



# 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 Multicriteria Method for the evaluation of the impact of public policy for soil conservation through farmer training.

Lilian Fabiola Haro Terán <sup>1</sup>, María Belén Espinoza Castro <sup>2</sup>, Solange Estefanía Rubio Benavides <sup>3</sup> and Madelaine Gissela Villarreal Ger <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ibarra. Ecuador. E-mail: [ui.lilianharo@uniandes.edu.ec](mailto:ui.lilianharo@uniandes.edu.ec)

<sup>2</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ibarra. Ecuador. E-mail: [di.mariabec92@uniandes.edu.ec](mailto:di.mariabec92@uniandes.edu.ec)

<sup>3</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ibarra. Ecuador. E-mail: [di.solangeerb51@uniandes.edu.ec](mailto:di.solangeerb51@uniandes.edu.ec)

<sup>4</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ibarra. Ecuador. E-mail: [dt.madelainegvg23@uniandes.edu.ec](mailto:dt.madelainegvg23@uniandes.edu.ec)

**Resumen.** La indiferencia de una sociedad hacia el cuidado del suelo en beneficio de la agricultura alimenta un fenómeno que resulta en el deterioro y la mala conservación del suelo utilizado para la agricultura. Esta investigación se realiza en beneficio de pequeños y medianos agricultores en la parroquia Rural de Mariscal Sucre; misma que propone la creación de una política pública en beneficio de las familias que se dedican a la agricultura en el sector antes mencionado para llevar así una correcta conservación y restauración del suelo en la parroquia rural de Mariscal Sucre. Motivado por esta situación, la presente investigación propone el desarrollo de un método multicriterio neutrosófico para la evaluación del impacto de la propuesta de política pública para la conservación del suelo a través de la formación continua a los pequeños y medianos agricultores. El método propuesto basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio para la evaluación. La propuesta favorece la recomendación de indicadores para la conservación y restauración de los suelos.

**Palabras Claves:** suelo, conservación, agricultura, política pública, método multicriterio neutrosófico.

**Summary.** The indifference of a society towards the care of the soil for the benefit of agriculture feeds a phenomenon that results in the deterioration and poor conservation of the soil used for agriculture. This research is carried out for the benefit of small and medium-sized farmers in the Rural parish of Mariscal Sucre; which proposes the creation of a public policy for the benefit of families who are dedicated to agriculture in the aforementioned sector to carry out correct conservation and restoration of the soil in the rural parish of Mariscal Sucre. Motivated by this situation, this research proposes the development of a neutrosophic multi-criteria method for evaluating the impact of the public policy proposal for soil conservation through continuous training for small and medium farmers. The proposed method bases its operation on a multi-criteria approach for evaluation. The proposal favors the recommendation of indicators for the conservation and restoration of soils.

**Keywords:** soil, conservation, agriculture, public policy, neutrosophic multicriteria method.

### 1 Introducción

El recurso suelo es fundamental para la conservación de la vida humana en el planeta, por cuanto contribuye a la generación de servicios ecosistémicos y aporta a la seguridad alimentaria de los países, además es la base para la producción agrícola sostenible y factor clave para combatir los riesgos e impactos que genera el cambio climático. A pesar de la importancia de este recurso, los suelos del mundo están deteriorándose rápidamente, la globalización a través del libre comercio, articulada a un mayor nivel de consumo personal, impulsan a una expansión y manejo intensivo de las tierras de cultivo y pastoreo, extracción, contaminación de recursos naturales, urbanización, entre otros.

En este contexto, el manejo y la conservación de los recursos del suelo han sido y son motivo de gran preocupación para la sostenibilidad del planeta, en cuanto a la soberanía alimentaria y el desarrollo de la vida en general de los ciudadanos, por lo cual esto se remarca en los países en vías de desarrollo que presentan fuertes contrastes, como lo es actualmente el Ecuador. Uno de los problemas serios que enfrenta el país es el deterioro de los recursos naturales, entre ellos el recurso suelo especialmente en las zonas de ladera, donde se asientan una alta población de pequeños y medianos productores agropecuarios.

De tal manera, de acuerdo con la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UN-CCD) se estima que: “la degradación del suelo se ve agravada por la pérdida de vegetación y, a su vez, hace que la tierra pierda su eficiencia y estabilidad productivas, por ende, esto conduce a la pérdida de biodiversidad, afectando el equilibrio del ecosistema” [1]. De tal manera, esto ha causado la erosión del suelo y la salinización, causadas principalmente por malas prácticas de riego, pueden provocar episodios de sequía y hambruna si no se controlan a tiempo y dicha escasez puede conducir a conflictos de recursos basados en la tierra a medida que las comunidades luchan por los escasos recursos productivos que quedan.

En base a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el 12 se centra en garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. La meta 12.8 establece que para el año 2030, es necesario asegurar que todas las personas del mundo tengan la información y los conocimientos necesarios para adoptar un estilo de vida en armonía con la naturaleza y contribuir al desarrollo sostenible. Es así que estos objetivos marcan las directrices fundamentales para el desarrollo de la presente investigación, enfocada en la conservación del suelo y la capacitación continua de los pequeños y medianos agricultores, con el propósito de promover prácticas agrícolas que sean respetuosas con el medio ambiente y sostenibles en el largo plazo.

En concordancia, el Código Orgánico del Ambiente en su artículo 5, sobre el derecho de la población a vivir en un ambiente sano, el cual se centra en el numeral 5 “La conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, la degradación, la desertificación y permita su restauración”. Esta disposición destaca la importancia de proteger y cuidar el suelo como parte esencial del medio ambiente, su objetivo principal es garantizar que el suelo sea manejado de manera responsable para prevenir la erosión, la degradación y la desertificación, y al mismo tiempo, permitir su restauración en caso de que haya sufrido daños o degradación.

