

# 02

## MÉTODO PARA CUANTIFICAR EL DAÑO AMBIENTAL Y SU AFECTACIÓN AL BUEN VIVIR MEDIANTE TÉCNICAS MULTICRITERIOS

### METHOD TO QUANTIFY ENVIRONMENTAL DAMAGE AND ITS IMPACT ON GOOD LIVING USING MULTI-CRITERIA TECHNIQUES

Fredy Pablo Cañizares Galarza<sup>1</sup>

E-mail: [dir.santodomingo@uniandes.edu.ec](mailto:dir.santodomingo@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2194-5092>

Robert Vinicio Lalama Flores<sup>1</sup>

E-mail: [us.robertlalama@uniandes.edu.ec](mailto:us.robertlalama@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0235-5385>

María Pico Pico<sup>1</sup>

E-mail: [ua.mariapico@uniandes.edu.ec](mailto:ua.mariapico@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1807-9613>

Víctor Proaño Miniguano<sup>1</sup>

E-mail: [ua.victorpro@uniandes.edu.ec](mailto:ua.victorpro@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3255-1507>

<sup>1</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ecuador.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Cañizares Galarza, F. P., Lalama Flores, R. V., Pico Pico, M., & Proaño Miniguano, V. (2021). Método para cuantificar el daño ambiental y su afectación al buen vivir mediante técnicas multicriterios. *Revista Conrado*, 17(83), 21-25.

#### RESUMEN

En los últimos años el planeta ha sufrido grandes afectaciones en el medio ambiente. La naturaleza ha sido dañada provocando perjuicios ambientales, con manifestaciones como la tala indiscriminada de bosques, contaminación de esteros, riachuelos y ríos, y el derrame indiscriminado de desechos químicos nocivos para el medio ambiente. Sin embargo, cuantificar la incidencia ambiental de los diferentes indicadores representa un problema poco abordado por la ciencia. La presente investigación propone una solución a la problemática planteada a partir del desarrollo de un método para cuantificar el daño ambiental y su afectación al buen vivir. El método basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio con el empleo de expertos. Se obtiene como resultado una valoración ambiental a partir del método propuesto que permite cuantificar el comportamiento de los indicadores en el tiempo.

#### Palabras clave:

Método multicriterio, indicadores ambientales, daño ambiental.

#### ABSTRACT

In recent years the planet has suffered great effects on the environment. Nature has been damaged causing environmental damage, with manifestations such as the indiscriminate felling of forests, contamination of estuaries, streams and rivers, and the indiscriminate spillage of chemical waste harmful to the environment. However, quantifying the environmental impact of the different indicators represents a problem little addressed by science. The present research proposes a solution to the problem raised from the development of a method to quantify environmental damage and its impact on good living. The method bases its operation through a multi-criteria approach with the use of experts. As a result, an environmental assessment is obtained from the proposed method that allows quantifying the behavior of the indicators over time.

#### Keywords:

Multi-criteria method, environmental indicators, environmental damage.

## INTRODUCCIÓN

El hombre producto a la sobreexplotación y mal uso de su entorno, ha insertado afectaciones al medio ambiente que provoca efectos nocivos para la salud de las personas (Boivin & Cournot, 2002) y pone en riesgo el disfrute de la naturaleza de las futuras generaciones. El daño ambiental afecta el desempeño del buen vivir y la sostenibilidad del planeta (Gérvas, 2006). Lograr un adecuado equilibrio que satisfaga las necesidades humanas y a su vez no afecte su entorno constituye una tarea vital a desarrollar por los diferentes estados (Martínez-Pachón, et al., 2021).

La Directiva Comunitaria sobre responsabilidad ambiental en relación con la prevención y reparación de los daños ambientales en Ecuador, entiende por daño el cambio adverso mensurado a un servicio de recursos naturales, tanto si se producen directas como indirectamente. En Ecuador se han presentado iniciativas para regular las afectaciones al medio ambiente que tributen con la política del buen vivir (Villalba-Eguiluz & Etxano, 2017).

