FORTHCOMING N-ML03B52-24-02-01

INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO SOSTENIBLE EN ECUADOR: UN ENFOQUE NEUTROSÓFICO

Carmen Marina Mendez Cabrita*, Oswaldo Liber Andrade Salazar**, Guido Javier Silva Andrade***, Vladimir Vega Falcón****[1]
* Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Sede Tulcán
** Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Sede Santo Domingo
*** Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Sede Riobamba
**** International Center for Entrepreneurs in Barcelona (ICEB), España

ABSTRACT
This study examines key initiatives related to the development and implementation of environmental sustainability and sustainable development indicators. These indicators, specifically designed to meet the needs of relevant users, constitute a system of signals that enables each country to assess its progress towards sustainable development. The aim of this research is to identify, through neutrosophic logic, the specific indicators of sustainable development that have the greatest impact in Ecuador. To achieve this, a documentary analysis is conducted, providing the primary information for the analysis, and leveraging the knowledge of experts in the field. Correlation coefficients are applied to single value neutrosophic numbers to create a ranking of sustainable development indicators. Ultimately, the results obtained allow for the adoption of policies and projects aimed at strengthening the national infrastructure in support of sustainability. Additionally, it is demonstrated that the application of neutrosophic techniques is a fundamental resource to be exploited in order to promote more elaborated and studied reasoning.

KEYWORDS: Sustainability indicators, development, neutrosophic logic, neutrosophic numbers.

MSC: 03B52, 62P20, 90B50

RESUMEN
Este estudio revisa las principales iniciativas para el desarrollo e implementación de indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible. Los indicadores, construidos específicamente para los usuarios correspondientes, constituyen un sistema de señales que permite a cada país evaluar su progreso hacia el desarrollo sostenible. El propósito de esta investigación es identificar, a través de la lógica neutrosófica, los indicadores específicos de desarrollo sostenible con mayor incidencia en Ecuador. Para ello, se realiza un análisis documental que proporciona la información principal sobre la cual llevar a cabo el análisis y se utiliza el conocimiento de expertos en el área. Se emplean coeficientes de correlación aplicados a números neutrosóficos de valor único para obtener un ranking de indicadores de desarrollo sostenible. Finalmente, a partir del resultado obtenido, se pueden adoptar políticas y proyectos con el fin de fortalecer la infraestructura nacional a favor de la sostenibilidad. Al mismo tiempo, se demuestra que la aplicación de técnicas neutrosóficas es un pilar a explotar, a través del cual generar un razonamiento mejor discutido y estudiado.

PALABRAS CLAVE: Indicadores de sostenibilidad, desarrollo, lógica neutrosófica, números neutrosóficos.

1. INTRODUCCION

Los métodos de toma de decisiones de criterios múltiples tienen una consideración importante en la disciplina de las ciencias de la decisión. En los últimos años, la necesidad de considerar simultáneamente los criterios y las alternativas en los problemas de decisión es más vital, especialmente en presencia de conjuntos de datos inciertos. Por lo tanto, los tomadores de decisiones utilizan métodos de evaluación subjetiva para hacer frente a este obstáculo [1].
Para enriquecer esta técnica y de manera que se minimice la imposibilidad de los métodos de decisión multicriterios tradicionales, para manejar datos indeterminados e inconsistentes intrínsecos del mundo real, se emplean los conjuntos neutrosóficos propuestos por Smarandache [2]. Estos generalizan los conceptos del conjunto clásico, conjunto difuso (FS), conjunto difuso intuicionista (IFS), conjunto difuso intuicionista valorado por intervalos (IVIFS), etc. La neutrosofía es la rama de la filosofía que estudia el origen, naturaleza y alcance de las neutralidades. [3]–[6]
La lógica y los conjuntos neutrosóficos constituyen generalizaciones de la lógica y los conjuntos difusos de Zadeh, de la lógica intuicionista de Atanassov, entre otros [7]. La inclusión de los conjuntos neutrosóficos en el método

