



Método neutrosófico para el análisis de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo frente a la responsabilidad por contaminación del Río Toachi.

Neutrosophic method for the analysis of the Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo against the responsibility for contamination of the Toachi River.

Yolanda Guissell Calva Vega¹, Jorge Luis Ortega Abad², Fredy Pablo Cañizares Galarza³ and Salomón Alejandro Montece Giler⁴

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

² Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Santo Domingo, Ecuador. ds.jorgeloa43@uniandes.edu.ec

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

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

Resumen. Este estudio tiene como objetivo implementar un Método Neutrosófico para analizar la responsabilidad de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTH) en la contaminación del Río Toachi, a partir de la vulneración de los derechos de la naturaleza y de los habitantes del sector Brasilias del Toachi. Según los artículos 10 y 71 de la Constitución, la naturaleza es un sujeto de derechos; sin embargo, evidencias recientes derivadas del faenamiento de ganado porcino y bovino en el Km. 14.5 de la vía Las Mercedes, Santo Domingo, han puesto de manifiesto que, a pesar de la existencia de acciones constitucionales para salvaguardar el derecho a una vida digna de los moradores, se ignora la afectación a los derechos de la naturaleza. Esta omisión se ve reflejada en el enfoque antropocéntrico de las decisiones judiciales que excluyen a la Defensoría del Pueblo como representante de la naturaleza, lo que compromete la sostenibilidad ambiental y el bienestar de las generaciones presentes y futuras, así como la flora y fauna local. Adicionalmente, se destaca la ineficacia de las autoridades de control, específicamente la Dirección de Gestión Ambiental del GAD Provincial de Santo Domingo, y la falta de políticas públicas adecuadas para proteger los derechos de la naturaleza y sus componentes en la región. Este contexto justifica la necesidad de un análisis más profundo y holístico a través del Método Neutrosófico para abordar estos problemas complejos.

Palabras Claves: números neutrosófico, derechos de la naturaleza, contaminación de fuentes hídricas, desechos bovinos y porcinos peligrosos, políticas públicas.

Abstract. This study aims to implement a Neutrosophic Method to analyze the responsibility of the Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTH) in the contamination of the Toachi River, based on the violation of the rights of nature and of the inhabitants of the Brasilias sector of Toachi. According to articles 10 and 71 of the Constitution, nature is a subject of rights; however, recent evidence derived from the slaughter of pigs and cattle at Km. 14.5 of Las Mercedes road, Santo Domingo, has shown that, despite the existence of constitutional actions to safeguard the right to a dignified life of the inhabitants, the affectation of the rights of nature is ignored. This omission is reflected in the anthropocentric approach of the judicial decisions that exclude the Ombudsman's Office as a representative of nature, which compromises environmental sustainability and the well-being of present and future generations, as well as the local flora and fauna. Additionally, the ineffectiveness of the control authorities, specifically the Environmental Management Directorate of the Provincial Government of Santo Domingo, and the lack of adequate public policies to protect the rights of nature and its components in the region are highlighted. This context justifies the need for a deeper and more holistic analysis through the Neutrosophic Method to address these complex problems.

Keywords: neutrosophic numbers, rights of nature, contamination of water sources, dangerous bovine and porcine waste, public policies.

1 Introducción

La urbanización Brasilias del Toachi es parte de la parroquia Río Toachi, situada en el cantón Santo Domingo, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. En esta localidad se encuentra la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTH), la cual se dedica al faenamiento de ganado bovino y porcino. Esta actividad industrial, si bien contribuye a la economía local, ha generado severos impactos ambientales, específicamente la contaminación de las fuentes hídricas, ya que los desechos son vertidos directamente en el Río Toachi [1]. Esto no solo afecta la salud de los ecosistemas acuáticos, sino que también infringe los derechos fundamentales de los moradores de la zona, quienes ven comprometido su derecho a un ambiente sano y equilibrado, tal como lo estipula la Constitución de la República del Ecuador en sus artículos 10 y 71 [2].

La contaminación del agua ha emergido como un problema cotidiano y de alta visibilidad, exacerbado por las actividades industriales, el mal manejo de aguas servidas y la interacción con animales de pastoreo cerca de fuentes hídricas [3]. Las prácticas inadecuadas de uso de los recursos naturales, además de la agricultura intensiva con alto uso de agrotóxicos, forman parte de un contexto que daña no solo la salud pública, sino también la sostenibilidad ambiental. Este fenómeno se convierte, por lo tanto, en un fenómeno socio-jurídico que requiere atención urgente y efectiva, no solo a nivel local, sino global [4].

En este contexto, la Constitución ecuatoriana establece derechos y obligaciones para la ciudadanía que deben ser respetados para garantizar una convivencia pacífica y una vida digna. Sin embargo, a pesar de presentarse planes de acción por parte de la EPMTH ante la Dirección de Gestión Ambiental del GAD Provincial, los derechos constitucionales, que protegen tanto a las personas como a la naturaleza, parecen ser vulnerados. Los moradores del sector Brasilias del Toachi han iniciado acciones legales para hacer valer sus derechos a una vida digna, evidenciando así la necesidad de un enfoque más inclusivo que contemple la protección de los derechos de la naturaleza, que en este caso son igualmente afectados por la actividad de la EPMTH.