El Plan Nacional para el Buen Vivir 2017-2021 de Ecuador, liderado por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, establece un conjunto de acciones con objetivos para preservar el desarrollo armónico de las futuras generaciones con el medio ambiente. En este Plan, el objetivo 3: **Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y las futuras generaciones**, establece dentro de sus políticas para la preservación del medio ambiente las siguientes:

- 3.3: Promover buenas prácticas ambientales que aporten a la reducción de la contaminación, a la conservación, a la mitigación y a la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global.
- 3.4: Impulsar la economía urbana y rural, basada en el uso sostenible y agregador de valor de recursos renovables y la bioeconomía, propiciando la corresponsabilidad social.
- 3.5: Impulsar la generación de bioconocimiento como alternativa a la producción primario-exportadora, así como el desarrollo de un sistema de bioseguridad que precautelar las condiciones ambientales que pudieran afectar a las personas y otros seres vivos.
- 3.6: Incentivar la producción y consumo ambientalmente responsables, con base en los principios de economía circular y bioeconomía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada.

- 3.7: Promover un proceso regional de protección y cuidado de la Amazonía, como la mayor cuenca hidrográfica del mundo.

Diversas investigaciones sobre las temáticas ambientales han sido desarrolladas por autores desde diferentes puntos de vista: La culpabilidad en la responsabilidad por daño ambiental y su relación con el sistema de evaluación de impacto ambiental (Femenías, 2017). La responsabilidad por el daño ambiental (Durá Alemañ, et al., 2020); El principio de responsabilidad ambiental (Camarena & Pinares, 2020). Estas investigaciones denotan que la responsabilidad sobre el daño ambiental constituye un elemento en constante búsqueda de soluciones por los investigadores.

Sin embargo, no es abordado suficientemente por la literatura científica. Métodos que permitan cuantificar a partir de modelos matemáticos el daño ambiental (Estupiñán Ricardo, et al., 2021; Leyva, et al., 2020; Bron, et al., 2020). A partir de la problemática planteada la presente investigación tiene como objetivo el desarrollo de un método para cuantificar el daño ambiental y su afectación al buen vivir.

La investigación se encuentra estructurada en introducción, resultados y conclusiones. La introducción presentó los principales elementos que describen la problemática relacionada sobre la afectación al medio ambiente y al buen vivir. El desarrollo de la investigación presenta la propuesta del método desarrollado para cuantificar el daño ambiental y su afectación al buen vivir, mediante técnicas multicriterios. Se presenta un ejemplo de implementación del método descrito donde es posible obtener el comportamiento del daño ambiental en un caso de estudio. Las conclusiones sintetizan los principales resultados alcanzados y las líneas de trabajo futuro.

## DESARROLLO

La presente sección describe el funcionamiento del método para cuantificar el daño ambiental y su afectación al buen vivir. El método basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterios para representar la incertidumbre mediante la utilización de operadores para la agregación de información.

La figura 1 muestra el flujo de trabajo para la resolución del método propuesto..

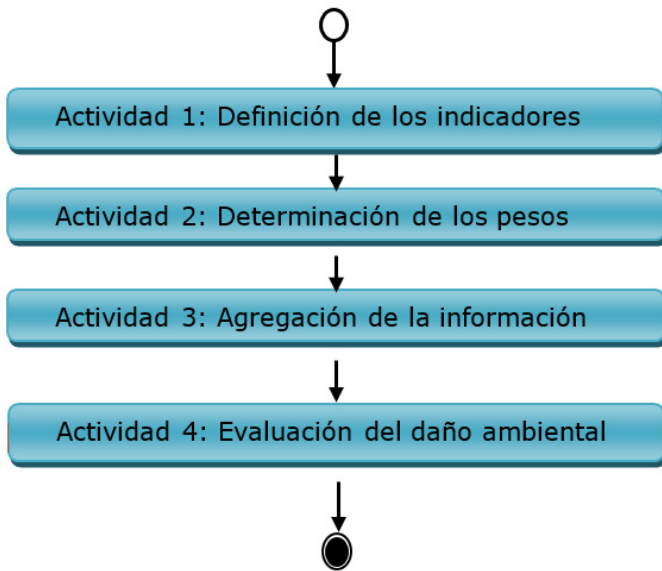


Figura 1. Flujo de trabajo para la resolución del método propuesto.

El método propuesto está diseñado para garantizar la gestión del flujo de trabajo para cuantificar el daño ambiental y su afectación al buen vivir. Emplea un enfoque multicriterio multiexperto, donde, a partir de indicadores ambientales se define la base sobre la cual se realiza la inferencia.