[1] vega.vladimir@gmail.com

permite que se tenga en cuenta la incertidumbre propia del proceso de toma de decisiones, incluyendo las indeterminaciones. Los expertos evaluarán en términos lingüísticos y no numéricos, lo que constituye la forma más natural de medición en los seres humanos.
Análisis Neutrosófico (o Aritmética Neutrosófica) es un término general que comprende, tanto el análisis de intervalo como el análisis de conjuntos. El análisis neutrosófico se ocupa de todo tipo de series (no solo con intervalos), además incluye las situaciones de indeterminación (con respecto a los conjuntos, o con respecto a las funciones u otras nociones definido en esos conjuntos). Si se utilizan conjuntos y no hay indeterminación, entonces el análisis neutrosófico coincide con el análisis de conjuntos. Si en lugar de conjuntos, se usan solo intervalos y existe indeterminación, entonces el análisis neutrosófico coincide con análisis de intervalos. Si hay alguna indeterminación, no importa si se usan sólo intervalos, o conjuntos, se tiene análisis neutrosófico.
Para abordar la dificultad inherente en la generación de datos inciertos e imprecisos durante la toma de decisiones, se introdujo la teoría de conjuntos difusos con valiosas contribuciones en este ámbito [7]. Sin embargo, la teoría de conjuntos difusos mostró limitaciones al enfrentarse a diversos tipos de incertidumbre, como la indeterminación y la inconsistencia, comunes en los procesos naturales de toma de decisiones [8].
La teoría de conjuntos neutrosóficos, un marco formal potente, generaliza conceptos como conjunto clásico, conjunto borroso, conjunto borroso con valores de intervalo, conjunto borroso intuicionista, conjunto borroso intuicionista con valores de intervalo, entre otros [7], [9]. Originada como una rama de la filosofía por [10], la neutrosofía explora el origen, la naturaleza y el alcance de las neutralidades, así como sus interacciones en diferentes espectros ideacionales [11].
La conceptualización de la neutrosofía introduce el término <NeutA>, que representa la indeterminación respecto a <A>. Según el autor, este elemento puede resolver problemas que la lógica difusa no puede abordar [12]. Problemas de la vida real, como el pronóstico del tiempo, la predicción del precio de las acciones y las elecciones políticas, contienen condiciones indeterminadas que la teoría de conjuntos borrosos no gestiona eficazmente. Esta teoría se ocupa de situaciones imprecisas y vagas donde el análisis exacto es difícil o imposible [3].
Smarandache introdujo varias nociones para conjuntos neutrosóficos, que proporcionan un marco matemático más razonable para tratar con información indeterminada e inconsistente [13, 28]. En este contexto, se propusieron los conceptos de conjunto neutrosófico de intervalo (INS) y conjunto neutrosófico de valor único (SVNS), como subclases de los conjuntos neutrosóficos. Estos elementos ofrecen operadores teóricos de conjuntos y diversas propiedades de SVNS e INS, aplicables en campos científicos y de ingeniería reales [14, 29].
Se introdujo el uso de coeficientes de correlación de SVNS basados en la extensión del coeficiente de correlación de conjuntos intuicionistas difusos. Esto demostró que la medida de similitud del coseno de SVNS es un caso especial del coeficiente de correlación de SVNS, aplicándose luego a números neutrosóficos de valor único en problemas de toma de decisiones [15]–[17]. La aplicación de métodos neutrosóficos constituye una herramienta útil para evaluar el impacto de acciones de desarrollo en la sostenibilidad, permitiendo incorporar conflictos entre objetivos económicos, ambientales y sociales, así como entre distintos niveles de decisión.
Los Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS) pueden interpretarse como un sistema de señales para evaluar el progreso de los países y regiones hacia el desarrollo sostenible. Estas herramientas respaldan el diseño y evaluación de políticas públicas, fortaleciendo decisiones informadas y la participación ciudadana. Es crucial destacar que los indicadores, tanto ambientales como de desarrollo sostenible, están en constante desarrollo a nivel mundial, con ciertos países avanzando más que otros en diversos aspectos.
La experiencia, disponible en diversos grados de publicación impresa o digital, es fácilmente accesible, pero su diversidad dificulta su asimilación. Simultáneamente, en los últimos cinco años, han surgido numerosas iniciativas en espacios ciudadanos, centros de estudio y gobierno.
El propósito de este trabajo es identificar los indicadores de sostenibilidad de mayor impacto para Ecuador mediante el empleo de la lógica neutrosófica. En este contexto, los coeficientes de correlación juegan un papel crucial como herramientas para evaluar la relación entre dos objetos. Estos coeficientes, ampliamente aplicados en análisis de datos, toma de decisiones, reconocimiento de patrones, etc. [18], [19], se utilizan en este estudio para realizar una evaluación selectiva de los IDS mediante coeficientes de correlación neutrosóficos.
Este artículo comienza discutiendo los aspectos preliminares de la lógica neutrosófica y los SVNS, junto con las fórmulas para el análisis de los coeficientes de correlación en el dominio de conjuntos neutrosóficos de valor único. Luego, se establecen las bases para el análisis, se presentan los resultados alcanzados y, finalmente, se derivan las conclusiones del estudio.