La falta de atención a los derechos de la naturaleza en las decisiones judiciales, que se enfocan predominantemente en los derechos de las personas, refleja una visión antropocéntrica que resulta problemática. A pesar de que la contaminación afecta claramente tanto a las personas como a los ecosistemas, las sentencias dictadas por los jueces constitucionales no han abordado adecuadamente los impactos sobre el entorno natural. Esta omisión no solo contradice los principios constitucionales, sino que también pone en riesgo la sostenibilidad del ecosistema y el bienestar de futuras generaciones.

A medida que se evidencian los insuficientes mecanismos de control y supervisión por parte de las autoridades ambientales, así como la falta de educación ambiental y conocimiento sobre los derechos de la naturaleza en la comunidad, se torna necesario implementar nuevas estrategias de análisis. En este sentido, el uso del Método Neutrosófico se presenta como una herramienta que podría permitir un análisis más integral de las problemáticas en cuestión, proporcionando un marco que considere tanto los derechos de los moradores como los de la naturaleza. Con la implementación de este método se pretende facilitar la comprensión de la complejidad del problema a la vez que se promueve la creación de políticas públicas que garanticen el respeto y la protección de los derechos de la naturaleza en el cantón Santo Domingo y la provincia de Tsáchilas en general.

2. Materiales y métodos

La problemática en el sector Brasilias del Toachi se centra en los efectos adversos causados por las actividades de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTH), específicamente en relación con la contaminación del Río Toachi y la violación de los derechos de la naturaleza y de los residentes locales. A pesar de los esfuerzos regulatorios y las acciones legales emprendidas por la comunidad para proteger su derecho a vivir en un entorno saludable, persisten graves desafíos que requieren una atención más efectiva. La situación subraya la necesidad de implementar un método de evaluación riguroso, como el Método Neutrosófico [5], que permita esclarecer los hechos en torno a la contaminación y sus repercusiones. Este enfoque no solo podría ofrecer una evaluación más integral de la responsabilidad de la EPMTH frente a la contaminación, sino también facilitar la formulación de propuestas de acción concretas que promuevan la protección de los derechos de la naturaleza y garanticen un ambiente sostenible para las generaciones actuales y futuras.

La presente sección describe el funcionamiento del método neutrosófico para el análisis de la EPMTH frente a la responsabilidad por contaminación del Río Toachi. El método modela las relaciones causales entre los diferentes conceptos mediante Mapa Cognitivo Neutrosófico. El método sustenta los siguientes principios:

- Integración del conocimiento causal mediante Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN) para la recomendación en la identificación de perfiles de formación en prácticas laborales.
- Identificación mediante el equipo de expertos de las relaciones causales.

El diseño del método está estructurado para la evaluación de la responsabilidad de contaminación del Río Toachi por la EPMTH. Posee tres etapas básicas: entrada, procesamiento y salida. El método propuesto está estructurado para soportar la gestión del proceso de inferencia para recomendación en la identificación de perfiles de prácticas laboral. Emplea un enfoque multicriterio como base para la inferencia, se auxilia de expertos para nutrir la base de conocimiento [6-8]. El conjunto de indicadores evaluativos representan una de las entradas del

sistema que necesario para la actividad de inferencia. La actividad de inferencia representa el núcleo fundamental para el razonamiento del método [9-11].

2.1 Diseño del método neutrosófico para el análisis de la EPMTM frente a la responsabilidad por contaminación del Río Toachi

La presente sección realiza una descripción del método propuesto. Se detallan las diferentes actividades que garantizan la inferencia de la etapa procesamiento. Las actividades están computadas por: (i) identificar los criterios evaluativos; (ii) determinar las relaciones causales; (iii) obtener el MCN resultante de las relaciones causales; y (iv) inferencia del proceso [12, 13]. La Figura 1 muestra el flujo de la etapa de procesamiento.

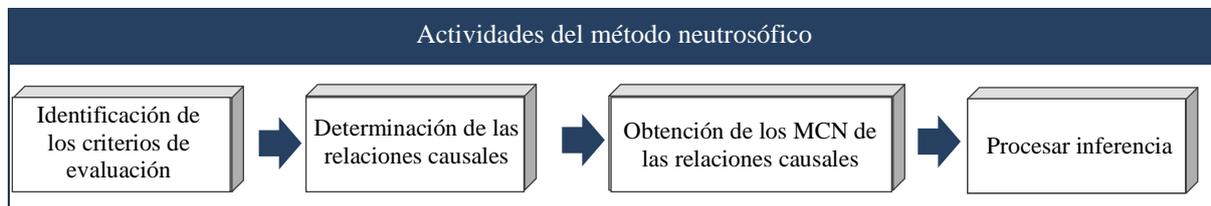


Figura 1. Flujo de trabajo de la etapa de procesamiento del análisis de la responsabilidad de contaminación del Río Toachi por la EPMTM.

Actividad 1: Identificación de los criterios evaluativos.

La actividad inicia con la identificación de los expertos que intervienen en el proceso. A partir del trabajo del grupo de experto se determinan los criterios que se tendrán en cuenta para la inferencia del proceso. La actividad utiliza un sistema de trabajo en grupo mediante un enfoque multicriterios. Formalmente se puede definir el problema de recomendación de la guarda a menores a partir de la responsabilidad parental mediante el número de indicadores evaluativos del proceso, donde:

$$I = \{i_1, \dots, i_n\} \quad (1)$$

El número de expertos que interviene en la valoración multicriterio, donde:

$$E = \{m_1, \dots, m_n\} \quad (2)$$

El resultado de la actividad es la obtención de los diferentes indicadores evaluativos sobre la responsabilidad de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTM) en la contaminación del Río Toachi.