Posee una estructura compuesta por actividades. El método para cuantificar el daño ambiental y su afectación al buen vivir está formado por cuatro actividades básicas (definición de los indicadores ambientales, determinación de los pesos asociados a los indicadores ambientales, agregación de las informaciones y generación de las evaluaciones) que se describen a continuación:

#### Actividad 1 definición de los indicadores ambientales:

La actividad de determinación de los indicadores ambientales, utiliza un enfoque multicriterio multiexperto, consiste en obtener los indicadores ambientales para cuantificar el daño ambiental y su afectación al buen vivir, a partir de la opinión de expertos que intervienen en el proceso. Se propone la consulta de cinco expertos para el desarrollo de la actividad.

#### Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los indicadores ambientales:

A partir de los indicadores ambientales obtenidos de la actividad anterior, se procede a realizar la valoración de estos para determinar los pesos asociados a cada indicador, convirtiéndolos en vectores de pesos. Se emplean

los expertos en el proceso como parte del desarrollo de la actividad propuesta.

#### Actividad 3 agregación de las informaciones:

La agregación de información representa un mecanismo utilizado en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, para la evaluación o decisión. Permiten la transformación de un conjunto de datos (conjunto difuso) en un único elemento (Montero, et al., 2010; Mar, et al., 2017; Merigó, et al., 2017; Pérez, et al., 2018; Leyva-Vázquez, et al., 2020).

Definición 1: Operador T-norma. Un operador  $T: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$  es un operador T-norma si cumple las siguientes propiedades:

1. Conmutativa  $T(x,y)=T(y,x)$ .
2. Asociativa  $T(x,T(y,z))=T(T(x,y),z)$ .
3. Monótono creciente  $T(x,y) \geq T(x',y')$  si  $x \geq x' \wedge y \geq y'$ .
4. Elemento neutro  $T(x,1)=x$ .

Los operadores de agregación de información Suma Ponderada Ordenada (OWA) permiten la agregación de información de acuerdo a parámetros predefinidos, obteniéndose un valor representativo. Un decisor puede agregar la información en función del grado de optimismo o pesimismo deseado.

Definición 2: Operador OWA. Una función es un operador OWA de dimensión  $n$  si tiene un vector asociado  $W$  de dimensión  $n$  tal que sus componentes satisfacen (Yager, 2019):

- 1)  $w_j \in [0,1]$ ,
- 2)  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ , y
- 3)  $F(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n w_j b_j$

Donde  $b_j$  es el  $j$ -ésimo más grande de los  $a_i$ .

Se puede expresar el operador agregación mediante una notación vectorial tal como se representa en la ecuación 1:

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n) = W^t B \tag{1}$$

Donde:

$W$  es el vector OWA de peso asociado con la agregación.

$B$  es el vector agregado ordenado, donde el  $j$ -ésimo más grande componente de  $B$  es  $b_j$  siendo este el  $j$ -ésimo más grande de los  $a_i$ .

#### Actividad 4 generación de las evaluaciones:

Una vez agregada la información se obtienen los vectores de pesos asociado a cada indicador ambiental. A partir

de las preferencias sobre el comportamiento de los indicadores ambientales se cuantifica el daño ambiental y su afectación al buen vivir determinado.

### Implementación del método para cuantificar el daño ambiental y su afectación al buen vivir determinar

Se presenta un estudio en la región de los Andes del Ecuador. El ejemplo presenta los elementos fundamentales sintetizados para facilitar la comprensión de los lectores. A continuación se describen los principales elementos del método implementado.

#### Actividad 1: Definición de los indicadores ambientales.

Durante el proceso de obtención de información para la definición de los indicadores ambientales, se obtuvo un listado de indicadores como resultado. La Tabla 1 muestra los indicadores ambientales obtenidos.

Tabla 1. Indicadores ambientales.

Indicador	Descripción
C <sub>1</sub>	Especies endémicas en peligro de extinción
C <sub>2</sub>	Contaminación del agua con sustancias tóxicas
C <sub>3</sub>	Deforestación
C <sub>4</sub>	Contaminación del suelo
C <sub>5</sub>	Gestión de residuos sólidos

#### Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los indicadores ambientales.