En este sentido, las políticas públicas son acciones de gobierno con objetivos de interés público que surgen de decisiones sustentadas en un proceso de diagnóstico y análisis de factibilidad [2]. Tiene como objetivo de dar una respuesta a las diversas demandas o problemáticas existentes dentro de la sociedad, además se entiende como aquel uso estratégico de recursos necesarios para solventar o subsanar los problemas nacionales, para ello es importante mencionar que en una política pública se deben abarcar problemáticas generales que estén inmersas en nuestro país como es el deterioro del suelo de la parroquia rural Mariscal Sucre del cantón San Pedro de Huaca provincia del Carchi.

La presente investigación contribuye al correcto progreso de la política pública de desarrollo agro productiva y conservación del suelo, puesto que, alude a los intereses y necesidades que predomina en el sector de estudio, los cuales deben ser satisfechos para una excelente producción agrícola. En consecuencia, como sociedades cada vez más urbanas, sin contacto con la naturaleza, se pierde de vista la importancia de los suelos para la supervivencia y prosperidad humana. Sin embargo, en todos los ecosistemas, los suelos cumplen con importantes funciones de las cuales se derivan servicios ambientales indispensables para el sostenimiento tanto del ecosistema como de la vida humana. La función más conocida es la de soporte y suministro de nutrientes a las plantas. De ahí que la degradación del suelo esté considerada como el mayor problema ambiental que amenaza la producción mundial de alimentos y una de las principales amenazas para el desarrollo sostenible de los terrenos agrícolas.

De tal manera, la presente investigación se enfoca en la parroquia rural de Mariscal Sucre la cual está ubicada en el cantón de San Pedro de Huaca provincia Carchi, fue creada por el 15 de mayo de 1992, con una población total de 1383 habitantes, con una extensión de 33,84 km<sup>2</sup>, sus límites son: al norte limita con la parroquia urbana Huaca y en parte con el cantón Sucumbíos, hacia el este con el cantón Sucumbíos de la Provincia de Sucumbíos, al sur y al oeste con la parroquia Fernández Salvador del cantón Montúfar.

Esta parroquia rural contiene 526.27 hectáreas gravemente sobreexplotadas, las cuales significan el 15,72% del uso del suelo de la parroquia Mariscal Sucre. Cabe destacar que el 55% de la población se dedican a la agricultura las cuales son 760 habitantes. En este sentido, las actividades agropecuarias han multiplicado los impactos negativos sobre el ambiente. La destrucción del suelo a causa de la contaminación por plaguicidas y fertilizantes, la deforestación o la pérdida de biodiversidad genética, son problemas muy importantes a los que hay que hacer frente a los efectos que traen estas actividades.

Esta investigación se enfoca en realizar y evaluar una política pública sobre la conservación del suelo para los pequeños y medianos agricultores de la parroquia rural Mariscal Sucre del cantón San Pedro de Huaca, a través de una formulación de una norma técnica para el manejo y cuidado de este recurso natural. Siendo el objetivo principal desarrollar un método multicriterio neutrosófico para la evaluación del impacto de la propuesta de política pública para la conservación del suelo a través de la formación continua a los pequeños y medianos agricultores.

## 2 Política pública para la restauración y conservación del suelo

Para la creación de una política pública sobre la restauración y conservación del suelo, es fundamental tomar en consideración el deterioro del suelo, ya que es un problema visible debido a las malas prácticas en la agricultura. La sobreexplotación, el uso indiscriminado de agroquímicos y el monocultivo han dejado huellas evidentes en los campos agrícolas, manifestándose en suelos erosionados, empobrecidos y cada vez menos fértiles. Estos impactos no solo afectan la productividad agrícola y la seguridad alimentaria de la parroquia, sino que también conllevan graves consecuencias ambientales. En este sentido, resulta imperativo adoptar una perspectiva más consciente y sostenible en el manejo del suelo, a través de una política pública enfocándose en prácticas agrícolas que restauren la salud del suelo, promuevan la conservación de su biodiversidad y permitan una producción agrícola a largo plazo que sea respetuosa con el medio ambiente.

Por ende, es necesario impulsar políticas públicas que fomenten la formación continua de los agricultores en técnicas de cultivo sostenible y el acceso a tecnologías agrícolas más amigables con el suelo. Solo a través de un esfuerzo colectivo y comprometido, se puede enfrentar el desafío del deterioro del suelo y avanzar hacia un futuro en el que la agricultura sea más resiliente y sostenible, asegurando así un ambiente saludable para las generaciones venideras. La implementación de prácticas de manejo sostenible del suelo, la diversificación de cultivos, y la promoción de técnicas agrícolas amigables con el medio ambiente son pasos cruciales para restaurar y preservar la salud del suelo, garantizando así la sustentabilidad de la agricultura y el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

La parroquia Mariscal Sucre tiene un alto índice de casos de sobreexplotación, enfrenta una situación preocupante y recurrente, por lo cual la frecuencia tan elevada de sobreexplotación del suelo plantea serias amenazas para la sostenibilidad agrícola y el bienestar de la comunidad. Además, el constante uso de los recursos del suelo, combinado con prácticas agrícolas inadecuadas y la falta de medidas de conservación, ha llevado a una degradación acelerada del suelo. En tal razón, la sobreexplotación no solo agota los nutrientes esenciales del suelo, sino que también aumenta su vulnerabilidad a la erosión y a la pérdida de su capacidad de retener agua, lo que agrava aún más los problemas ambientales. Es imperativo que las autoridades y los agricultores de la parroquia adopten medidas inmediatas y efectivas para revertir esta tendencia preocupante.