Actividad 2: determinaciones de las relaciones causales de los criterios.

Una vez obtenidos los criterios evaluativos, se determina las relaciones causales. Las relaciones causales constituyen la expresión de causalidad entre los diferentes criterios evaluativos. La determinación de las relaciones causales consiste en establecer a partir del trabajo en grupo la implicación entre conceptos. La información resultante representa el conocimiento primario para nutrir el proceso de inferencia.

Las relaciones causales son representadas por variables difusas expresadas como términos lingüísticos [14]. En los modelos lingüísticos se suelen usar conjuntos de etiquetas lingüísticas con granularidad no superior a 13 [15, 16]. Es común utilizar conjuntos de granularidad impar, donde existe una etiqueta central y el resto de las etiquetas se distribuyen simétricamente a su alrededor.

Actividad 3: obtención del MCN.

Durante la etapa de ingeniería del conocimiento cada experto expresa la relación que existe entre cada par de conceptos C_i y C_j del mapa. Entonces, para cada relación causal se obtienen K reglas con la siguiente estructura: Si C_i es A entonces C_j es B y el peso W_{ij} es C. Cada nodo constituye un concepto causal, esta característica hace que la representación sea flexible para visualizar el conocimiento humano [17, 18]. La matriz de adyacencia se obtiene a partir los valores asignados a los arcos [19, 20].

Los valores que se obtienen por el grupo de experto que intervienen en el proceso son agregados conformándose el conocimiento general con las relaciones entre los criterios. La actividad obtiene como resultado el MCN resultante [21, 22].

A partir de la obtención de las relaciones causales, se realiza el análisis estático [23, 24]. Se toma de referencia el conocimiento almacenado en la matriz de adyacencia. Para el desarrollo del presente método se trabaja con el grado de salida tal como muestra la ecuación (3) [25-27].

$$id_i = \sum_{j=1}^n \|I_{ji}\| \quad (3)$$

Actividad 4: procesamientos de la inferencia:

Un sistema modelado por un MCN evolucionará durante el tiempo, donde la activación de cada neurona dependerá del grado de activación de sus antecedentes en la iteración anterior. Normalmente este proceso se repite hasta que el sistema estabilice o se alcance un número máximo de iteraciones.

El procesamiento para la inferencia, consiste en calcular el vector de estado A a través del tiempo, para una condición inicial A^0 [28]. De forma análoga a otros sistemas neuronales, la activación de C_i dependerá de la activación las neuronas que inciden directamente sobre el concepto C_i y de los pesos causales asociados a dicho concepto. La ecuación 6 muestra la expresión utilizada para el procesamiento.

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1; j \neq i}^n A_j^{(K)} * W_{ji}\right) \quad (4)$$

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.

Los sistemas inestables pueden ser totalmente caóticos o cíclicos, y son frecuentes en modelos continuos. En resumen, el proceso de inferencia en un MCD puede mostrar una de las siguientes características:

- Estados de estabilidad: si $\exists tk \in \mathbb{N}: A_i^{(t+x)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$ por tanto, después de la iteración tk el FCM producirá el mismo vector de estado. Después esta configuración es ideal, pues representa la codificación de un patrón oculto en la causalidad.
- Estados cíclicos: si $\exists tk, P \in \mathbb{N}: A_i^{(t+P)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$. El mapa tiene un comportamiento cíclico con periodo P . En este caso el sistema producirá el mismo vector de estado cada P -ciclos del proceso de inferencia.
- Estado caótico: el mapa produce un vector de estado diferente en cada ciclo. Los conceptos siempre varían su valor de activación.

4. Implementación del método para el análisis de la EPMTM frente a la responsabilidad por contaminación del Río Toachi

La presente sección ilustra la implementación del método propuesto. Se describe un estudio de caso para analizar la responsabilidad de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTM) en la contaminación del Río Toachi, a partir de la vulneración de los derechos de la naturaleza y de los habitantes del sector Brasilias del Toachi. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 Identificación de los criterios evaluativos:

Para el desarrollo de estudio, se consultaron 3 expertos. El grupo representa la base para la definición de los criterios evaluativos y las relaciones causales. A partir del trabajo realizado por el grupo de expertos se identificaron el conjunto de criterios. La tabla 1 muestra el resultado de los criterios identificados.

Tabla 1. Criterios evaluativos.

No.	Criterios	Descripción
1	Emisión de desechos	Evaluar la cantidad y tipo de desechos generados por la EPMTM en sus actividades de faenamiento y su tratamiento antes de ser vertidos al río.
2	Monitoreo de calidad del agua	Examinar si existen registros de análisis de calidad del agua del Río Toachi que indiquen niveles de contaminación antes y después de la instalación de la EPMTM.
3	Cumplimiento normativo	Verificar si la EPMTM ha cumplido con las normativas ambientales locales y nacionales relacionadas con la gestión de residuos y la protección de cuerpos de agua.
4	Inspecciones Ambientales	Analizar la frecuencia y los resultados de las inspecciones realizadas por las autoridades ambientales a las instalaciones de la EPMTM.
5	Planes de mitigación	Revisar si la EPMTM cuenta con planes de mitigación para abordar los impactos ambientales de su actividad, y si estos han sido implementados efectivamente.
6	Capacitación del personal	Evaluar si se han realizado programas de capacitación para el personal de la EPMTM en gestión ambiental y buenas prácticas en el manejo de desechos.
7	Acciones correctivas	Determinar si la EPMTM ha tomado acciones correctivas tras recibir advertencias o sanciones por las autoridades ambientales.
8	Informe de accidentes ambientales	Analizar el número y tipo de incidentes reportados en relación con derrames o vertidos al río y las respuestas de la empresa a estos eventos.
9	Participación comunitaria	Evaluar el grado de participación de la comunidad afectada en procesos de consulta y toma de decisiones relacionadas con la actividad de la EPMTM.