Preliminaries

Definición 1. [20] Sea X un espacio de puntos (objetos), con un elemento genérico en X denotado por x. Un conjunto neutrosófico A en X se caracteriza por una función de pertenencia de verdad $T_A(x)$, una función de pertenencia de indeterminación $I_A(x)$, y una función de pertenencia de falsedad $F_A(x)$. Las funciones $T_A(x)$, $I_A(x)$ y $F_A(x)$ son subconjuntos reales estándar o no estándar de $]0^-, 1^+[$, es decir, $T_A\ (x): X \rightarrow]0^-, 1^+[$, $I_A\ (x): X \rightarrow$

$]0^-, 1^+[$ and $F_A\ (x): X \rightarrow]0^-, 1^+[$. No hay restricción en la suma de $T_A\ (x)$, $I_A\ (x)$ y $F_A\ (x)$, por lo que $0^- \leq supT_A(x) + supI_A(x) + supF_A(x) \leq 3^+$.
Obviamente, es difícil aplicar el conjunto neutrosófico a problemas prácticos. Por lo tanto, [14] introdujo el concepto de un conjunto neutrosófico de valor único (SVNS), que es una instancia de un conjunto neutrosófico, para ser utilizado en aplicaciones científicas y de ingeniería reales. A continuación, presentamos la definición de SVNS [14].
Definición 2. [14] Sea X un espacio de puntos (objetos) con elementos genéricos en X denotados por x. Un SVNS A en X se caracteriza por una función de pertenencia de verdad $T_A(x)$, una función de pertenencia de indeterminación $I_A(x)$, y una función de pertenencia de falsedad $F_A(x)$ para cada punto x en X, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \in [0,1]$. Por lo tanto, un SVNS A puede ser expresado como

$$A = \{x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) \mid x \in X\}$$

Entonces, la suma de $T_A\ (x)$, $I_A\ (x)$ y $F_A\ (x)$, satisface la condición $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$.
Definición 3. [14] El complemento de un SVNS A se denota por Ac y se define como

$$Ac = \{x, F_A(x), 1 - I_A(x), T_A(x) \mid x \in X\}$$

Definición 4. [14] Un SVNS A se encuentra contenido dentro de otro SVNS $B, A \subseteq B$ si y solo si $T_A(x) \leq T_B(x), I_A(x) \geq I_B(x)$, y $F_A(x) \geq F_B(x)$ para cada x en X.
Definición 5. [14] Dos SVNSs A y B son iguales, escrito como A = B, si y solo si $A \subseteq B$ y $B \subseteq A$
Coeficiente de correlación de SVNSs
Definición 6. [21] Para cualesquiera dos SVNSs A y B en el universo de discurso $X = \{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$, el coeficiente de correlación entre dos SVNSs A y B se define como sigue:

$$M(A,B) = \frac{1}{3n}\sum_{i=1}^{n}[\phi_i(1-\Delta T_i) + \varphi_i(1-\Delta I_i) + \psi_i(1-\Delta F_i)]$$