En la parroquia de Mariscal Sucre, se ha generado una preocupación creciente debido a los casos de sobreexplotación agrícola. Los agricultores locales se enfrentan a condiciones laborales extremas, con jornadas agotadoras y salarios insuficientes. Esta situación ha llevado a una disminución en la calidad de vida de los trabajadores y a la degradación del entorno natural. Es imperativo que se tomen medidas para garantizar condiciones justas para los agricultores y promover prácticas sostenibles en el sector agrícola.

La biodiversidad desempeña un papel crucial en el equilibrio y el bienestar del planeta, ya que permite a las especies adaptarse a los cambios naturales y sobrevivir. La preservación de la biodiversidad es fundamental para construir un planeta resiliente [3], adaptable y saludable. Los suelos saludables, por su parte, desempeñan un papel clave en la seguridad alimentaria, los medios de vida sostenibles y la prevención de la migración forzada. Lamentablemente, la degradación del suelo ha llevado a la pérdida de fuentes de alimentos y medios de subsistencia, lo que ha resultado en una migración masiva debido a problemas ambientales como la erosión del suelo, la desertificación, la deforestación y la sequía. Sin embargo, implementar estrategias de gestión sostenible del suelo puede ayudar a los agricultores a enfrentar las sequías y prevenir la degradación del suelo, brindando así opciones alternativas a la migración.

A pesar de contar con una Constitución que establece derechos y principios ambientales, Ecuador sigue enfrentando desafíos en la protección y conservación de sus recursos naturales, por lo cual los problemas relacionados con el cuidado y conservación del suelo representan una preocupación urgente en la actualidad. La sobreexplotación del suelo, evidente en malas prácticas agrícolas, ha generado su deterioro y graves consecuencias ambientales. Para enfrentar esta problemática, se requiere una política pública que promueva prácticas agrícolas sostenibles y una mayor formación de agricultores en técnicas amigables con el medio ambiente. La política pública para la conservación del suelo a través de la formación continua a los pequeños y medianos agricultores de la parroquia de Mariscal Sucre incluye los siguientes componentes:

- Programa de capacitación: Establecimiento de un programa de capacitación y formación continua para los agricultores, en técnicas de conservación del suelo, como la rotación de cultivos, el manejo integrado de plagas y enfermedades, la utilización de abonos orgánicos, entre otros. Este programa deberá ser impartido por expertos ecuatorianos en agricultura sostenible y conservación del suelo.
- Acceso a recursos. Establecimiento de mecanismos para que los agricultores tengan acceso a recursos como semillas mejoradas, equipos de labranza conservacionista, y otros insumos necesarios para implementar prácticas de conservación del suelo.
- Asesoramiento técnico: Establecimiento de servicios de asesoramiento técnico para los agricultores, con el fin de brindarles apoyo y orientación en la implementación de prácticas de conservación del suelo.
- Incentivos económicos: Fomentar los incentivos económicos, como subsidios o créditos preferenciales,

para los agricultores que implementen prácticas de conservación del suelo en sus tierras.

- **Monitoreo y evaluación:** Establecimiento de un sistema de monitoreo y evaluación para medir el impacto de las prácticas de conservación del suelo implementadas por los agricultores, con el fin de ajustar y mejorar la política pública propuesta en esta investigación.

### 3 Materiales y métodos

La presente sección describe el funcionamiento del método multicriterio neutrosófico para la evaluación del impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación de agricultores. Se presentan las características generales de la solución propuesta. Se describen las principales etapas y actividades que conforman el método [4-6].

El método multicriterio neutrosófico para la evaluación del impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación de agricultores está diseñado bajo las siguientes cualidades:

Las cualidades que distinguen al modelo son:

- **Integración:** el método garantiza la interconexión de los diferentes componentes en combinación para la evaluación del impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación de agricultores.
- **Flexibilidad:** utiliza 2-tuplas para representar la incertidumbre de modo que aumente la interoperabilidad de las personas que interactúan con el método.
- **Interdependencia:** el método utiliza como punto de partida los datos de entrada proporcionados por los expertos del proceso. Los resultados analizados contribuyen a una base de experiencia que conforma el núcleo del procesamiento para la inferencia.
- 

El método se sustenta en los siguientes principios:

- **Identificación mediante el equipo de expertos de los indicadores para la evaluación del impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación de agricultores.**
- **El empleo del método multicriterio en la evaluación.**

El método para la evaluación del impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación de agricultores, está estructurado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de evaluación a partir de un método de inferencia multicriterio, posee tres etapas fundamentales [7-9]: entrada, procesamiento y salida de información [10-12]. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.



**Figura 1.** Esquema general del funcionamiento del método.

## 2.1 Descripción de las etapas del método

El método propuesto está diseñado para garantizar la gestión del flujo de trabajo en el proceso para la evaluación del impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación de agricultores. Utiliza un enfoque multicriterio multiexperto donde se identifican indicadores evaluativos para determinar el funcionamiento del procesamiento del método.

La etapa de procesamiento está estructurada por cuatro actividades que rigen el proceso de inferencia del procesamiento. A continuación se detalla su funcionamiento:

Actividad 1: Selección de los expertos.

El proceso consiste en determinar el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Para su selección se emplea la metodología propuesta por Fernández [13]. Para comenzar el proceso se envía un modelo a los posibles expertos con una explicación breve sobre los objetivos del trabajo y el área del conocimiento en el que se enmarca la investigación. Se realizan las siguientes actividades:

1. Se establece contacto con los expertos conocedores y se les pide que participen en el panel. La actividad obtiene como resultado la captación del grupo de expertos que participará en la aplicación del método.

