantón Riobamba provincia de Chimborazo periodo 2021" (Master's thesis), 2022.
- [54] Tualombo Taris, J. I. "Protección de la víctima contra la integridad sexual desde el derecho penal ecuatoriano y su relación con normas nacionales e internacionales en la ciudad de Quito" (Master's thesis), 2022.
- [55] Pinto Cabezas, H. A. "La legítima defensa y su incidencia en la emoción básica de miedo intenso del titular del bien jurídico protegido en la legislación penal ecuatoriana año 2021" (Master's thesis), 2022.

Recibido: 3 de octubre de 2024. Aceptada: 2 de noviembre de 2024