(1)
donde

$$\phi_i = \frac{3 - \Delta T_i - \Delta T_{max}}{3 - \Delta T_{min} - \Delta T_{max}},$$
$$\varphi_i = \frac{3 - \Delta I_i - \Delta I_{max}}{3 - \Delta I_{min} - \Delta I_{max}},$$
$$\psi_i = \frac{3 - \Delta F_i - \Delta F_{max}}{3 - \Delta F_{min} - \Delta F_{max}},$$
$$\Delta T_i = |T_A(x_i) - T_B(x_i)|,$$
$$\Delta I_i = |I_A(x_i) - I_B(x_i)|,$$
$$\Delta T_i = |T_A(x_i) - T_B(x_i)|,$$
$$\Delta T_{min} = min_i|T_A(x_i) - T_B(x_i)|,$$
$$\Delta I_{min} = min_i|I_A(x_i) - I_B(x_i)|,$$
$$\Delta F_{min} = min_i|F_A(x_i) - F_B(x_i)|,$$
$$\Delta T_{max} = max_i|T_A(x_i) - T_B(x_i)|,$$
$$\Delta I_{max} = max_i|I_A(x_i) - I_B(x_i)|,$$
$$\Delta F_{max} = max_i|F_A(x_i) - F_B(x_i)|,$$

Para todo $xi \in X$ and i = 1, 2, . . ., n
Sin embargo, las diferencias de importancia se consideran en los elementos del universo. Por lo tanto, se debe tener en cuenta el peso del elemento $x_i (i = 1, 2, \ldots, n)$. A continuación, se presenta un coeficiente de correlación ponderado entre los SVNS.
Definición 7. [21] Sea w_i el peso de cada elemento $x_i\ (i = 1, 2, \ldots, n), w_i \in [0, 1]$, y $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$, entonces se tiene el siguiente coeficiente de correlación ponderado entre los SVNS A y B:

$$M_w(A,B) = \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{n} w_i[\phi_i(1-\Delta T_i) + \varphi_i(1-\Delta I_i) + \psi_i(1-\Delta F_i)]$$

(2)
Método de toma de decisiones utilizando el coeficiente de correlación de SVNSs
En el problema de toma de decisiones de atributos múltiples con información neutrosófica de un solo valor, la característica de una alternativa $A_i\ (i = 1, 2, \ldots, m)$ en un atributo $C_j\ (j = 1, 2, \ldots, n)$ está representado por el siguiente SVNS:

$$A_i = \{C_j, T_{Ai}\ (C_j), I_{Ai}(C_j), F_{Ai}(C_j) | Cj \in C, j = 1, 2, \ldots, n\}$$

Donde

$$T_{Ai}\ (C_j), I_{Ai}(C_j), F_{Ai}(C_j)) \in [0, 1] \text{ y } 0 \leq T_{Ai}\ (C_j), I_{Ai}(C_j), F_{Ai}(C_j) \leq 3 \text{ para } Cj \in C, j = 1, 2, \ldots, n, \text{ y } i = 1, 2, \ldots, m.$$

Por conveniencia, los valores de las tres funciones $T_{Ai}\ (C_j), I_{Ai}(C_j), F_{Ai}(C_j)$ se denotan por un valor neutrosófico de un solo valor (SVNV) $d_{ij} = < t_{ij}, i_{ij}, f_{ij} >\ (i = 1, 2, \ldots, m;\ j = 1, 2, \ldots, n)$, que suele derivarse de la evaluación de una alternativa A_i con respecto a un criterio C_j por parte del experto o decisor. Por lo tanto, se obtiene una matriz de decisión neutrosófica de un solo valor $D = (d_{ij})_{mxn}$.

Copyright line will be provided by the publisher

En contextos de toma de decisiones que involucran múltiples atributos, se ha recurrido al concepto de punto ideal para facilitar la identificación de la mejor alternativa dentro del conjunto de decisiones. Aunque es importante destacar que en la realidad no existe una alternativa ideal, este concepto ofrece una construcción teórica valiosa que sirve como referencia para evaluar las distintas opciones disponibles [22-25].
En el método de toma de decisiones, un SVNV ideal se puede definir mediante $d_j^* =< t_j^*, i_j^*, f_j^* >=< 1, 0, 0 >$ $(j = 1, 2, \ldots, n)$ en la alternativa ideal A^*. Por tanto, aplicando la Ecuación (2) el coeficiente de correlación ponderado entre una alternativa A_i $(i = 1, 2, \ldots, m)$ y la alternativa ideal A^* viene dado por:

$$M_w(A_i, A^*) = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n} w_j\left[\phi_{ij}\left(1 - \Delta t_{ij}\right) + \varphi_{ij}\left(1 - \Delta i_{ij}\right) + \psi_{ij}\left(1 - \Delta f_{ij}\right)\right]$$

