

16

Fecha de presentación: Enero, 2021

Fecha de aceptación: Marzo, 2021

Fecha de publicación: Abril, 2021

ANÁLISIS DE LA OBLIGATORIEDAD

JURÍDICA DE DECLARATORIA DE ÁREAS PROTEGIDAS, BOSQUES EN SANTO DOMINGO, CON EL USO DE MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS

ANALYSIS OF THE LEGAL OBLIGATION TO DECLARE PROTECTED AREAS, FORESTS IN SANTO DOMINGO, WITH THE USE OF DIFFUSE COGNITIVE MAPS

Yolanda Guissell Calva Vega¹

E-mail: us.yolandacalva@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9771-6181>

Wilson Alfredo Cacpata Calle¹

E-mail: us.wilsoncacpata@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0615-2908>

Salomón Alejandro Montece Giler¹

E-mail: us.salomonmontecec@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7175-3398>

¹ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Calva Vega, Y. G., Cacpata Calle, W. A., & Montece Giler, S. A. (2021). Análisis de la obligatoriedad jurídica de declaratoria de áreas protegidas, bosques en Santo Domingo, con el uso de mapas cognitivos difusos. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(S1), 134-145.

RESUMEN

La naturaleza ha sido a través del tiempo la condición básica de la existencia de la vida, y dadas esas características originales, ha dotado de la producción de bienes para satisfacer las necesidades de toda manifestación de vida. Se plantea la necesidad de proteger las áreas son pulmón en las zonas urbanas. Por lo que es obligatoriedad jurídica para la protección de los bosques como Área de Conservación y Uso Sustentable Provincial (ACUS) y se acoja al régimen jurídico especial nacional para la respectiva incorporación. Para este estudio se ha utilizado el método conocido por Mapas Cognitivos Difusos, que son grados dirigidos para representar relaciones entre conceptos. Esta primera fase clasifica a cada variable estudiada según su influencia sobre las demás en cuanto a transmisora (no depende de otra y las otras dependen de ella), receptora (depende de otras y ninguna depende de ella), ordinaria (es tanto dependiente de otras como otras dependen de ella). En la segunda fase, se aplica el AHP Neutrosófico para evaluar la situación de Santo Domingo en este aspecto. El AHP neutrosófico provee de pesos a cada criterio para evaluar la situación general del despido intempestivo, los cuales se utilizan para obtener un valor final una vez que los expertos realizan las evaluaciones.

Palabras clave: Área de protección, biodiversidad, conservación, ecosistemas, degradación, desertificación, sostenibilidad, AHP Neutrosófico, Mapa Cognitivo Difuso.

ABSTRACT

Throughout time, nature has been the basic condition of life's existence, and given these original characteristics, it has provided the production of goods to satisfy the needs of every manifestation of life. The need to protect the areas are lung in urban areas. Therefore, it is legally obligatory to protect the forests as an Area of Conservation and Sustainable Use of the Province (ACUS), and to adhere to the special national legal regime for the respective incorporation. For this study, the method known as Diffuse Cognitive Maps has been used, which are degrees directed to represent relationships between concepts. This first phase classifies each variable studied according to its influence on the others in terms of transmitting (it does not depend on another and the others depend on it), receiving (it depends on others and none depends on it), ordinary (it is both dependent on others and others depend on it). In the second phase, the Neutrosophical AHP is applied to evaluate the situation of Santo Domingo in this aspect. The Neutrosophical AHP provides weights to each criterion to evaluate the general situation of untimely dismissal, which are used to obtain a final value once the experts make the evaluations.

Keywords: Protection area, biodiversity, conservation, ecosystems, degradation, desertification, sustainability, Neutrosophical AHP, Fuzzy Cognitive Map.

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), ha planteado 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que deben ser alcanzados hasta el 2030, y llama a los gobiernos y a la empresa privada a incluirlos en sus planes de acción. Algunos de objetivos exclusivos más relevantes para el cuidado de la naturaleza son: “Objetivo. 11 conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Objetivo. 15 proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, efectuar una ordenación sostenible de los bosques, luchar contra la desertificación, detener y revertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de diversidad biológica” (Naciones Unidas, 2015)

Por ello se convierte en una necesidad ineludible de todo ser humano, el apoyar todo esfuerzo de conservación de la naturaleza, a tono con lo que dicen los ODS. Los países han desarrollado políticas de conservación, entonces han procedido a declarar áreas de protección determinadas, para conservar el suelo, las especies vegetales y animales en peligro de extinción.

“Un área protegida es un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza, de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados” (Almendarez-Hernández, et al. 2016).

Las áreas protegidas son una herramienta de conservación que cumplen varios objetivos y proporcionan una multitud de beneficios tanto para los pobladores de zonas aledañas como para la región, el país y el planeta, estas mantienen la fauna y flora silvestres, los paisajes naturales y la biodiversidad conservando los procesos ecológicos y los recursos naturales como aire, agua y suelo, que son indicadores del cambio climático y que proporcionan oportunidades de recreación, posibilidades de educación; en fin, son sitios de investigación científica a la que los seres humanos tienen derecho acceder y más que todo conservar dichas áreas proveyéndoles de un uso sustentable, garantizando así los derechos de la naturaleza y su preservación para las futuras generaciones.

Con esas consideraciones científicas generales y de manera particular el Ecuador es el Séptimo país con el mayor porcentaje dedicado a la conservación de áreas protegidas en América Latina y el segundo en Suramérica, actualmente el país cuenta con 49 Áreas Protegidas que representan el 19% del territorio nacional, el Ecuador es un país muy rico en biodiversidad en el mundo, ha

legalizado varias áreas protegidas específicas, que cumplen con los ODS y la necesidad de conservación.