No.	Criterios	Descripción
10	Compensación a la comunidad	Revisar si existen mecanismos de compensación o apoyo a la comunidad afectada por la contaminación provocada por la EPMTM.
11	Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	Analizar si se ha realizado una Evaluación de Impacto Ambiental adecuada y si las recomendaciones de la EIA han sido implementadas.
12	Desempeño en transparencia	Evaluar la transparencia de la EPMTM en la divulgación de información sobre sus actividades, impactos ambientales y medidas implementadas.
13	Indicadores de salud pública	Examinar si hay evidencia de problemas de salud en la población local que puedan correlacionarse con la contaminación del agua.
14	Investigaciones académicas	Revisar estudios académicos que evalúen el impacto de la EPMTM en el entorno natural y en los derechos de los habitantes.
15	Colaboración con autoridades	Evaluar el nivel de cooperación de la EPMTM con las autoridades y organismos ambientales para abordar la problemática de contaminación y sus repercusiones.

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales de los criterios:

Para la identificación de las relaciones causales se obtuvo la información del grupo de expertos que participa en el proceso. Se identificó como resultado 3 matrices de adyacencia con el conocimiento expresado por cada experto. Las matrices pasaron por un proceso de agregación en la que se genera como resultado final una matriz de adyacencias resultante. Los valores de causalidad son definidos a partir de números neutrosóficos según la escala definida en la tabla 2.

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados.

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

La tabla 3 muestra la matriz de adyacencia resultante del proceso.

Tabla 3. Matriz de adyacencia a partir de los criterios evaluativos.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅
C ₁	EB	B	MM B	M	MM B	EB	MM	MM B	EM	MM B	MM B	EB	MM B	MM B	MM B
C ₂	MMB	EM	B	EB	B	B	MM B	MM B	EB	B		EB	B	B	B
C ₃	EB	MM B	EB	B	M	EM	MM B	M	MM B	M	M	MM B	MD M	MM B	M
C ₄	M	B	B	MD M	EB	B	EB	EM	MM B	B	MD M	M	MD M	MD M	B
C ₅	MM	B	M	EB	EB	B	MD M	B	EB	M	MM	EM	MM	MD M	M
C ₆	EM	MM B	M	MM B	M	EB	MM	MD M	B	B	EB	B	EB	MM	B
C ₇	M	M	M	MD M	EM	M	EB	MM B	MM B	MM	MM	M	MM	EB	MM
C ₈	M	MD M	EM	MM	MM	EB	M	MM	M	B	MM	EB	MD M	MM	B
C ₉	B	MM B	MD M	EM	M	MM	MM	MM B	M	MM	EB	MM	EB	MM	MM
C ₁₀	MDM	B	MD M	MD M	B	MM	MD M	B	MM	EB	MD M	MD M	EB	MM	EB

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅
C ₁₁	MM	MM	M	MD M	EB	EB	MD M	MM	EB	MM	EM	EB	MM	M	MM
C ₁₂	EB	EB	EB	MM	MM	MM	EM	EB	MM	M	MM	MM	MM	MM	M
C ₁₃	B	B	MD M	B	MM	MD M	MM	B	MM B	MD M	B	MD M	EM	MD M	MD M
C ₁₄	EB	EB	EB	B	MD M	MD M	MM B	EB	MM B	MM B	MD M	M	M	EM	MM B
C ₁₅	M	M	MD M	B	MM B	EB	M	B	MM B	EM	EB	EB	EB	B	EM

Actividad 3 obtención del MCN:

Una vez obtenidos los indicadores evaluativos y sus relaciones causales correspondientes en la actividad 2, se realiza la representación del conocimiento en el MCN resultante.

Actividad 4 procesamientos de la inferencia:

La matriz de adyacencia posee el conocimiento necesario para determinar los pesos atribuidos a cada indicador evaluativo. Para calcular los pesos, se emplea la ecuación 3. La tabla 4 muestra los resultados del cálculo realizado.

Tabla 4: Peso atribuido a los indicadores criterios

Criterios	Peso
C ₁	[0.8,0,15,0.20]
C ₂	[1,0,0]
C ₃	[0.8,0,15,0.20]
C ₄	[1,0,0]
C ₅	[0.9, 0.1, 0.1]
C ₆	[0.8,0,15,0.20]
C ₇	[0.9, 0.1, 0.1]
C ₈	[0.9, 0.1, 0.1]
C ₉	[0.8,0,15,0.20]
C ₁₀	[0.9, 0.1, 0.1]
C ₁₁	[0.9, 0.1, 0.1]
C ₁₂	[0.70,0.25,0.30]
C ₁₃	[1,0,0]
C ₁₄	[0.9, 0.1, 0.1]
C ₁₅	[0.9, 0.1, 0.1]

Una vez determinado los pesos de los indicadores. Se determinan las preferencias del comportamiento de los 15 criterios evaluativos. Las tabla 4 muestran los resultados del cálculo realizado.