El proceso debe filtrar los expertos con bajo nivel de experticia participando en el proceso los de mayor conocimiento y prestigio en el área del conocimiento que se enmarca el objeto de estudio de la investigación. Para realizar el proceso de filtraje se realiza un cuestionario de autoevaluación para expertos. El objetivo es determinar el coeficiente de conocimiento o información ( $K_c$ ), la ecuación 1 expresa el método para determinar el nivel de experticia.

$$K_c = n(0,1) \quad (1)$$

Where:

$K_c$ : coeficiente de conocimiento o información

$n$ : rango seleccionado por el experto

Actividad 2 Identificación de los criterios de evaluación

Una vez identificados los expertos que intervienen en el proceso se procede a la identificación de los criterios evaluativos. Los criterios nutren el método, representan parámetros de entrada que se utilizan en la etapa de procesamiento. A partir del trabajo en grupo de los expertos se realizan las siguientes actividades:

1. Se envía un cuestionario a los miembros del panel y se les pide su opinión para la selección de los criterios evaluativos que sustenten la investigación. A partir de un cuestionario previamente elaborado, se obtiene como resultado el conjunto de criterios de los expertos.
2. Se analizan las respuestas y se identifican las áreas en que están de acuerdo y en las que difieren. La actividad permite realizar un análisis del comportamiento de las respuestas emitidas por los expertos y se identifican los elementos comunes.
3. Se envía el análisis resumido de todas las respuestas a los miembros del panel, se les pide que llenen de nuevo el cuestionario y que den sus razones respecto a las opiniones en que difieren. La actividad permite obtener una nueva valoración del grupo de expertos sobre el conocimiento recogido y resumido.
4. Se repite el proceso hasta que se estabilizan las respuestas. La actividad representa la condición de parada del método, a partir de que se estabilicen las respuestas se concluye su aplicación considerándose este el resultado general.

La actividad obtienen como resultado el conjunto de criterios evaluativos del método. Emplea un enfoque multicriterio expresado como muestra la ecuación 1.

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\} \quad (2)$$

Donde:

$$m > 1, \quad (3)$$

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios.

Para determinar los pesos atribuidos a los criterios evaluativos se utiliza el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Se les pide que determinen el nivel de importancia atribuido a los criterios evaluativos identificados en la actividad previa.

Los pesos de los criterios evaluativos son expresados mediante un dominio de valores difusos. Los conjuntos

difusos dan un valor cuantitativo a cada elemento, el cual representa el grado de pertenencia al conjunto. Un conjunto difuso A es una aplicación de un conjunto referencial S en el intervalo [0, 1], Tal que:

$$A: S \rightarrow [0,1],$$

y se define por medio de una función de pertenencia:

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1. \quad (4)$$

Para aumentar la interpretatividad en la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios se utilizan términos lingüísticos basados en 2-tuplas Neutrosófica [14], [15], . El uso de etiquetas lingüísticas en modelos de decisión supone, en la mayoría de los casos, la realización de operaciones con etiquetas lingüísticas. La tabla 1 muestra el conjunto de términos lingüísticos con sus respectivos valores.

**Tabla 1:** Dominio de valores para expresar causalidad.

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

Una vez obtenidos los vectores de pesos de los diferentes expertos que intervienen en el proceso se realiza un proceso de agregación de información a partir de una función promedio tal como muestra la ecuación 5.

$$VA = \frac{\sum_{i=1}^n C_{ij}}{E} \quad (5)$$

Donde:

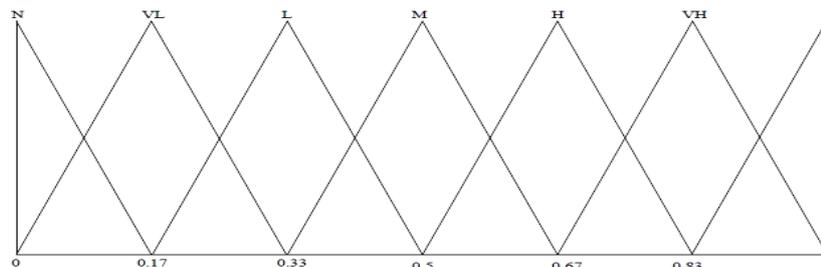
VA: valor agregado,

E: cantidad de expertos que participan en el proceso,

C<sub>ij</sub>: vector de pesos expresado por los expertos para los criterios C.

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

La actividad para la determinación de las preferencias consiste en identificar el impacto que poseen los criterios evaluativos para la evaluación del impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación de agricultores. El proceso de evaluación es realizado mediante una escala numérica de modo que se exprese el nivel de pertenencia de los indicadores [16, 17, 39]. La figura 2 muestra una gráfica con los conjuntos de etiquetas lingüísticas utilizados.



**Figura 2.** Conjunto de etiquetas lingüísticas.

Donde:

N: Nulo

VL: Muy Bajo

L: Bajo

M: Medio

H: Alto

VH: Muy Alto

P: Preferido

La evaluación del impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación de agricultores, se describe el problema y la evaluación de cada alternativa a partir del cual se forma la matriz de evaluación [18], [19], [20]. La matriz está compuesta por las alternativas, los criterios y la valoración de cada criterio para cada alternativa [21].

A partir de obtener las preferencias de cada criterio evaluativo sobre el objeto de estudio, se realiza el proceso de inferencia de información [22, 23]. La inferencia es guiada mediante el uso de operadores de agregación de información [24, 25].

Se parte del conjunto de alternativas A:

$$A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\} \quad (6)$$

A las cuales se les obtienen las preferencias P:

$$P = C_1, \dots, C_n \quad (7)$$

A los criterios evaluativos se les aplica un método multicriterio para procesar las alternativas a partir de los vectores de pesos  $W$  definidos por los expertos sobre los criterios evaluativos [26-28].