Santo Domingo de los Tsáchilas es una provincia con apenas 11 años de nacimiento sin embargo es conocida como una de las regiones más emblemáticas del Ecuador, se encuentra localizada en la región occidental o costa, en sentido biogeográfico pertenece al Chocó Ecuatorial. El Choco es una región biogeográfica neotropical localizada desde la región al este de Panamá, pasando por la costa pacífica de Colombia y noroccidente del Ecuador, la elevada pluviosidad una de las más altas de los trópicos ha contribuido para hacer de la región del Chocó biogeográfico una de las zonas más diversas del planeta con una estimación de 9.000 especies entre flora y fauna (Botero Chica, 2010).

Santo Domingo de los Tsáchilas posee una superficie de 3.857 km², Su clima lluvioso subtropical y una temperatura promedio de 22,9°C, Santo Domingo es una zona con crecimiento demográfico veloz por eso en la actualidad según GAD-Municipal, Santo Domingo cuenta con una población estimada de 450.000 mil habitantes, (Gobierno Autónomo de Santo Domingo, 2015) por esta razón se han incrementado las áreas urbanas y las actividades económicas las causantes de la gran deforestación y fragmentación de áreas verdes y bosques, sobreviviendo pequeños remanentes de bosque en toda la Provincia Tsáchilas.

Entre estos bosques se encuentra el Bosque Kasama es un ecosistema único por su alta biodiversidad, es un pulmón verde ya que está ubicado en el centro de la ciudad, cuenta con 149 especies de flora pertenecientes a 67 familias; 71 especies de aves pertenecientes a 27 familias; además 11 especies de anfibios pertenecientes a 6 familias; 11 especies de reptiles correspondientes a 7 familias; 7 especies de mamíferos agrupados en 4 familias (Cordero Cueva & et al.,2013). El bosque alberga árboles de tamaños gigantescos con cientos de años, incluso algunos expertos los califican como patrimoniales, según estudios diurnos realizados el mes de marzo del 2019 por el Biólogo Darwin Andino encargado de la situación actual del parque Kasama el bosque tiene plantas endémicas categorizadas en peligro según los criterios IUCN 1, es importa resaltar que el Bosque Kasama. Es el único remanente donde se han observado poblaciones saludables de árboles de *Pouteriacapacifolia* (Sapotaceae). Esta es una especie endémica descrita desde río palenque y que está en peligro de extinción. Asimismo, sucede con la caoba nativo maderable, es una especie endémica y nominada en honor a los indios Colorados, es un elemento importante en cuanto a la identidad biocultural local de la provincia Tsáchila y estudios ambientales. El

Bosque cuenta en la actualidad el área del vivero provincial donde se encuentra un banco genético que alberga un número importante de especies nativas frutales de potencial ornamental (Cordero Cueva & et al., 2013).

En la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas es necesario conservar las áreas naturales que se destacan por su valor protector, científico, escénico, educacional, por su diversidad biológica y por los servicios ecológicos y ambientales que prestan o pueden prestar en beneficio de los ecuatorianos y en particular de su colectividad, a continuación, se detallan los siguientes elementos:

- Primero, el cambio climático: Son evidentes los fenómenos naturales catastróficos que surgen y se intensifican por la acción del cambio climático, tales como las fuertes lluvias, cambios bruscos de temperatura, una humedad muy alta durante todo el tiempo, entre otras, este elemento tiene como propósito exponer la implicación de los seres humanos en el deterioro ecológico y cómo este contexto está repercutiendo negativamente en la vida humana considerablemente causando la muerte con cientos de eventos naturales catastróficos que suceden eventualmente, y siendo una competencia directa de los GAD-Provinciales el cambio climático se ha identificado que dentro del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia se encuentra la articulación con el Ministerio del Ambiente para la elaboración de la estrategia nacional de cambio climático del Ecuador; y como propuesta de mitigación al cambio climático se encuentra la conservación del Bosque Kasama (Gobierno Autónomo de Santo Domingo, 2015).
- Segundo, la repercusión en la salud: Los seres Humanos no tenemos la convicción y creencia de aceptar que el cambio climático tiene impacto en la salud y no se acepta que esta especie biológica está en riesgo de desaparecer por la rápida y progresiva liquidación de sus condiciones naturales de vida, "(...) el hombre debe tomar conciencia de este problema cuando casi es tarde para impedirlo (...)" (Rodríguez Morales, et al. 2011). El problema del desarrollo sobre la base de la conservación de la riqueza natural y la herencia cultural de los pueblos y naciones reclama una verdadera transformación del saber ambiental, no solo en el sentido de las exigencias, en el manejo integral de los recursos naturales, sino de la aparición de una nueva ética estructurada esencialmente en nociones, conceptos y actitudes de convivencia armónica, responsabilidad, austeridad, respeto, equidad, sostenibilidad, sustentabilidad y solidaridad.
- Tercero, Pulmón Verde de la Ciudad: En la actualidad en nuestra ciudad es emergente conservar los pulmones verdes de la ciudad, es decir las diversas áreas naturales y bosques que rodean a Santo Domingo, siguiendo incluso iniciativas en el siglo XIX. Un claro

ejemplo a seguir, está en la capital del mundo New York, que conservan un gran Bosque en medio de la gran ciudad llamado Central Park, un gran pulmón verde fundamental para los ciudadanos que viven en el caos, el ruido y la contaminación ambiental generados por la consolidación de la vida urbana, es un claro ejemplo que motivó a los políticos, ambientales y en general los cosmopolitas de la época que insistieron en la necesidad de mantener espacios naturales en la ciudad actualmente llamadas "Ciudad Jardín" que son grandes centros urbanos diseñados y adecuados con zonas naturales y fines ecológicos (Ulloa, 2001).