Tabla 5: Cálculo de preferencias atribuidas a cada criterio de evaluación de la responsabilidad de contaminación del Río Toachi por la EPMTM

Criterio	Peso	Preferencia	Agregación
C ₁	[0.8,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C ₂	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.95, 0.1, 0.1]
C ₃	[0.8,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C ₄	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C ₅	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C ₆	[0.8,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8,0,15,0.20]
C ₇	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.90, 0.1, 0.1]
C ₈	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C ₉	[0.8,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8,0,15,0.20]
C ₁₀	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.90, 0.1, 0.1]
C ₁₁	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.90, 0.1, 0.1]
C ₁₂	[0.70,0.25,0.30]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]

Criterio	Peso	Preferencia	Agregación
C ₁₃	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C ₁₄	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C ₁₅	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
Índice			[0.92, 0.1, 0.1]

La figura 2 muestra una gráfica las preferencias del comportamiento para los 15 casos de análisis, a partir del procesamiento que se realiza según descripción de la tabla 4.

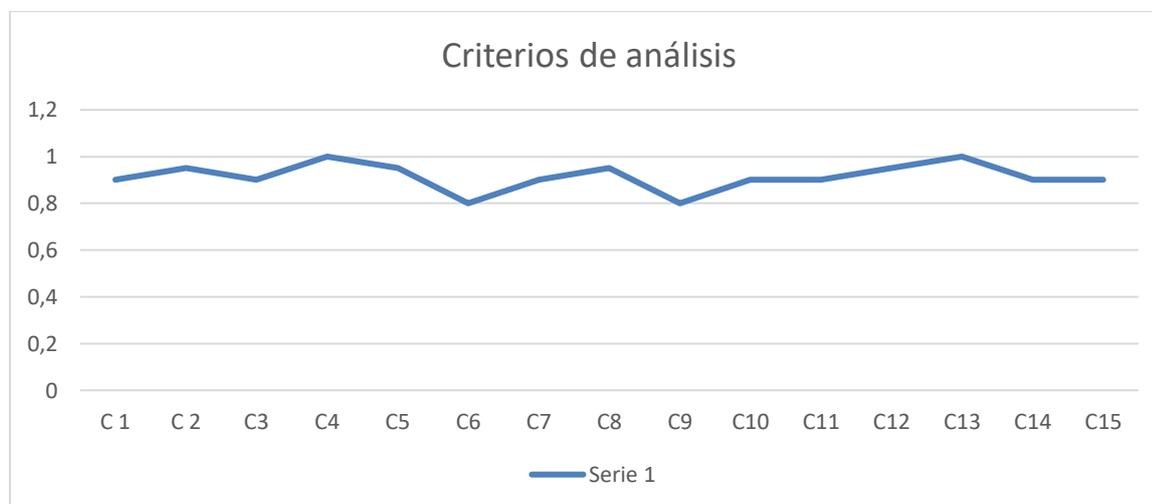


Figura 2. Comportamiento de los diferentes criterios de análisis.

La implementación del Método Neutrosófico, acompañado del análisis detallado de los 15 criterios evaluativos, ha permitido identificar de manera clara la alta responsabilidad de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo en la contaminación del Río Toachi. Este Método Neutrosófico, que busca integrar diferentes perspectivas y niveles de incertidumbre asociados a la evaluación ambiental, ha facilitado la recopilación y análisis de datos pertinentes, resaltando las deficiencias en las prácticas de gestión ambiental de la empresa. Los resultados obtenidos evidencian que la actividad de la EPMTTH no solo ha comprometido la calidad del agua, sino que también ha afectado los derechos de la naturaleza y la salud de los habitantes de la zona, subrayando la necesidad de acciones correctivas y de una mayor responsabilidad empresarial en el manejo de su impacto ambiental.

Aplicación de la entrevista

Adicionalmente, se decidió aplicar una entrevista para comprobar los resultados arrojados por la implementación del método neutrosófico propuesto en la presente investigación. La entrevista realizada se centró en recoger opiniones sobre la contaminación del Río Toachi y su relación con los derechos de la naturaleza, involucrando a un grupo diverso de entrevistados. Participaron el Presidente del Sector, tres líderes de la urbanización Brasiliás del Toachi y el Responsable de Ambiente de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTTH). Esta variedad de voces permitió obtener una visión integral sobre la problemática de la contaminación, las acciones realizadas, y el conocimiento de los derechos relacionados con la naturaleza y el ambiente.

Todos los entrevistados confirmaron su conocimiento acerca de la contaminación atribuida a las descargas del camal de la EPMTTH en el Río Toachi, identificando el problema como una situación crítica que afecta tanto a industrias públicas como privadas. Cuando se les preguntó sobre las acciones que habían tomado para abordar esta problemática, todos los entrevistados señalaron que habían realizado acercamientos al camal municipal y que han evidenciado descargas constantes de efluentes al río, lo cual les llevó a dialogar con las autoridades para mejorar los tratamientos de los desechos producidos.

Respecto a la vulneración de los derechos de la naturaleza, la mayoría de los participantes, excluyendo al responsable ambiental de la EPMTTH, se mostró desinformada. Ellos centraban su atención en la contaminación y destrucción ambiental, sin vincularlo explícitamente con los derechos de la naturaleza. En contraste, el responsable de ambiente reconoció plenamente su labor en la defensa de estos derechos, entendiendo la importancia de su cumplimiento conforme a la legislación vigente.