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\} \quad (8)$$

El proceso de agregación se realiza con la utilización de operadores de agregación de información [29], [30], [31]. El objetivo fundamental consiste en obtener valoraciones colectivas a partir de valoraciones individuales mediante el uso de operadores de agregación [32, 33]. Para el procesamiento del método propuesto se utiliza el operador de agregación OWA (*Ordered Weighted Averaging*) [34],[35].

Los operadores OWA funcionan similar a los operadores media ponderada, aunque los valores que toman las variables se ordenan previamente de forma decreciente y, contrariamente a lo que ocurre en las medias ponderadas, los pesos no están asociados a ninguna variable en concreto [36], [37], [38].

Definición 1: Dado un vector de pesos  $W = w_1, \dots, w_n \in [0,1]^n$  tal que:  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ , el operador (OWA) asociado a  $w$  es el operador de agregación  $f_n^w: \rightarrow R$  definido por:

$$f_n^w(u) = \sum_{i=1}^n w_i v_i \quad (9)$$

donde  $v_i$  es el  $i$ -ésimo mayor elemento de  $\{u_1, \dots, u_n\}$

Para la presente investigación se define el proceso de agregación de la información empleado, tal como expresa la ecuación 10.

$$F(p_1, \dots, p_n) = \sum_{j=1}^n w_j b_j \quad (10)$$

Donde:

$P$ : conjunto de preferencias obtenidas de la evaluación de los criterios para la evaluación del impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación de agricultores.

$w_j$ : son los vectores de pesos atribuidos a los criterios evaluativos.

$b_j$ : es el  $j$ -ésimo más grande de las preferencias  $p_n$  ordenados.

#### 4 Resultados y discusión

Para la implementación del método propuesto se ha realizado un estudio de caso donde se representa un instrumento enfocado hacia el caso específico que se modela. El objeto de análisis un caso de estudio para la evaluación del impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación de agricultores. A continuación se presentan las valoraciones alcanzadas por cada actividad:

Actividad 1: Selección de los expertos.

Para la aplicación del método, se aplicó un cuestionario con el objetivo de seleccionar el grupo de expertos a intervenir en el proceso. Se logró el compromiso desinteresado de 9 expertos. Se les aplicó el cuestionario de autoevaluación a los 9 expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- 2 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 6 puntos.
- 2 expertos se autoevalúa con un nivel de competencia de 8 puntos.
- 2 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 9 puntos.
- 3 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia sobre el tema objeto de estudio de 10 puntos.

El coeficiente de conocimiento  $K_c$  representa un parámetro importante en la aplicación del método propuesto. Para la investigación se obtienen los  $K_c$  por experto tal como refiere la tabla 3

Tabla :

Tabla 3. Coeficiente de conocimiento por expertos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,60	0,90	0,90	1	1	0,80	0,60	0,80

Se aplicaron 4 preguntas a los expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados para identificar los niveles de conocimientos sobre el tema:

- Sobre la pregunta 1. Análisis teóricos realizados por usted sobre el tema: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 5 expertos y *Media* para 2 expertos.
- Sobre la pregunta 2. Estudio de trabajos publicados por autores ecuatorianos: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 5 expertos, *Media* para 2 expertos y *Baja* para 2 expertos.
- Sobre la pregunta 3. Contacto directo con política pública para la conservación del suelo: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 5 expertos, *Media* para 3 expertos y *Baja* para 1 experto.
- Sobre la pregunta 4. Conocimiento del estado actual política pública para la conservación del suelo: se obtuvo una autoevaluación de *Alta* para 4 expertos, *Media* para 4 expertos y *Baja* para 1 experto.

La figura 3 muestra una gráfica con el comportamiento de los coeficientes de conocimiento de los expertos. A partir del análisis de los resultados se determina utilizar 7 de los 9 expertos previstos inicialmente.

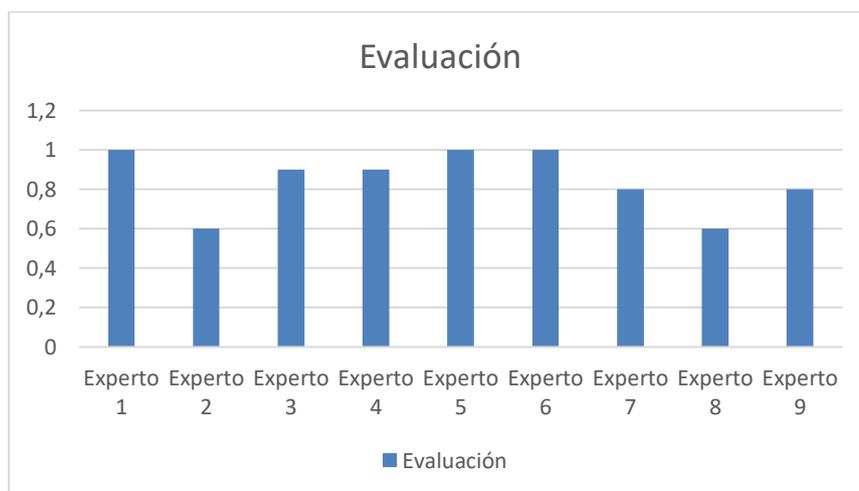


Figura 3. Representación del coeficiente de conocimiento de los expertos.

Actividad 2 Identificación de los criterios de evaluación

Para la actividad se realizó una encuesta a los expertos que intervienen en el proceso. El objetivo consistió en identificar los criterios evaluativos para la evaluación del impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación de agricultores. Los indicadores constituyen el elemento fundamental sobre el cual se realiza el procesamiento en etapas siguientes.