En este artículo se aplican métodos matemáticos de decisión multicriterio. Estos son el AHP Neutrosófico y los Mapas Cognitivos Difusos. Ambos se utilizan para evaluar la situación de obligatoriedad jurídica para la protección de los bosques como Área de Conservación y Uso Sustentable ACUS Provincial en Santo Domingo.

El AHP Neutrosófico es una técnica que se utiliza para evaluar cuantitativamente varias alternativas a través de criterios y subcriterios. Estas evaluaciones son emitidas por uno o más expertos, mediante la comparación por pares de la importancia de cada criterio, subcriterio, entre otros. Este método fue creado por Saaty, donde se utiliza una escala numérica real. Una de las generalizaciones de esta técnica fue mediante el uso de la Neutrosofía. (Cando, et al. 2020; Fernández, et al. 2020).

La Neutrosofía es la rama de la filosofía que trata todo lo concerniente a las neutralidades. En especial la lógica neutrosófica y los conjuntos neutrosóficos generalizan a los conjuntos difusos, los conjuntos intuicionistas difusos, los conjuntos difusos en forma de intervalo, los conjuntos intuicionistas difusos en forma de intervalo, entre otros. La particularidad de esta nueva aproximación es que se define por primera vez una función de pertenencia de indeterminación independiente, donde se tiene en cuenta lo desconocido, lo contradictorio, lo inconsistente, dentro de la información y el conocimiento.

Por otro lado, se aplican los Mapas Cognitivos Difusos. Esta es una manera de representar el conocimiento mediante un grafo dirigido. Cada vértice del grafo representa un concepto y cada arista la relación causal entre los conceptos representados por los vértices que esta conecta. Adicionalmente, cada arista se asocia a un valor real en el intervalo $[-1, 1]$, donde un valor negativo significa que existe relación inversa entre los conceptos y un valor positivo significa que la relación es directa. El valor en módulo del valor mide la fuerza entre la relación. Este método se ha usado exitosamente en estudios de tipo social.

En el presente artículo se aplican los Mapas Cognitivos Difusos para representar las relaciones causales entre las variables en relación de obligatoriedad jurídica hacia una ordenanza provincial para la protección de los bosques como Área de Conservación y Uso Sustentable ACUS Provincial. La técnica AHP Neutrosófica se aplica para evaluar la situación del Ecuador en este tema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta sección se dedica a exponer conceptos como Conjunto Neutrosóficos, Mapas Cognitivos Difusos, el Método AHP Neutrosófico, entre otros temas necesarios para poder solucionar el problema que se trata. A continuación, se especifican las definiciones relacionadas con la Neutrosofía. (Rodríguez., Muñoz & Ayala, 2020).

Definición 1. Sea X un universo de discurso. Un **Conjunto Neutrosófico** (CN) está caracterizado por tres funciones de pertenencia, $u_A(x), r_A(x), v_A(x) : X \rightarrow]^{-0}, 1^+[$, que satisfacen la condición $0 \leq \inf u_A(x) + \inf r_A(x) + \inf v_A(x) \leq \sup u_A(x) + \sup r_A(x) + \sup v_A(x) \leq 3+$ para todo $x \in X$. $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$ denotan las funciones de pertenencia a verdadero, indeterminado y falso de x en A , respectivamente, y sus imágenes son subconjuntos estándares o no estándares de $]^{-0}, 1^+[$ (Batista Hernández, Navarrete, León, Real & Estupiñán, 2019).

Definición 2. Sea X un universo de discurso. Un **Conjunto Neutrosófico de Valor Único** (CNVU) A sobre X es un objeto de la forma:

$$A = \{(x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)) : x \in X\} \tag{1}$$

Donde $u_A, r_A, v_A : X \rightarrow [0,1]$, satisfacen la condición $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) \leq 3$ para todo $x \in X$. $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$ denotan las funciones de pertenencia a verdadero, indeterminado y falso de x en A , respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un **Número Neutrosófico de Valor Único** (NNVU) será expresado como $A = (a, b, c)$, donde $a, b, c \in [0,1]$ y satisface $0 \leq a + b + c \leq 3$.

Definición 3. Un **Número Neutrosófico Triangular de Valor Único** (NNTVU), que se denota por: $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, es un CN sobre \mathbb{R} , cuyas funciones de pertenencia de veracidad, indeterminación y falsedad se definen a continuación:

$$T_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \alpha_{\tilde{a}} \left(\frac{x-a_1}{a_2-a_1} \right), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \alpha_{\tilde{a}}, & x = a_2 \\ \alpha_{\tilde{a}} \left(\frac{a_3-x}{a_3-a_2} \right), & a_2 < x \leq a_3 \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases} \tag{2}$$

$$I_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{(a_2 - x + \beta_{\tilde{a}}(x - a_1))}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \beta_{\tilde{a}}, & x = a_2 \\ \frac{(x - a_2 + \beta_{\tilde{a}}(a_3 - x))}{a_3 - a_2}, & a_2 < x \leq a_3 \\ 1, & \text{en otro caso} \end{cases} \tag{3}$$

Donde: $\alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \in [0, 1]$, $a_1, a_2, a_3 \in \mathbb{R}$ y $a_1 \leq a_2 \leq a_3$

$$F_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{(a_2 - x + \gamma_{\tilde{a}}(x - a_1))}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \gamma_{\tilde{a}}, & x = a_2 \\ \frac{(x - a_2 + \gamma_{\tilde{a}}(a_3 - x))}{a_3 - a_2}, & a_2 < x \leq a_3 \\ 1, & \text{en otro caso} \end{cases} \tag{4}$$

Definición 4. Dados $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$ y $\tilde{b} = \langle (b_1, b_2, b_3); \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{b}} \rangle$ dos NNTVU y a es cualquier número real no nulo. Entonces se definen las siguientes operaciones (Herrera & Martinez, 2000):

Adición: $\tilde{a} + \tilde{b} = \langle (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle$

Substracción: $\tilde{a} - \tilde{b} = \langle (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle$

Inversión: $\tilde{a}^{-1} = \langle (a_3^{-1}, a_2^{-1}, a_1^{-1}); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, donde $a_1, a_2, a_3 \neq 0$.