(3)

donde

$$\phi_{ij} = \frac{3 - \Delta t_{ij} - \Delta t_{i\,max}}{3 - \Delta t_{i\,min} - \Delta t_{i\,max}},$$

$$\varphi_i = \frac{3 - \Delta i_{ij} - \Delta i_{i\,max}}{3 - \Delta i_{i\,min} - \Delta i_{i\,max}},$$

$$\psi_i = \frac{3 - \Delta f_{ij} - \Delta f_{i\,max}}{3 - \Delta f_{i\,min} - \Delta f_{i\,max}},$$

$$\Delta t_{ij} = \left|t_{ij} - t_j^*)\right|,$$

$$\Delta i_{ij} = \left|i_{ij} - i_j^*)\right|,$$

$$\Delta f_{ij} = \left|f_{ij} - f_j^*)\right|,$$

$$\Delta t_{i\,min} = min_j\left|t_{ij} - t_j^*\right|,$$

$$\Delta i_{i\,min} = min_j\left|i_{ij} - i_j^*\right|,$$

$$\Delta f_{i\,min} = min_j\left|f_{ij} - f_j^*\right|,$$

$$\Delta t_{i\,max} = max_j\left|t_{ij} - t_j^*\right|,$$

$$\Delta i_{i\,max} = max_j\left|i_{ij} - i_j^*\right|,$$

$$\Delta f_{i\,max} = max_j\left|f_{ij} - f_j^*\right|,$$

para $i = 1, 2, \ldots, m$ y $j = 1, 2, \ldots, n$. Mediante el coeficiente de correlación M_w (A_i, A^*) $(i = 1, 2, \ldots, m)$, se obtiene el orden de clasificación de todas las alternativas y la(s) mejor(es).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del estudio se realizó una revisión bibliográfica a datos estadísticos, ambientales y económicos relacionados con los indicadores de desarrollo sostenible. La búsqueda se hizo consultando bases de datos facilitadas por los especialistas y funcionarios de las áreas afines.
Los indicadores de desarrollo sostenible obtenidos tras el análisis, fueron listados y sometidos a revisión por parte del equipo de trabajo. Para su mejor comprensión durante este trabajo, fueron codificados como muestra la Tabla 1.

Código	Indicadores de desarrollo sostenible
IDS_1	Productividad de la fuerza de trabajo
IDS_2	Formaciones vegetales altamente biodiversas
IDS_3	Contaminación con residuos industriales
IDS_4	Fragilidad de los suelos
IDS_5	Planificación territorial
IDS_6	Gastos en investigación y desarrollo por habitante

Tabla 1: Codificación para indicadores de desarrollo sostenible. Fuente: Elaboración propia

Para realizar el análisis de los indicadores y determinar aquellos de mayor impacto general se seleccionaron tres criterios de evaluación. En el primer criterio (C_1) se evalúa el potencial que estos IDS tienen como herramientas en la toma de decisiones gubernamentales, en relación a otras prioridades en la agenda pública.
El segundo criterio (C_2) a analizar se centra en el costo que importa desarrollar un sistema de IDS de calidad, y operarlo a lo largo del tiempo.
Finalmente, se valora la incidencia social (C_3) de cada uno de los IDS. Para tales fines se tiene en cuenta el impacto sobre colectivos, organismos, organizaciones, y otros entes de la sociedad y el estado; considerando que este tema

atañe a todas las aristas sociales. De manera que es importante considerar las afectaciones económicas causadas desde todos los aspectos, tanto directa como indirectamente[23, 24, 26,27].
Para llevar a cabo la evaluación de los delitos según los criterios establecidos, se solicita a los expertos que completen un breve formulario. En dicho formulario, se les pide proporcionar una evaluación lo más precisa posible para cada criterio seleccionado. Además, se requiere que realicen una ponderación de la importancia de cada criterio en comparación con los demás. En este sentido, las evaluaciones deben indicar en qué medida el experto considera que la alternativa Ai es buena (Tx), mala (Fx) o si no está completamente seguro (Ix) con respecto al criterio Cj. Es importante señalar que se considera que todos los criterios evaluados tienen el mismo peso, es decir, wj=0,33.