La tabla 4 visualiza los criterios evaluativos obtenidos de la actividad.

**Tabla 4:** Criterios evaluativos obtenidos.

Número	Criterios evaluativos
$C_1$	Eficiencia en la utilización de recursos: ¿La política pública promueve prácticas agrícolas sostenibles que maximizan la productividad del suelo sin agotar sus recursos?
$C_2$	Participación y empoderamiento de los agricultores: ¿La política pública fomenta la participación activa de los agricultores en la toma de decisiones y les proporciona las herramientas necesarias para implementar prácticas de conservación del suelo?
$C_3$	Impacto en la productividad agrícola: ¿La política pública ha mejorado la productividad de los agricultores a través de prácticas de conservación del suelo, como la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos, entre otros?
$C_4$	Sostenibilidad a largo plazo: ¿La política pública tiene en cuenta los efectos a largo plazo de las prácticas de conservación del suelo en términos de la salud del suelo, la calidad del agua y la biodiversidad?
$C_5$	Equidad y justicia social: ¿La política pública promueve la equidad en el acceso a recursos y beneficios para todos los agricultores, independientemente de su tamaño o ubicación geográfica?
$C_6$	Medición y seguimiento del impacto: ¿La política pública establece mecanismos efectivos para medir y monitorear el impacto de las prácticas de conservación del suelo y el medio ambiente por los agricultores?

### Actividad 3 Determinación de los pesos de los creiterios

Para determinar los pesos sobre los criterios se utilizó un enfoque multiexperto, en el que participaron los 7 seleccionados en la actividad 1. Con el empleo de 2-tuplas tal como propone la tabla 1 se realizó el trabajo por el grupo de expertos.

A partir de la agregación realizada mediante la ecuación 9 se unifica los pesos de los 7 expertos en un valor agregado. La tabla 5 muestra el resultado de los vectores de pesos resultantes de la actividad.

**Tabla 5:** Pesos de los criterios a partir del criterio de experto.

Número	Vectores de pesos $W$ para los criterios $C$
$C_1$	[ 0.8,0,15,0.20 ]
$C_2$	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]
$C_3$	[ 1,0,0]
$C_4$	[ 1,0,0]
$C_5$	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]
$C_6$	[ 0.75,0.25,0.30 ]

Se llegó al consenso en la segunda iteración del proceso. A partir de lo cual se tomó como valor de parada.

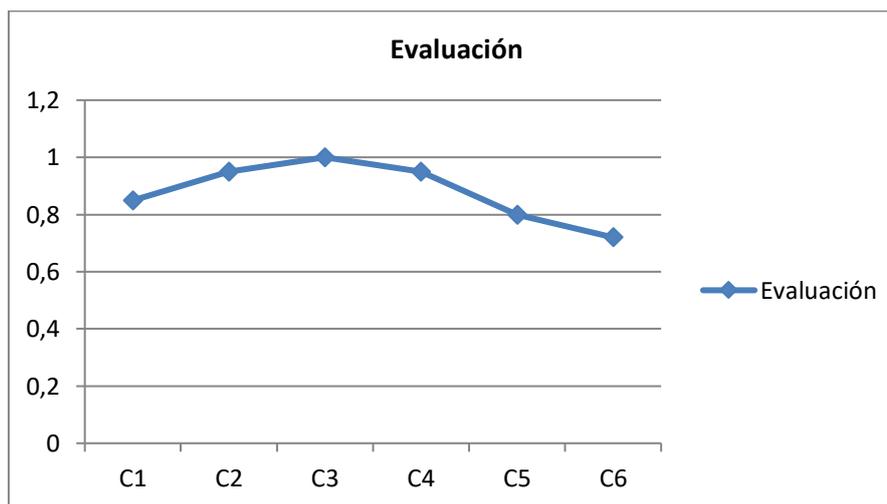
Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

Para el estudio de caso propuesto con el objetivo de evaluar el impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación de agricultores, se realizó una evaluación del cumplimiento de los criterios. Se tomó como información de partida los vectores de pesos atribuidos a cada criterio evaluativo. Se evaluó el cumplimiento de los indicadores con el empleo del conjunto de etiquetas lingüísticas. Se obtuvo como resultado un sistema con valores difusos que se agregan como valores de salidas. La tabla 6 muestra el resultado del procesamiento realizado.

**Tabla 6:** Resultado de las evaluaciones obtenidas por los expertos

Número	$W$	Preferencia	$\sum w_j b_j$
$C_1$	[ 0.8,0,15,0.20 ]	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]	[ 0.85, 0.1, 0.1 ]
$C_2$	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]	[ 1,0,0]	[ 0.95, 0.1, 0.1 ]
$C_3$	[ 1,0,0]	[ 1,0,0]	[ 1,0,0]
$C_4$	[ 1,0,0]	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]	[ 0.95, 0.1, 0.1 ]
$C_5$	[ 0.9, 0.1, 0.1 ]	[ 0.70,0.25,0.30 ]	[ 0.8, 0.1, 0.1 ]
$C_6$	[ 0.75,0.25,0.30 ]	[ 0.70,0.25,0.30 ]	[ 0.72,0.25,0.30 ]
Índice			[ 0.87, 15,0.20 ]

La figura 4 muestra el comportamiento de las inferencias sobre los criterios evaluativos para el caso de estudio propuesto.



**Figura 4.** Comportamiento de las inferencias.

A partir de los datos presentados en la tabla 5, se identifica un índice de la propuesta de método multicriterio neutrosófico para la evaluación del impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación de agricultores con un I 0,87. Los resultados obtenidos son valorados como un Alto índice de impacto.