Producto por un escalar: $\lambda \tilde{a} = \begin{cases} \langle (\lambda a_1, \lambda a_2, \lambda a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle, & \lambda > 0 \\ \langle (\lambda a_3, \lambda a_2, \lambda a_1); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle, & \lambda < 0 \end{cases}$

División de dos NNTVU: $\frac{\tilde{a}}{\tilde{b}} = \begin{cases} \langle \left(\frac{a_1}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_1} \right); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, & a_3 > 0 \text{ y } b_3 > 0 \\ \langle \left(\frac{a_3}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_1}{b_1} \right); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, & a_3 < 0 \text{ y } b_3 > 0 \\ \langle \left(\frac{a_3}{b_1}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_1}{b_3} \right); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, & a_3 < 0 \text{ y } b_3 < 0 \end{cases}$

Multiplicación de dos NNTVU: $\tilde{a} \tilde{b} = \begin{cases} \langle (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, & a_3 > 0 \text{ y } b_3 > 0 \\ \langle (a_1 b_3, a_2 b_2, a_3 b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, & a_3 < 0 \text{ y } b_3 > 0 \\ \langle (a_3 b_3, a_2 b_2, a_1 b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, & a_3 < 0 \text{ y } b_3 < 0 \end{cases}$

✓ Donde, Λ es una t norma y $\tilde{\cdot}$ es una t conorma.

Una t-norma es un operador $T: [0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$ tal que cumple con los axiomas siguientes para todo a, b, c y d en $[0, 1]$:

$T(0,0) = 0, T(a,1) = a$, (Condiciones de frontera),

$T(a,b) \leq T(c,d)$ si $a \leq c$ y $b \leq d$ (Monotonía)

$T(a,b) = T(b,a)$ (Conmutatividad)

$T(a,T(b,c)) = T(T(a,b),c)$ (Asociatividad)

Una t-conorma es un operador $S: [0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$ tal que cumple con los axiomas siguientes para todo a, b, c y d en $[0, 1]$:

$S(1,1) = 1, S(a,0) = a$, (Condiciones de frontera),

$S(a,b) \leq S(c,d)$ si $a \leq c$ y $b \leq d$ (Monotonía)

$S(a,b) = S(b,a)$ (Conmutatividad)

$S(a,S(b,c)) = S(S(a,b),c)$ (Asociatividad)

El método AHP se inicia con la identificación del objetivo que se desea alcanzar. Luego se seleccionan los criterios de evaluación sobre el objetivo, estos criterios pueden descomponerse a su vez en subcriterios de evaluación y así sucesivamente. Finalmente se determinan las alternativas que se evaluarán. Esto se representa en un árbol como se muestra en la Figura 1, donde el primer nodo en el nivel superior representa el objetivo de evaluación, en un nivel más bajo se representan los criterios, aún más bajo están los subcriterios y así sucesivamente. Mientras que el nivel inferior representa el de las alternativas.

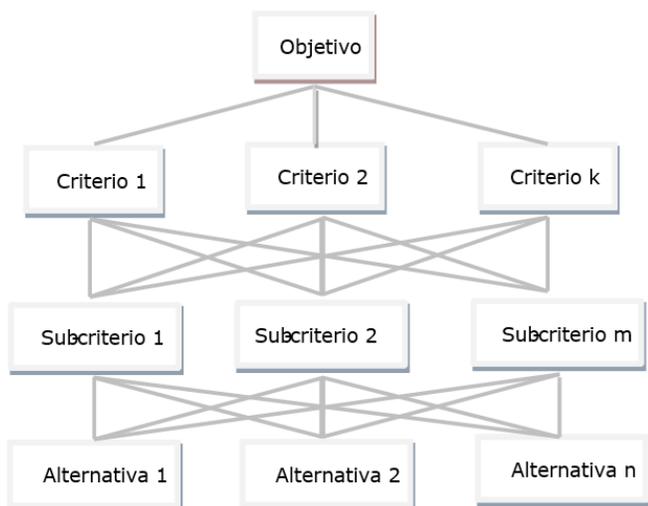


Figura 1. Árbol que es el punto de partida para aplicar la técnica AHP.

La técnica AHP se basa en una escala de medición de la importancia relativa de los elementos de un mismo nivel dentro del árbol de la Figura 1. En este artículo se calcula aplicando una escala equivalente en NNTVU, véase Tabla 1.

Tabla 1. Escala de Saaty llevada a una Escala de NNTVU.

Esca-la de Saaty	Definición	Escala Neutrosófica Triangular
1	Igualmente, influyente	$1^{\sim} = \langle (1,1,1); 0.50, 0.50, 0.50 \rangle$
3	Ligeramente influyente	$3^{\sim} = \langle (2,3,4); 0.30, 0.75, 0.70 \rangle$
5	Fuertemente influyente	$5^{\sim} = \langle (4,5,6); 0.80, 0.15, 0.20 \rangle$
7	Muy fuertemente influyente	$7^{\sim} = \langle (6,7,8); 0.90, 0.10, 0.10 \rangle$
9	Absolutamente influyente	$9^{\sim} = \langle (9,9,9); 1.00, 0.00, 0.00 \rangle$
2, 4, 6, 8	Valores esporádicos entre dos escalas	$2^{\sim} = \langle (1,2,3); 0.40, 0.65, 0.60 \rangle$ $4^{\sim} = \langle (3,4,5); 0.60, 0.35, 0.40 \rangle$ $6^{\sim} = \langle (5,6,7); 0.70, 0.25, 0.30 \rangle$ $8^{\sim} = \langle (7,8,9); 0.85, 0.10, 0.15 \rangle$

Fuente: (Leyva, Batista & Smarandache, 2019; Vázquez & Smarandache, 2018; Smarandache, 2005)

Esta tabla contiene las escalas que permiten comparar la importancia relativa entre dos variables. La definición contiene el significado lingüístico de cuán importante es una variable sobre otra, la escala neutrosófica da un valor equivalente en forma de NNTVU. Esto se ubica en una matriz como se explica más adelante.