La desconexión entre el conocimiento de los derechos de la naturaleza y la capacidad para denunciarlos fue evidente, ya que los líderes comunitarios no estaban al tanto de que cualquier persona puede representar a la naturaleza en denuncias de vulneración. Solo el responsable de ambiente mostró conciencia de esta disposición, lo que pone de relieve la necesidad de mayor educación y sensibilización en la comunidad sobre estos temas.

Todos los entrevistados coincidieron en que los mecanismos jurídicos actuales para proteger la naturaleza no son suficientes. Afirmaron que la contaminación está en aumento, impulsada por la proliferación de industrias, y consideran que se requieren medidas más efectivas para abordar la crisis hídrica y sus múltiples problemáticas. Ante la pregunta sobre qué otros derechos de los habitantes del territorio se ven vulnerados por la contaminación, los entrevistados coincidieron en que esto afecta directamente su derecho a la salud, a una alimentación sana y, en definitiva, a la vida misma.

La percepción general entre los participantes es que la contaminación del Río Toachi es una clara violación de la normativa constitucional y de tratados internacionales. Afirmaron que el problema de contaminación es de trascendencia nacional e internacional y que la relación entre industrias y contaminación es cada vez más preocupante, sugiriendo que se deberían obligar a las empresas a presentar alternativas de tratamiento efectivas para mitigar estos impactos ambientales.

Cuando se les consultó sobre la viabilidad de crear un formulario electrónico para facilitar las denuncias sobre vulneraciones a los derechos de la naturaleza, todos los líderes comunitarios mostraron su apoyo a esta iniciativa. Creen que un sistema sencillo de denuncia podría impulsar a muchos ciudadanos a alzar la voz frente a la creciente contaminación. El responsable de ambiente también coincidió en que esta herramienta podría permitir una denuncia más directa ante los jueces, reduciendo la burocracia y facilitando un acceso más expedito a la justicia ambiental.

5. Discusiones

La presente investigación consistió en comprobar la vulneración a los derechos de la naturaleza y a los moradores del Sector Brasilias del Toachi, por parte de la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo (EPMTH), por el Faenamiento de ganado Porcino y Bovino en el Km. 14.5 vía las Mercedes, Santo Domingo 2022. Esto considerando que los moradores del sector Brasilias del Toachi presentaron la acción de Protección dentro del proceso No. 23201202000726, en la cual protegen su derecho constitucional a la vida digna, esto llama la atención del investigador ya que pese a la evidencia de contaminación producida por la EPMTH, que producto del servicio de Faenamiento tanto bovino como porcino, descarga aguas residuales y desechos peligrosos como sangre, estiércol, grasa, despojos, entre otros residuos derivados esta actividad al caudal hídrico del Río Toachi, los moradores afectados no tomaron en cuenta jamás los derechos de la naturaleza, lo mismo ocurrió con el juez constitucional, quien no protegió los derechos de la naturaleza en el sujeto de derechos Río Toachi.

Uno de los principales resultados obtenido es el desconocimiento de parte de los moradores sobre el derecho a la naturaleza y los mecanismos para denunciar la vulneración de este derecho de forma oportuna ante la autoridad competente, no obstante, la ciudadanía está de acuerdo con que se tengan mayor acceso a la denuncia por la vulneración de derechos a la naturaleza a la vida y a la salud de las personas y por su puesto esto conllevaría a las sanciones y a la reparación a la naturaleza afectada por el mal manejo de residuos.

El Ecuador forma parte de múltiples tratados internacionales que buscan la protección de la naturaleza a través del respeto del derecho ambiental, aumentando cada vez más la protección de este importante derecho mediante procesos sancionatorios que han obligado a las industrias del sector a mejorar los procesos de tratamiento previo a las descargas respectivas dentro de los ríos a los cuales se encuentran conectados [29]. Sin embargo, estos esfuerzos no han logrado abarcar todo el territorio nacional y gran parte de la ciudadanía desconoce cómo denunciar estos problemas o no le presta el interés oportuno, existiendo lugares a los cuales no han logrado llegar las autoridades [30], en el caso específico de estudio la EPMTH, cuenta con piscinas de oxidación donde se arrojan los desechos antes de descargarlos al Río Toachi, dichas piscinas deben ser vaciadas diariamente por gestores ambientales, quienes se llevan estos desechos, sin embargo este Plan Ambiental no se cumple porque los gestores ambientales no evacúan las piscinas a diario y cuando esto no ocurre los desechos se descargan directamente al Río Toachi, no existe un estudio de la cantidad real de desechos que se arroja al Río Toachi, la Empresa no cuenta con un presupuesto para tratamiento de efluentes y remediación ambiental.

De lo anteriormente expuesto se confirma que la Empresa Mancomunada perteneciente al GAD Municipal Santo Domingo y GAD Municipal La Concordia, produce permanentemente daños a la naturaleza sin que exista mayor control por parte de las autoridades pertinentes como es el GAD Provincial a través de la Dirección de Gestión Ambiental.

Por lo expuesto, hace falta por parte de las autoridades ambientales en este caso el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas GAD Provincial, a través de la Dirección de Gestión Ambiental apliquen sanciones correspondientes para mitigar el impacto ambiental generado por la contaminación

que existe en el Sector Brasilias del Toachi. Con el objetivo de que las sanciones aplicadas logren corregir la problemática presentada dentro del sector.