## 5 Discusiones

La parroquia Mariscal Sucre se encuentran suelos gravemente sobreexplotados debido a varios factores interrelacionados. En primer lugar, la demanda creciente de tierras para la agricultura ha llevado a una expansión descontrolada de cultivos, debido a la expansión que se realiza a menudo sin un adecuado plan de manejo del suelo lo que conduce a prácticas agrícolas insostenibles y al agotamiento de los nutrientes del suelo. Además, la falta de

diversificación de cultivos y la dependencia excesiva de monocultivos pueden agravar el problema, ya que algunos cultivos agotan específicamente ciertos nutrientes del suelo, dejándolo empobrecido y menos fértil con el tiempo.

Asimismo, el uso excesivo de fertilizantes químicos y pesticidas puede contaminar y degradar el suelo, afectando negativamente su calidad y salud a largo plazo. La falta de educación y conciencia ambiental entre los agricultores y la comunidad local puede contribuir a prácticas inadecuadas de uso del suelo, sin considerar las consecuencias a largo plazo. En síntesis, dentro de la parroquia Mariscal Sucre la sobreexplotación de los suelos puede atribuirse a la combinación de una expansión agrícola descontrolada, la falta de diversificación de cultivos, el uso excesivo de insumos químicos, todo ello agravado por la falta de conocimiento y conciencia sobre prácticas sostenibles de manejo del suelo.

## Conclusión

A partir de la implementación del método propuesto, se obtienen vectores de pesos de agregación para la evaluación de los criterios evaluativos que representó la base del proceso de evaluación del impacto de la política pública para la conservación del suelo a través de la formación continua a los pequeños y medianos agricultores. Se obtuvo como resultado del método la participación desinteresada de 9 expertos a partir de su coeficiente de competencia para la implementación del método propuesto que permitió la implementación del método propuesto. La implementación del método propuesto permitió evaluar el impacto de la política pública para la conservación y restauración del suelo, con un nivel de impacto Alto.

Al analizar los datos obtenidos, mediante este punto de partida se propone una solución para la problemática existente en la Parroquia Mariscal Sucre, con la creación de la norma técnica se hace un avance crucial para la agricultura en dicha localidad, ya que mediante esto se soluciona la conservación y recuperación de los suelos altamente afectados por el mal uso de fertilizantes y monocultivo presentes en los suelos de Mariscal Sucre que se utilizan para la agricultura de pequeños y medianos agricultores.

Con lo antes mencionado, se pretende mejorar el bienestar de la población debido a que el impacto será en beneficio de la sociedad, debido a que con la existencia de una normativa técnica se puede evitar arbitrariedades en cuanto al derecho ambiental con la existencia de cuerpos legales que se encarguen de salvaguardar la protección del suelo. En consecuencia, es fundamental la aplicación de políticas públicas son instrumentos que permiten construir respuestas que inciden favorablemente en la vida de los moradores de Mariscal Sucre. Además, consiste en ser un instrumento de transformación de la sociedad, para determinar el cumplimiento de los objetivos y las necesidades del sector de estudio.

## Referencias

- [1] E. M. Abraham, "Lucha contra la desertificación en las tierras secas de Argentina. El caso de Mendoza," *CYTED. El agua en Iberoamérica. De la escasez a la desertificación*. Buenos Aires: CYTED, pp. 27-44, 2002.
- [2] M. Becerra Pérez, J. Sáinz Santamaría, and C. Muñoz Piña, "Los conflictos por agua en México. Diagnóstico y análisis," *Gestión y política pública*, vol. 15, no. 1, pp. 111-143, 2006.
- [3] S. San Román, "Conocer para proteger la Biodiversidad," *Foresta*, no. 49, pp. 26-27, 2010.
- [4] J. E. Ricardo, M. E. L. Poma, A. M. Argüello, A. Pazmiño, L. M. Estévez, and N. Batista, "Neutrosophic model to determine the degree of comprehension of higher education students in Ecuador," *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 26, pp. 54-61, 2019.
- [5] M. Y. Leyva Vázquez, J. R. Viteri Moya, J. Estupiñán Ricardo, and R. E. Hernández Cevallos, "Diagnosis of the challenges of post-pandemic scientific research in Ecuador," *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, vol. 9, no. spe1, 2021.
- [6] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeuroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.
- [7] G. A. Á. Gómez, M. Y. L. Vázquez, and J. E. Ricardo, "Application of Neutrosophy to the Analysis of Open Government, its Implementation and Contribution to the Ecuadorian Judicial System," *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 52, pp. 215-224, 2022.
- [8] J. E. Ricardo, A. J. Fernández, and M. Y. Vázquez, "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS)*, vol. 18, no. 4, 2022.
- [9] J. E. Ricardo, A. J. R. Fernández, T. T. C. Martínez, and W. A. C. Calle, "Analysis of Sustainable Development Indicators through Neutrosophic Correlation Coefficients," 2022.
- [10] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, "Impacto de la investigación jurídica a los problemas sociales postpandemia en Ecuador," *Universidad y Sociedad*, vol. 14, no. S5, pp. 542-551., 2022.
- [11] M. L. Vázquez, J. Estupiñán, and F. Smarandache, "Neutrosophia en Latinoamérica, avances y perspectivas Neutrosophics in Latin America, advances and perspectives," *Collected Papers. Volume X: On Neutrosophics, Plithogenics, Hypersoft Set, Hypergraphs, and other topics*, pp. 238, 2022.