A continuación, aparecen otros conceptos necesarios para aplicar el método AHP Neutrosófico: Una matriz neutrosófica de comparación de pares se define en la Ecuación 5.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \tag{5}$$

Tal que \tilde{A} satisface la condición $\tilde{a}_{ji} = \tilde{a}_{ij}^{-1}$, según la operación de inversión que aparece en la Definición 4.

Adicionalmente, se definen dos índices para convertir un NNTVU en un valor numérico real. Estos índices son los de Puntuación en la Ecuación 6 y de Precisión en la Ecuación 7 (Herrera & Martinez, 2000^a):

$$S(\tilde{a}) = \frac{1}{8} [a_1 + a_2 + a_3] (2 + \alpha_{\tilde{a}} - \beta_{\tilde{a}} - \gamma_{\tilde{a}}) \tag{6}$$

$$A(\tilde{a}) = \frac{1}{8} [a_1 + a_2 + a_3](2 + \alpha_{\tilde{a}} - \beta_{\tilde{a}} + \gamma_{\tilde{a}}) \tag{7}$$

El AHP Neutrosófico consiste en aplicar los pasos siguientes:

1. Seleccionar un grupo de expertos que sean capaces de realizar el análisis.
2. Los expertos deben diseñar un árbol AHP. Esto implica que deben especificarse los criterios, subcriterios y las alternativas para realizar la evaluación.
3. Crear las matrices por cada nivel del árbol AHP para los criterios, sub-criterios y alternativas, según las evaluaciones de los expertos expresados en forma de escalas de NNTVU, como se especifica en la Ecuación 5.
4. Estas matrices se forman comparando la importancia de cada par de criterios, sub-criterios y alternativas, siguiendo las escalas que aparecen en la Tabla 1.

5. Verificar la consistencia de las evaluaciones por cada matriz. Para ello es suficiente convertir \tilde{A} en una matriz numérica $M = (a_{ij})_{n \times n}$, tal que $a_{ij} = A(\tilde{a}_{ij})$ o $a_{ij} = S(\tilde{a}_{ij})$, definidas en una de las Ecuaciones 6 y 7, para luego aplicar los métodos usados en el AHP original. Que consiste en lo siguiente:

Calcular el Índice de Consistencia (IC) que depende de λ_{max} , el máximo valor propio de la matriz M y que se define por:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{8}$$

Donde n es el orden de la matriz.

- Calcular la **Proporción de Consistencia** (PC) con ecuación $PC = IC/IR$, donde IR se toma de la Tabla 2.

Tabla 2. IR asociado al orden de la matriz

Orden (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Fuente: (Leyva, Batista & Smarandache, 2019; Vázquez & Smarandache, 2018; Smarandache, 2005)

1. La Tabla 2 contiene un conjunto de valores que se utilizan como parte del cálculo de la PC, los cuáles se obtuvieron experimentalmente para matrices de orden n de la forma que se aprecia en la Ecuación 5 y forman parte de la técnica AHP original. Esto garantiza que la consistencia entre las comparaciones dadas por el experto si no es total, al menos es aceptable, como se explica a continuación.
- Si $PC \leq 10\%$ se considera que es suficiente la consistencia de la evaluación por los expertos y se puede aplicar el método AHP. En caso contrario se recomienda que los expertos reconsideren sus evaluaciones.
2. De aquí en adelante las matrices \tilde{A} se sustituyen por sus matrices numéricas equivalentes M, calculadas en el paso anterior. Entonces se procede como sigue:
 - Normalizar las entradas por columna, dividiendo los elementos de la columna por la suma total.
 - Calcular el total de los promedios por filas, cada uno de estos vectores se conoce como **vector de prioridad**.
3. Se procede a calcular las puntuaciones finales comenzando desde el nivel superior (Objetivo), hasta el nivel más bajo (Alternativas), donde se tienen en cuenta los pesos obtenidos para el vector de prioridad correspondiente al nivel inmediatamente superior. Este cálculo se realiza multiplicando cada fila de la matriz de vectores de prioridad del nivel inferior por

el peso obtenido por cada uno de estos respecto a los del nivel superior, luego se suma por fila y este es el peso final del elemento de esta matriz.

Los Mapas Cognitivos fueron usados por primera vez por Axelrod. Estos son grafos dirigidos que usan vértices para representar conceptos o variables en un dominio. Mientras que las aristas indican relaciones causales negativas, positivas o nula, entre los conceptos representados por los vértices. Los Mapas Cognitivos Difusos (MCD) extienden los Mapas Cognitivos al dominio difuso en el intervalo [-1, 1] para indicar la fuerza de las relaciones causales.

Un MCD consta de tres tipos de relaciones causales entre los vértices: negativa, positiva o no relacionados. La matriz de adyacencia que representa un MCD permite que se realicen inferencias causales.

En este artículo se propone un algoritmo para la toma de decisiones basado en AHP Neutrosófico y Mapas Cognitivos Difusos. Este algoritmo consiste en lo siguiente:

1. Selección de los indicadores relevantes.
2. Una vez seleccionados los indicadores relevantes se modela la causalidad entre ellos con ayuda de un MCD.