Otro mecanismo que deberían utilizar los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales, cantonales y parroquiales, a cargo del cuidado del medio ambiente es la implementación de políticas públicas que permitan proteger el derecho de la naturaleza, en cada uno de los territorios para lo cual es indispensable contar con la participación de los moradores de los respectivos sectores, ya que ellos son los que coadyuvarían a la protección de derechos a la naturaleza ya que ellos permanecen y habitan en el sector afectado, convirtiéndose en testigos, actores y promotores de la prevención general positiva en beneficio de los derechos de la naturaleza, derechos de la salud y derecho a la vida de las presentes y futuras generaciones.

Ya advierten los especialistas que existen dos fuentes de contaminación como son las puntuales y las difusas. Las fuentes de contaminación puntuales son las que permiten identificar de forma clara el lugar donde se produce la descarga con el alto nivel de contaminante del agua, siendo así estas contaminaciones se dan más cuando son de tipo orgánico y son arrojados desde criaderos de distintas especies, es muy común en los alojamientos y criaderos de porcinos [31], y más aún en la EPMTH, donde a diario se faenan 160 bovinos y 130 porcinos, por lo cual se produce aproximadamente 150.000 litros de aguas residuales.

Considerando que, la descarga derivada del proceso productivo es orgánica, para su adecuado tratamiento se requieren procesos que impliquen un alto nivel de oxidación, en referencia a la alta carga de contaminación por sangre, sebo, despojos, estiércol, entre otros. Esto implica un gasto mensual permanente, el mismo que no ha sido considerado dentro del presupuesto anual de esta Empresa Mancomunada, y que por lo tanto le impide cumplir con un manejo ambiental que proteja la salud y la vida de los moradores de los sectores aledaños a la contaminación y de quienes utilizan las aguas del río Toachi para su uso y consumo produciéndose por tanto contaminación ambiental por parte de la EPMTH.

6. Conclusión

La implementación del método neutrosófico propuesto reveló que existe contaminación ambiental generada con la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo en el caudal del Río Toachi, lo que afecta los derechos a la naturaleza y el derecho a la salud y la vida digna de los habitantes del sector Brasilias del Toachi.

Los mecanismos ejercidos por las autoridades de control son insuficientes y por lo tanto no cumplen con las obligaciones que tienen a su cargo, esto debido a desconocimiento de parte de la ciudadanía quien no denuncia oportunamente, y por la ineficacia de las autoridades quienes no cuentan con los recursos técnicos y tecnológicos y los presupuestos respectivos para desempeñar su trabajo de manera óptima (Guarda parques, drones, etc, sanciones y protocolos para aplicarlas efectivamente).

Una vez que la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo, fue accionada constitucionalmente, mediante acción de Protección en proceso No. 23201202000726, se incorporó un Plan de Acción para mitigar el impacto ambiental, dicho plan no representa una solución definitiva a esta problemática.

La Acción de Protección planteada por los propietarios de la urbanización Jardines del Toachi no tomo en cuenta los derechos de la naturaleza con ella se logró que el Juez Constitucional disponga el traslado de las Instalaciones de la EPMTH hacia otro sector, lo cual pone en riesgo los derechos de la naturaleza en el nuevo sitio donde desarrollará sus actividades la mencionada Empresa, mismo que está ubicado en el Km 14.5 en la vía Santo Domingo – Esmeraldas.

Es obligación del GAD Provincial a través de la Dirección de Gestión Ambiental solicitar a la Empresa Pública Mancomunada del Trópico Húmedo el registro documental del tratamiento y los resultados obtenidos, en caso de que estos no sean suficientes deberán presentar planes de acción para mitigar el impacto Ambiental, y dar seguimiento al mismo para que no afecte a las personas del sector, ni produzca daños en la naturaleza por la actividad que genera la empresa.

Es necesario implementar leyes en el territorio continental ecuatoriano, que salvaguarden y prevengan la contaminación Ambiental, ya que dentro de la normativa para las islas Galápagos se protege efectivamente los ecosistemas y la biodiversidad , y lo mismo debería suceder en todo el territorio nacional.

En otros trabajos estudiados se sugiere la incorporación de un formulario para denuncias sobre vulneración de derechos a la naturaleza, en la presente investigación se considera que la implementación de este tipo de herramienta tecnológica constituye prevención general positiva en favor de los derechos de la naturaleza.

Recabar denuncias sobre vulneración de derechos de la naturaleza y confirmar dicha vulneración dentro de un proceso constitucional permitiría al juez ordenar la reparación de la misma. Asimismo en el campo penal el código Orgánico Integral Penal en su Art 71, numeral 5, manifiesta: Penas para las personas jurídicas.- Las penas específicas aplicables a las personas jurídicas, son las siguientes: Remediación integral de los daños ambientales causados.