- [12] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "Investigación científica: perspectiva desde la neutrosfia y productividad," *Universidad y Sociedad*, vol. 14, no. S5, pp. 640-649., 2022.
- [13] S. H. d. M. Fernández. "Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método Delphi," [http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com\\_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11](http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11).
- [14] Z.-S. Chen, K.-S. Chin, and K.-L. Tsui, "Constructing the geometric Bonferroni mean from the generalized Bonferroni mean with several extensions to linguistic 2-tuples for decision-making," *Applied Soft Computing*, vol. 78, pp. 595-613, 2019.
- [15] J. Giráldez - Cru, M. Chica, O. Cordón, and F. Herrera, "Modeling agent - based consumers decision - making with 2 - tuple fuzzy linguistic perceptions," *International Journal of Intelligent Systems*, vol. 35, no. 2, pp. 283-299, 2020.
- [16] W. L. S. Álava, A. R. Rodríguez, and X. L. A. Ávila, "Redes inalámbricas, su incidencia en la privacidad de la información," *Journal TechInnovation*, vol. 1, no. 2, pp. 104-109, 2022.
- [17] W. L. S. Álava, A. R. Rodríguez, and X. L. A. Ávila, "Impacto del uso de la tecnología en la formación integral de los estudiantes de la carrera tecnologías de la información," *Journal TechInnovation*, vol. 1, no. 2, pp. 71-77, 2022.
- [18] S. Schmied, D. Großmann, S. G. Mathias, and S. Banerjee, "Vertical Integration via Dynamic Aggregation of Information in OPC UA." pp. 204-215.
- [19] P. T. Schultz, R. A. Sartini, and M. W. Mckee, "Aggregation and use of information relating to a users context for personalized advertisements," Google Patents, 2019.
- [20] N. Gospodinov, and E. Maasoumi, "Generalized Aggregation of Misspecified Models: With An Application to Asset Pricing," 2019.
- [21] B. Fonseca, "Sistemas de recomendación para la toma de decisiones. Estado del arte," *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, vol. 6, no. 1, pp. 149-164, 2022.
- [22] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and V. Vega-Falcón, "La inteligencia artificial y su aplicación en la enseñanza del Derecho," *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, vol. 10, pp. 368-380, 2022.
- [23] V. V. Falcón, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, "Desarrollo y validación de un cuestionario para evaluar el conocimiento en Metodología de la Investigación," *Revista Conrado*, vol. 19, no. S2, pp. 51-60., 2023.
- [24] F. Bron, "Método para la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos en proyectos médicos mediante computación con palabras," *Revista Cubana de Informática Médica*, vol. 12, no. 2, pp. 377, 2020.
- [25] J. G. González, and I. S. Ching, "Método multicriterio para la evaluación de habilidades en un Sistema de Laboratorios a Distancia," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 14, no. 1, pp. 237-251, 2021.
- [26] F. Smarandache, M. Şahin, and A. Kargin, "Neutrosophic triplet G-module," *Mathematics*, vol. 6, no. 4, pp. 53, 2018.
- [27] F. Smarandache, M. A. Quiroz-Martínez, J. E. Ricardo, N. B. Hernández, and M. Y. L. Vázquez, *Application of neutrosophic offsets for digital image processing: Infinite Study*, 2020.
- [28] F. Smarandache, J. E. Ricardo, E. G. Caballero, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, *Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment: Infinite Study*, 2020.
- [29] X. He, "Typhoon disaster assessment based on Dombi hesitant fuzzy information aggregation operators," *Natural Hazards*, vol. 90, no. 3, pp. 1153-1175, 2018.
- [30] O. Mar, I. Ching, and J. Gulín, "Competency assessment model for a virtual laboratory system at distance using fuzzy cognitive map," *Investigación Operacional*, vol. 38, no. 2, pp. 169-177, 2018.
- [31] P. Liu, H. Xu, and Y. Geng, "Normal wiggly hesitant fuzzy linguistic power Hamy mean aggregation operators and their application to multi-attribute decision-making," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 140, pp. 106224, 2020.
- [32] M. Cornelio, and G. González, "Modelo para la evaluación de habilidades en ingeniería automática," *3 c TIC: cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, vol. 7, no. 1, pp. 21-32, 2018.
- [33] M. Valdés, and O. M. Cornelio, "Mapas Cognitivos Difusos antecedentes, lógica operacional y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 16, no. 8, pp. 1-17, 2023.
- [34] R. R. Yager, and D. P. Filev, "Induced ordered weighted averaging operators," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, vol. 29, no. 2, pp. 141-150, 1999.
- [35] T. R. Sampson, C. Challis, N. Jain, A. Moiseyenko, M. S. Ladinsky, G. G. Shastri, T. Thron, B. D. Needham, I. Horvath, and J. W. Debelius, "A gut bacterial amyloid promotes  $\alpha$ -synuclein aggregation and motor impairment in mice," *Elife*, vol. 9, pp. e53111, 2020.
- [36] L. Jin, R. Mesiar, and R. Yager, "Ordered weighted averaging aggregation on convex poset," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 27, no. 3, pp. 612-617, 2019.
- [37] X. Sha, Z. Xu, and C. Yin, "Elliptical distribution - based weight - determining method for ordered weighted averaging operators," *International Journal of Intelligent Systems*, vol. 34, no. 5, pp. 858-877, 2019.
- [38] H. Garg, N. Agarwal, and A. Tripathi, "Choquet integral-based information aggregation operators under the interval-valued intuitionistic fuzzy set and its applications to decision-making process," *International Journal for Uncertainty Quantification*, vol. 7, no. 3, 2017.
- [39] von Feigenblatt, O. F. Trends and Debates in American Education: A Hispanic Perspective. Ediciones Octaedro, 2023.

**Recibido:** Agosto 24, 2023. **Aceptado:** Septiembre 16, 2023