3. Análisis estático. Las siguientes medidas se calculan para los valores absolutos de la matriz de adyacencia:

Outdegree, denotado por $od(v_i)$, que es la suma por cada fila de los valores absolutos de una variable de la matriz de adyacencia difusa. Es una medida de la fuerza acumulada de las conexiones existentes en la variable.

Indegree, denotado por $id(v_i)$, que es la suma por cada columna de los valores absolutos de una variable de la matriz de adyacencia difusa. Mide la fuerza acumulada de entrada de la variable.

La **centralidad** o **grado total**, de la variable es la suma de $od(v_i)$ con $id(v_i)$, como se indica a continuación:

$$td(v_i) = od(v_i) + id(v_i) \quad (9)$$

Finalmente, las variables se clasifican según el criterio siguiente, véase [14]:

a) Las **variables transmisoras** son aquellas con $od(v_i) > 0$ e $id(v_i) = 0$.

b) Las **variables receptoras** son aquellas con $od(v_i) = 0$ y $id(v_i) > 0$.

c) Las **variables ordinarias** satisfacen a la vez $od(v_i) \neq 0$ y $id(v_i) \neq 0$.

4. Se evalúan las variables de estudio en una escala de 1 (Mal) a 10 (Excelente), donde 5 es Regular. Para esta etapa se utilizan los pesos de cada variable obtenidos del AHP Neutrosófico y se halla la media aritmética ponderada de las evaluaciones con los pesos obtenidos.

A continuación, se expone un pseudocódigo que permite tener una idea de cómo funciona el algoritmo propuesto.

Pseudocódigo para la evaluación de los MCD

Entrada: Expertos E_i , $i = 1, 2, \dots, l$

Variables de Evaluación V_j , $j = 1, 2, \dots, n$

Inicializar: $i = j = k = 1$.

%Cada experto (índice i) evalúa la relación causal entre cada par variables (índice j con índice k)%

%Obteniéndose las matrices de adyacencia de los MCD por cada experto $MA_i(j,k)$ evaluado en $[-1, 1]$ %

Mientras $i \leq l$

 Mientras $j \leq n$

 Mientras $k \leq n$

 Si $j = k$

$MA_i(j,k) = 0$

 Si No

$MA_i(j,k)$ el experto i asigna un valor en $[-1, 1]$

 Fin Si

$k := k + 1$

 Finalizar Mientras k

$j := j + 1$

 Finalizar Mientras j

$i := i + 1$

 Finalizar Mientras i

%Se obtiene una única matriz de adyacencia para todas las matrices de adyacencia de los expertos%

Inicializar: $i = j = k = 1$.

Mientras $j \leq n$

Mientras $k \leq n$

$MA_{total}(j,k) := \text{mediana}_i(MA_i(j,k))$ para todas las evaluaciones de los expertos.

$AbsMA_{total}(j,k) := \text{Valor absoluto de } MA_{total}(j,k)$.

$k := k + 1$

Finalizar Mientras k

```

j:=j+1
Finalizar Mientras j

%Cálculo de las medidas%
Calcular outdegree como los n valores obtenidos de sumar las columnas de AbsMAtotal
Calcular indegree como los n valores obtenidos de sumar las filas de AbsMAtotal
Calcular centralidad como las suma por componentes de los outdegree con los indegree

Si  $V_i$  es tal que:  $od(V_i) > 0$  y  $id(V_i) = 0$ 
   $V_i$  es Variable Transmisora
Si  $V_i$  es tal que:  $od(V_i) = 0$  y  $id(V_i) > 0$ 
   $V_i$  es Variable Receptora
Si No  $V_i$  es Variable Ordinaria

%Se evalúa la situación con respecto a las variables%
Entrada: Expertos  $E_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, l$ 
Pesos obtenidos del AHP neutrosófico por cada variable ( $w_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ )
donde  $0 \leq w_j \leq 1$  y  $\sum w_j = 1$ .

Mientras  $i \leq l$ 
  Mientras  $j \leq n$ 
    Eval(i,j): Evaluación de la situación por parte del Experto i-ésimo en la j-ésima variable con valores 1-10.
  j:= j+1
  Finalizar Mientras j
i:= i+1
Finalizar Mientras i

```

%Evaluación Final%

```

Mientras  $j \leq n$ 
  Evaltotal(j) := medianai(Eval(i,j))
j:= j+1
Finalizar Mientras j

```

Evaluar la situación mediante $\sum w_j \text{Eval}_{total}(j)$ en una escala 1-10.

Pseudocódigo para el cálculo de los pesos de las variables basado en AHP neutrosófico

```

Entrada: Expertos  $E_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, l$ 
Variables de Evaluación  $V_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ 
Inicializar:  $i = j = k = 1$ .

```

%Cada experto (índice i) evalúa la importancia relativa de cada Variable con respecto a las demás según los términos lingüísticos de la Tabla 1%

```

Mientras  $i \leq l$ 
  Mientras  $j \leq n$ 
    Mientras  $k \leq n$ 
      Si MAHPi(j,k) está evaluado
        k:=k+1
      Si  $j = k$ 
        MAHPi(j,k) =  $\tilde{1}$ 
        DMAHPi(j,k) = 1
      Si No
         $\tilde{a}$ MAHPi(j,k) es un valor en la Tabla 1 o el inverso de uno de los valores de la tabla
        DMAHPi(j,k) =  $A(\tilde{a})$  donde A es el operador de Precisión de la Ecuación 7.
        MAHPi(k,j) =  $1/\tilde{a}$ 
        DMAHPi(k,j) =  $1/A(\tilde{a})$ 
      k:=k+1
    Finalizar Si
  Finalizar Mientras k

```

```

j:=j+1
Finalizar Mientras j
i:= i+1
Finalizar Mientras i

%Se obtiene la matriz de agregar las matrices de adyacencia de los expertos%
Inicializar: j = k = 1
Mientras j≤n
  Mientras k≤n
    DMAHPtotal(j, k) = medianai(DMAHPi(j, k) ]

  k:=k+1
  Finalizar Mientras k
  j:=j+1
  Finalizar Mientras j

Si PC de DMAHPtotal > 10%
  Los expertos deben reevaluar y se comienza desde el principio.
Si No
  Se normaliza cada columna de DMAHPtotal

Se calculan los pesos de los criterios como la media aritmética de los valores por fila de DMAHPtotal normalizada.

Finalizar Si

```

RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados del estudio realizado. Todos los cálculos se realizan con ayuda de Octave 4.2.1, que es un software libre émulo de MATLAB, por tanto, contiene paquetes con métodos matemáticos numéricos y el cálculo con matrices.