Referencias

- [1] J. L. Ortega Abad, "La empresa pública mancomunada del trópico húmedo frente a la responsabilidad por contaminación del Río Toachi," 2023.
- [2] G. D. Vernaza Arroyo, and D. Cutié Mustelier, "Los derechos de la naturaleza desde la mirada de los jueces en Ecuador," *Revista IUS*, vol. 16, no. 49, pp. 285-311, 2022.
- [3] B. S. Rathi, P. S. Kumar, and D.-V. N. Vo, "Critical review on hazardous pollutants in water environment: Occurrence, monitoring, fate, removal technologies and risk assessment," *Science of the Total Environment*, vol. 797, pp. 149134, 2021.
- [4] W. Brack, R. Altenburger, G. Schüürmann, M. Krauss, D. L. Herráez, J. van Gils, J. Slobodnik, J. Munthe, B. M. Gawlik, and A. van Wezel, "The SOLUTIONS project: challenges and responses for present and future emerging pollutants in land and water resources management," *Science of the total environment*, vol. 503, pp. 22-31, 2015.
- [5] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.
- [6] L. Rocchi, L. Paolotti, A. Rosati, A. Boggia, and C. Castellini, "Assessing the sustainability of different poultry production systems: A multicriteria approach," *Journal of cleaner production*, vol. 211, pp. 103-114, 2019.
- [7] M. Moghadas, A. Asadzadeh, A. Vafeidis, A. Fekete, and T. Kötter, "A multi-criteria approach for assessing urban flood resilience in Tehran, Iran," *International journal of disaster risk reduction*, vol. 35, pp. 101069, 2019.
- [8] I. Bagdanavičiūtė, L. Kelpšaitė-Rimkienė, J. Galinienė, and T. Soomere, "Index based multi-criteria approach to coastal risk assesment," *Journal of Coastal Conservation*, vol. 23, no. 4, pp. 785-800, 2019.
- [9] I. C. B. Portilla, I. C. H. Sánchez, and I. R. Tarquino, "Diffuse cognitive maps for analysis of vulnerability to climate variability in Andean rural micro-watersheds," *Dyna*, vol. 87, no. 212, pp. 38-46, 2020.
- [10] Y. Zhang, J. Qin, P. Shi, and Y. Kang, "High-order intuitionistic fuzzy cognitive map based on evidential reasoning theory," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 27, no. 1, pp. 16-30, 2018.
- [11] B. Efe, "Fuzzy cognitive map based quality function deployment approach for dishwasher machine selection," *Applied Soft Computing*, vol. 83, pp. 105660, 2019.
- [12] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.
- [13] N. Caedentey Moreno, and O. Mar-Cornelio, "Monitoreo energético en los laboratorios de la Universidad de las Ciencias Informáticas," *Ingeniería Industrial*, vol. 37, no. 2, pp. 190-199, 2016.
- [14] 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.
- [15] S. M. McCauley, and M. H. Christiansen, "Language learning as language use: A cross-linguistic model of child language development," *Psychological review*, vol. 126, no. 1, pp. 1, 2019.
- [16] Z. Wu, J. Xu, X. Jiang, and L. Zhong, "Two MAGDM models based on hesitant fuzzy linguistic term sets with possibility distributions: VIKOR and TOPSIS," *Information Sciences*, vol. 473, pp. 101-120, 2019.
- [17] C. Marta Rubido, and O. M. Cornelio, "Práctica de Microbiología y Parasitología Médica integrado al Sistema de Laboratorios a Distancia en la carrera de Medicina," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.
- [18] O. Mar Cornelio, "Modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un sistema de laboratorios remoto," 2019.
- [19] M. Leyva-Vázquez, K. Pérez-Teruel, A. Febles-Estrada, and J. Gulín-González, "Modelo para el análisis de escenarios basado en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingeniería y Universidad*, vol. 17, pp. 375-390, 2013.
- [20] K. Papageorgiou, P. K. Singh, E. Papageorgiou, H. Chudasama, D. Bochtis, and G. Stamoulis, "Fuzzy Cognitive Map-Based Sustainable Socio-Economic Development Planning for Rural Communities," *Sustainability*, vol. 12, no. 1, pp. 1-31, 2019.
- [21] A. P. Anninou, and P. P. Groumpos, "A new mathematical model for fuzzy cognitive maps-application to medical problems," *Системная инженерия и информационные технологии*, vol. 1, no. 1, pp. 63-66, 2019.
- [22] M. Khodadadi, H. Shayanfar, K. Maghooli, and A. H. Mazinan, "Fuzzy cognitive map based approach for determining the risk of ischemic stroke," *IET systems biology*, vol. 13, no. 6, pp. 297-304, 2019.
- [23] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica*, vol. 13, no. 2, 2021.
- [24] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and F. R. R. Marzo, "Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 13, no. 6, pp. 84-93, 2020.

- [25] E. White, and D. Mazlack, "Discerning suicide notes causality using fuzzy cognitive maps." pp. 2940-2947.
- [26] M. Y. L. Vasquez, 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.
- [27] M. J. Ladeira, F. A. Ferreira, J. J. Ferreira, W. Fang, P. F. Falcão, and Á. A. Rosa, "Exploring the determinants of digital entrepreneurship using fuzzy cognitive maps," *International Entrepreneurship and Management Journal*, vol. 15, no. 4, pp. 1077-1101, 2019.
- [28] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.
- [29] J. A. T. Cárdenas, "El Ecuador y su cumplimiento internacional en materia de derecho al medio ambiente sano a través de la incorporación de los principios internacionales del Derecho Ambiental en la normativa nacional," *USFQ Law Review*, vol. 8, no. 2, pp. 43-75, 2021.
- [30] M. O. Merino, M. M. Conforme, and D. V. Solórzano, "Los Problemas Ambientales en Ecuador y América Latina," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, vol. 4, no. 5, pp. 1-9, 2022.
- [31] A. Fonseca-Sánchez, H. Madrigal-Solís, C. Núñez-Solís, H. Calderón-Sánchez, G. Moraga-López, and A. Gómez-Cruz, "Evaluación de la amenaza de contaminación al agua subterránea y áreas de protección a manantiales en las subcuencas Maravilla-Chiz y Quebrada Honda, Cartago, Costa Rica," *Uniciencia*, vol. 33, no. 2, pp. 76-97, 2019.

Recibido: noviembre 17, 2024. **Aceptado:** diciembre 07, 2024