3. RESULTADOS

Para realizar el análisis descrito, se considera la media aritmética de las evaluaciones realizadas por los expertos. Los resultados obtenidos de las evaluaciones, permiten la obtención de una matriz de decisión D resultante y que se muestra a continuación en la Tabla 2.

0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.5
0.3	0.2	0.5	0.7	0.1	0.2	0.6	0.3	0.3
0.4	0.3	0.2	0.5	0.4	0.3	0.5	0.1	0.2
0.7	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.4	0.2	0.2
0.2	0.3	0.5	0.6	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3
0.6	0.1	0.2	0.5	0.2	0.3	0.6	0.3	0.2

Tabla 2: Matriz de decisión D. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo descrito para el desarrollo del método y la obtención de los resultados, se determinan los valores de los operadores φ, μ y ψ para la obtención de los coeficientes de correlación, para llevar a término el método. Las Tablas 3 y 4 muestran los resultados de tales operaciones.

	IDS_1	IDS_2	IDS_3	IDS_4	IDS_5	IDS_6
ΔT-min	0.6	0.3	0.5	0.3	0.4	0.4
ΔImin	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
ΔFmin	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ΔT-max	0.9	0.7	0.6	0.9	0.8	0.5
ΔImax	0.5	0.5	0.3	0.5	0.5	0.3
ΔF-max	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3

Tabla 3: Valores mínimos y máximos de variación en las funciones de pertenencia a la verdad, falsedad e indeterminación. Fuente: Elaboración propia.

Copyright line will be provided by the publisher

Delitos	φ_1	φ_2	φ_3	μ_1	μ_2	μ_3	ψ_1	ψ_2	ψ_3
IDS_1	1	0.87	0.8	1	0.96	0.87	1	1	1
IDS_2	0.8	1	0.95	0.87	1	0.96	0.96	1	1
IDS_3	0.95	1	1	1	0.96	1	0.92	0.88	1
IDS_4	1	0.67	0.83	1	0.83	0.96	1	0.96	1
IDS_5	0.78	1	0.83	0.87	1	0.96	0.92	1	1
IDS_6	1	0.95	1	1	0.96	1	1	0.96	0.9

Tabla 4: Valores de φ, μ y ψ para cada alternativa de selección. Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, mediante el uso de la ecuación (3) se obtienen los valores de los coeficientes de correlación $\boldsymbol{M_w}(\boldsymbol{A_i}, \boldsymbol{A}^*)$. La Tabla 5 muestra los valores obtenidos y el ranking correspondiente a los resultados.

Indicadores de sostenibilidad	Coeficiente M
Productividad de la fuerza de trabajo	0.55
Planificación territorial	0.58
Fragilidad de los suelos	0.62
Formaciones vegetales altamente biodiversas	0.64
Contaminación con residuos industriales	0.64
Gastos en investigación y desarrollo por habitante	0.70

Tabla 5: Coeficientes de correlación ponderados. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el análisis realizado, se puede observar que, de acuerdo al criterio de los expertos y a los criterios analizados, el indicador de desarrollo sostenible con mayor incidencia en Ecuador resulta los gastos en investigación y desarrollo por habitante. En un orden cercano a ello, pero por debajo, se tiene la alta incidencia de la contaminación por residuos industriales.

A los efectos del análisis realizado y de los objetivos del presente estudio, se vislumbra que la potenciación de investigaciones y el desarrollo de proyectos de sostenibilidad, constituyen un fuerte elemento para la organización sostenible de la sociedad ecuatoriana. Por otro lado, cabe resaltar que el constante desarrollo industrial, se contrapone con la sostenibilidad ambiental. Por ende, se requiere de acciones inmediatas para equilibrar estos aspectos, con el apoyo de la comunidad.