Los conceptos que se tendrán en cuenta para medir la obligatoriedad jurídica para la protección de los bosques como Área de Conservación y Uso Sustentable ACUS Provincial son los siguientes:

5. Obligación jurídica para la declaración de los bosques como Área de Conservación y Uso Sustentable ACUS Provincial,
6. Conocimiento de las personas sobre la protección de los bosques,
7. Normativa jurídica pro natural que sustenta el derecho de la naturaleza a través del Estado ecuatoriano,
8. Incorporar en el subsistema correspondiente del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SNAP) a los bosques de la ciudad como el Kasama de Santo Domingo,
9. Imparcialidad del órgano rector que es el Ministerio de Ambiente del Ecuador en su jurisdicción territorial,
10. Precepto constitucional de preservar el ambiente, conservar los ecosistemas, uso sostenible de la biodiversidad, prevención del daño ambiental y la recuperación de los bosques.

Se contó con cinco expertos, de los que se tomó la mediana de sus calificaciones y se obtuvo la siguiente matriz de adyacencia que representa al MCD:

Tabla 3. Matriz de adyacencia que representa el MCD. Cada concepto se denota por el número en que aparece antes (Fuente: Los autores).

Concepto	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0,7	0,6
2	0	0	0,7	0,8	0,3	0,3
3	0,3	0	0	0	0,9	0,9

4	0,2	0	0	0	0,2	0
5	0	0	0,1	0	0	0,6
6	0,1	0	0	0	0	0

Nótese que la Tabla 3 significa la causalidad del Concepto *i*-ésimo por filas sobre el Concepto *j*-ésimo por columna. Por ejemplo, 0,3 es el elemento que aparece en la tercera fila, primera columna de la tabla, esto se interpreta como que ambos conceptos son directamente proporcionales, porque $0,3 > 0$, sin embargo es más cercano a 0 que a 1, por tanto la relación tiende a ser más independiente que dependiente entre ellas.

La Tabla 4 contiene los cálculos de los índices $od(v_i)$, $id(v_i)$ y $td(v_i)$, más la clasificación de cada variable.

Tabla 4. Outdegree, indegree, total degree y clasificación de cada variable

Variable	Outdegree	Indegree	Total degree	Clasificación
v₁	1,5	0,4	1,9	Ordinaria
v₂	1,5	0	1,5	Transmisora
v₃	3,7	0,5	4,2	Ordinaria
v₄	0,4	0,8	1,2	Ordinaria
v₅	0	1,7	1,7	Receptora
v₆	0	2,8	2,8	Receptora

En la Tabla 4 aparecen las medidas *Outdegree*, *Indegree* y *Total Degree* de los valores de la Tabla 3, véase Ecuación 9. Esto permite evaluar cada variable en cuanto a su tipo. De la Tabla 4 se puede apreciar que “Conocimiento de las personas sobre la protección de los bosques” es la única variable transmisora, o sea, es la única de la cual se infieren las demás. Por otro lado la “Imparcialidad del órgano rector que es el Ministerio de Ambiente del Ecuador en su jurisdicción territorial” y “Precepto constitucional de preservar el ambiente, conservar los ecosistemas, uso sostenible de la biodiversidad, prevención del daño ambiental y la recuperación de los bosques” depende de las demás y ninguna depende de ella”.

En la Tabla 5 se resumen las evaluaciones de los expertos sobre el peso que tiene cada una de las variables en los efectos jurídicos de la declaratoria de abandono de causas y su relación con el derecho constitucional de acceso a la justicia y seguridad jurídica. Se utiliza la escala de medición neutrosófica de la Tabla 1.

Tabla 5. Matriz de comparación por variables

Variable	v ₁	v ₂	v ₃	v ₄	v ₅	v ₆
v₁	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$
v₂	$\tilde{5}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$
v₃	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{2}^{-1}$
v₄	$\tilde{2}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
v₅	$\tilde{3}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
v₆	$\tilde{5}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
v₇	$\tilde{3}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$
v₈	$\tilde{3}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{2}$	$\tilde{2}$

Esta tabla significa la importancia relativa de cada variable con respecto a las demás, según los valores de la Tabla 1.

Más adelante se convierten los elementos de la Tabla 5 en valores numéricos aplicando la fórmula de la Ecuación 7. A partir de la matriz numérica obtenida se tiene $I_{max} = 7,05554$; $IC = 0,0075057$ y $PC = 0,0087898$; $PC \cdot 100 = 0,73898\% < 10\%$, por tanto, no hay inconsistencia considerable en las evaluaciones. Una vez que se obtuvo la matriz numérica correspondiente a la matriz neutrosófica dada en la Tabla 5 con ayuda de la Ecuación 7, esta se normaliza por columnas y se halla la media aritmética por fila, dando lugar a los pesos de cada variable, como aparece en la Tabla 6.

En la Tabla 6 se especifica el resultado del cálculo del vector de prioridad, estos son los pesos de cada variable en importancia.