4. CONCLUSIONES

A través de las herramientas neutrosóficas, se logra abordar las incertidumbres inherentes al proceso de toma de decisiones, asegurando que la resolución de problemas en situaciones de la vida real contemple los elementos imprecisos característicos de decisiones complejas. Este estudio destaca las experiencias clave y aborda las implicaciones que el desarrollo tiene para el contexto ecuatoriano, centrándose en aspectos ambientales, de desarrollo sostenible y sistémico-vinculantes.

Durante la ejecución de este estudio, se llevó a cabo la selección de los indicadores principales de Desarrollo Sostenible mediante el uso de coeficientes de correlación neutrosóficos. Como resultado de la aplicación de este método, se confirmó la presencia de gastos en investigación y desarrollo por habitante, así como la contaminación con residuos industriales, ambos superando a otros indicadores analizados. Además, se identificó que el robo de identidad y el phishing representan delitos de gran influencia según los criterios evaluados.

Los indicadores de Desarrollo Sostenible se consideran herramientas que actúan como un sistema de señales para evaluar el progreso de los países hacia el desarrollo sostenible. A través de la aplicación de la neutrosofía y los

coeficientes de correlación neutrosóficos, se logró analizar con profundidad este problema de relevante importancia e impacto económico-social para Ecuador.

RECEIVED: FEBRUARY, 2024.
REVISED: MARCH, 2024.

REFERENCIAS

[1] M. Y. L. Vázquez, "MODELO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES BASADO EN MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS, .," 2013.

[2] F. Smarandache, A unifying field in logics. neutrosophy: Neutrosophic probability, set and logic. 1999.

[3] M. Y. L. Vázquez and F. F. Smarandache, "Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones Basado en Mapas cognitivos Neutrosóficos para Instituciones que atienden a Embarazos con Alto Riesgo por Enfermedades Cardiovasculares," Rev. Cuba. Ciencias Informáticas, vol. 13, pp. 16–29, 2019.

[4] M. Abdel-Basset, M. Mohamed, F. Smarandache, and A. H. P. Neutrosophic, "An Extension of for Strategic Planning and Decision-Making.," Symmetry 116, vol. 10, no. 4 SRC-BaiduScholar FG-0, 2018.

[5] M. Mullai and R. Surya, "Neutrosophic Inventory Backorder Problem Using Triangular Neutrosophic Numbers.," Neutrosophic Sets Syst., vol. 31 SRC-, pp. 148–155, 2020.

[6] Naranjo, Beatriz del Carmen Viteri, et al. "Delphi neutrosófico para evaluar el derecho universal de los ciudadanos a ser juzgados por jueces imparciales." Revista Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas. ISSN 2574-1101 29 (2023): 19-27.

[7] L. Zadeh, G. Klir, and B. Yuan, Conjuntos difusos, lógica difusa y sistemas difusos: artículos seleccionados, Vol. 6. World Scientific, 1996.

[8] F. Smarandache, Conjunto plitogenico, una extension de los conjuntos crisp, difusos, conjuntos difusos intuicionistas y neutrosoficos revisitado, vol. 3. Infinite Study, 2018.

[9] V. Vega Falcón, "Aplicación de la Matemática difusa al calculo del umbral de rentabilidad," Rev. Costos y Gestión, vol. 28, pp. 1–14, 1998.

[10] F. Smarandache, "Neutrosophic set – A generalization of the intuitionistic fuzzy set," Neutrosophic Probab. set, Log., vol. 1, no. 1, pp. 1–15, 1995.

[11] M. L. Vázquez and F. Smarandache, Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre. Bruselas: Pons, 2018.

[12] A. Y. B. López, "Empleo de la Neutrosofia para la gestión de riesgo y su impacto en la generación de la actitud de la prevención de desastres," Rev. Asoc. Latinoam. Ciencias Neutrosóficas, vol. 7, no. 3, pp. 44–56, 2019.

[13] L. J. M. Chalacán, A. Z. Paredes, and L. O. A. Zambrano, "Manejos de numeros neutrosoficos basados en el consenso para la elección de servicios de computación en la nube," Investig. Operacional, vol. 41, no. 5, pp. 741–751, 2020.