Tabla 6. Vector de prioridad por cada variable

Variable	Vector de prioridad
v₁	0,074862
v₂	0,127958
v₃	0,091796
v₄	0,070895
v₅	0,158800
v₆	0,136536

La Tabla 7 contiene la mediana de las evaluaciones de los expertos por cada variable en una escala de 110, donde 1 significa “Mal”, 10 “Excelente” y 5 “Regular”.

Tabla 7. Evaluación de la situación respecto a las variables

Variable	v ₁	v ₂	v ₃	v ₄	v ₅	v ₆
Valor en una escala de 1-10	7	5	4	5	3	3

La evaluación total se realiza como la media aritmética ponderada de los valores de la Tabla 7, con los pesos de la Tabla 6, lo que da un valor igual a 4,5 en una escala de 1 a 10. Esto demuestra que la obligatoriedad jurídica para la protección de los bosques como Área de Conservación y Uso Sustentable ACUS Provincial son medios, ligeramente inferior a la media. Se nota que existen valores bajo la media en "Imparcialidad del órgano rector que es el Ministerio de Ambiente del Ecuador en su jurisdicción territorial" y "Precepto constitucional de preservar el ambiente, conservar los ecosistemas, uso sostenible de la biodiversidad, prevención del daño ambiental y la recuperación de los bosques", que son además dos de los de mayor peso.

CONCLUSIONES

En este artículo se realizó un estudio sobre la obligatoriedad jurídica para la protección de los bosques como Área de Conservación y Uso Sustentable ACUS Provincial, lo que constituye un problema social. Se aplicaron los Mapas Cognitivos Difusos y el método AHP Neutrosófico utilizado para evaluar la situación. Se llegó a la conclusión de que las "Conocimiento de las personas sobre la protección de los bosques" influyen directamente en las demás variables. Por otro lado, se realiza una evaluación de la situación mediante el uso de AHP Neutrosófico que permite evaluar el peso de cada variable, además se evalúan las variables en una escala de 1 a 10 y con todos estos valores se halla la media aritmética ponderada. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que la obligatoriedad jurídica para la protección de los bosques como Área de Conservación y Uso Sustentable ACUS Provincial son medios, ligeramente inferior a la media. Se nota que existen valores bajo la media en "Imparcialidad del órgano rector que es el Ministerio de Ambiente del Ecuador en su jurisdicción territorial" y "Precepto constitucional de preservar el ambiente, conservar los ecosistemas, uso sostenible de la biodiversidad, prevención del daño ambiental y la recuperación de los bosques", que son además dos de los de mayor peso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almendarez-Hernández, M. A., Sánchez-Brito, I., Morales Zárata, M. V., & Salinas-Zavala, C. A. (2016). Propuesta de cuotas para conservación de un área natural protegida de México. *Perfiles latinoamericanos*, 24(47), 95-120.
- Batista Hernández, N., Navarrete Luque, C. E., León Segura, C. M., Real López, M. De J., Chiriboga Hungría, J. A. Y Estupiñán Ricardo, J. (2019) La toma de decisiones en la informática jurídica basado en el uso de los sistemas expertos. *Investigación Operacional*, 40, 131139.
- Botero Chica, C. A. (2010). El Choco biogeográfico, un tesoro de la naturaleza. https://www.ecoport.net/temas-especiales/biodiversidad/el_choco_biogeografico_un_tesoro_de_la_naturaleza/
- Cando, J. L. M., Ayala, J. M. B., & Hidalgo, G. F. A. (2020). Proyecto de reforma al código orgánico general de procesos mediante la determinación de un término para citar utilizando el método AHP. *Universidad y Sociedad*, 12(S (1)), 269-275.
- Cordero C., Nugra S., Rodriguez & Montesinos G. (2013). Catálogo de plantas de bosque Kasama Santo Domingo de los Tsáchilas-Ecuador. https://www.researchgate.net/publication/329116567_CATALOGO_DE_PLANTAS_DEL_BOSQUE_KASAMA_Santo_Domingo_de_los_Tsachilas_-_Ecuado
- Fernández, A. R., Carballido, R. M., & Herrera, A. A. (2020). Números neutrosóficos de valor único y proceso analítico jerárquico para la discriminación de proyectos. *Investigación Operacional*. 751, 151-191.
- Gobierno Autónomo de Santo Domingo, (2015). Agenda de Igualdad 2015-2019. Santo Domingo. Equipo Consultor. <https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/3-AGENDA-DE-IGUALDAD-SANTO-DOMINGO-2015-2019.pdf>
- Herrera, F., & Martínez, L. (2000a). A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. *IEEE Transactions on fuzzy systems*, 8(6), 746-752.4
- Herrera, F., & Martinez, L. (2000). An approach for combining linguistic and numerical information based on the 2-tuple fuzzy linguistic representation model in decision-making. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 8(05), 539-562.

Leyva Vázquez, M, Batista Hernandez, N. Y Smarandache, F. (2019) Métodos Multicriterios para Determinación de la Efectividad de la Gestión Pública y el Análisis de la Transparencia, Infinite Study.

Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). ONU. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Rodríguez Morales, V., Bustamante Alfonso, L. M., & Mirabal Jean-Claude, M. (2011). La protección del medio ambiente y la salud, un desafío social y ético actual. *Revista Cubana de salud pública*, 37, 510-518.

Rodríguez, R. C., Muñoz, L. C., & Ayala, J. M. B. (2020). Evaluación de la empresa sobre el control interno aplicando AHP neutrosófico. *Investigación Operacional*, 680.

Ulloa, A. (2001). Transformaciones en las investigaciones antropológicas sobre naturaleza, ecología y medio ambiente. *Revista colombiana de antropología*, 37, 188-232.

Vázquez, M. L., & Smarandache, F. (2018). *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*. Infinite Study.

Smarandache, F. (2005) A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability, Infinite Study.