[14] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, Single valued neutrosophic sets, vol. 17, no. 1. Infinite study, 2010.

[15] L. M. Chávez, O. F. S. Montoya, and D. V. G. Mayorga, "DEMATEL NEUTROSÓFICO APLICADO AL ESTUDIO DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COMPROMISO EXTRACONTRACTUAL DEL ESTADO ECUATORIANO. Infinite Study.," Investig. Operacional, vol. 41, no. 5, pp. 622–628, 2020.

[16] M. L. M. Hidalgo, J. E. Valladares, M. L. F. Coronado, J. R. R. Ruiz, and E. C. S. Chura, "Enfoque comunicativo y la evaluación formativa en la asignatura de inglés y de los estudiantes universitarios," Univ. y Soc., vol. 14, no. S2, pp. 144–152, 2022.

[17] P. J. Menéndez Vera, C. F. Menéndez Delgado, M. P. Gónzalez, and M. L. Vázquez, "Las habilidades del marketing como determinantes que sustentaran la competitividad de la Industria del arroz en el cantón Yaguachi. Aplicación de los números SVN a la priorización de estrategias.," Neutrosophic Sets Syst., vol. 13, 2016.

[18] E. Szmidt and J. Kacprzyk, "Correlation of intuitionistic fuzzy sets," in International conference on information processing and management of uncertainty in knowledge-based systems, 2010, pp. 169–177.

[19] J. Ye, "Multicriteria fuzzy decision-making method using entropy weights-based correlation coefficients of interval-valued intuitionistic fuzzy sets," Appl. Math. Model., vol. 34, no. 12, pp. 3864–3870, 2010.

[20] F. Smarandache, A unifying field in logics: neutrosophic logic. Neutrosophy, neutrosophic set, neutrosophic probability: neutrsophic logic. Neutrosophy, neutrosophic set, neutrosophic probability. American Research Press, 2005.

[21] J. Ye, "Improved correlation coefficients of single valued neutrosophic sets and interval neutrosophic sets for multiple attribute decision making," J. Intell. Fuzzy Syst., vol. 27, no. 5, pp. 2453–2462, 2014.

[22] J. Ye, "Multicriteria decision-making method using the correlation coefficient under single-valued neutrosophic environment," Int. J. Gen. Syst., vol. 42, no. 4, pp. 386–394, 2013.

[23] Hernández, Noel Batista, et al. "A new method to assess entrepreneurship competence in university students

Copyright line will be provided by the publisher

using based on plithogenic numbers and SWOT analysis." International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems 21.3 (2021): 280-292.
[24] Santana González, Danaysi; Rodríguez Orrego, Vero Edilio; Díaz Cárdenas, Bety. proceso analítico jerárquico neutrosófico para la evaluación del cuidado del medio ambiente y el desarrollo sostenible. neutrosophic computing & machine learning, 2022, vol. 23.
[25] Abdel-Basset, M., & Smarandache, F. "Prefacio". Revista Investigación Operacional, 41(5). 2020.
[26] Haro Terán, L. F., Espinoza Castro, M. B., Rubio Benavides, S. E., & Villarreal Ger, M. G. "Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación de agricultores". Neutrosophic Computing & Machine Learning, 29. 2023
[27] Ponce Ruiz, D. V., & Estupiñán Ricardo, J. "La Gestión Pedagógica en la Práctica Profesional: Desafíos y Soluciones en la Era del Conocimiento". Editorial Global Knowledge. 2023
[28] Rosero Martínez, C. G., Díaz Basurto, I. J., Guanoluisa Almache, F. A., & Ramos Carpio, J. P. "Neutrosophic assessment of corporate responsibility in Ecuador's environmental context". Neutrosophic Sets and Systems, 62, 51-59, 2023. https://doi.org/10.5281/zenodo.10436608
[29] Altamirano Guerrero, O. E., Hernández Bandera, N. D. L. M., Mihalache Bernal, L. I., & Puig Espinosa, J. S. "Neutrosophic modeling of healthcare resource allocation". Neutrosophic Sets and Systems, 62, 60-68, 2023. https://doi.org/10.5281/zenodo.10436617