Con el empleo de un enfoque multiexperto, se determinan los pesos atribuidos a cada indicador ambiental. Para el proceso se consultaron cinco expertos los cuales emitieron sus valoraciones. Como resultado final se obtuvieron los vectores de pesos asociados a cada indicador ambiental. La tabla 2 muestra los resultados obtenidos después de la agregación de los resultados emitidos por los expertos.

Tabla 2. Vectores de pesos asociados a los indicadores ambientales.

Indicadores	W
C <sub>1</sub>	[0.65]
C <sub>2</sub>	[0.97]
C <sub>3</sub>	[0.85]
C <sub>4</sub>	[0.75]
C <sub>5</sub>	[0.97]

#### Actividad 3 agregación de la información:

A partir del procesamiento que se realiza de entre los vectores de pesos asociados de los indicadores y las preferencias obtenidas de la institución utilizada en el caso de estudio se realiza el proceso de agregación de información a partir de lo expresado en la ecuación 1. Para el proceso de agregación se realiza un ordenamiento de los indicadores evaluativos.

La tabla 3 presenta el resultado de los valores obtenidos durante el proceso de agregación.

Tabla 3. Resultado del proceso de agregación.

Criterio	Pesos	Preferencias	Agregación
C <sub>1</sub>	[0.65]	[1]	[0,97]
C <sub>2</sub>	[0.97]	[0.75]	[0,97]
C <sub>3</sub>	[0.85]	[0.75]	[0,6375]
C <sub>4</sub>	[0.75]	[1]	[0,5625]
C <sub>5</sub>	[0.97]	[0.75]	[0,4875]
Índice			[0,725]

#### Actividad 4 generaciones de las evaluaciones:

A partir del análisis referido de los datos de la tabla 3 se puede cuantificar el daño ambiental y su afectación al buen vivir con un índice de 0.725 lo cual representa un bajo índice de daño ambiental, sin embargo, se considera que para los indicadores ambientales 2, 3 y 5 se deben intensificar políticas que favorezcan su recuperación en el tiempo.

### CONCLUSIONES

El trabajo presentó un método para cuantificar el daño ambiental y su afectación al buen vivir. Basó su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio con el empleo de expertos. El método se nutrió del empleo de operador OWA para la representación de la incertidumbre sobre el daño ambiental y su afectación al buen vivir.

Se obtuvo como resultado una valoración ambiental mediante el método propuesto que permite cuantificar el comportamiento de los indicadores en el tiempo. El ejemplo presentado permitió determinar a partir del comportamiento de los indicadores ambientales, su incidencia en un período de tiempo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boivin, G., & Cournot, G. (2002). Manifestaciones óseas y articulares de las intoxicaciones metálicas y metaloides. *EMC-Aparato Locomotor*, 35(1), 1-9.

- Bron Fonseca, B., Mar Cornelio, O., & Pérez Pupo, I. (2020). Linguistic summarization of data in decision-making on performance evaluation. *2020 XLVI Latin American Computing Conference (CLEI)*, 268-274.
- Camarena Quispe, R. J., & Pinares Payne, G. F. (2020). En búsqueda de la utopía: El principio de responsabilidad ambiental como mitigador del daño ecológico. *Yachay - Revista Científico Cultural*, 9(01), 569-575.
- Durá Alemañ, C. J., Morales-Reyes, Z., Ayerza, P., Bodega, D. I., Aguilera-Alcalá, N., Botella, F., ... Moleón, M. (2020). La responsabilidad por el daño ambiental generado en el caso de la lucha contra el uso del veneno en España. *Actualidad Jurídica Ambiental*, 102, 564-576.
- Estupiñán Ricardo, J., Mariscal Rosado, Z. M., Castro Pataron, E. K., & Valencia Vargas, V. Y. (2021). Measuring Legal and Socioeconomic Effect of the Declared Debtors Usign The AHP Technique in a Neutrosophic Framework. *Neutrosophic Sets and Systems*, 44, 357-366.
- Femenías, J. A. (2017). La culpabilidad en la responsabilidad por daño ambiental y su relación con el sistema de evaluación de impacto ambiental. *Revista de derecho (Valparaíso)*, (48), 233-259.
- Gérvás, J. (2006). Moderación en la actividad médica preventiva y curativa. Cuatro ejemplos de necesidad de prevención cuaternaria en España. *Gaceta Sanitaria*, 20, 127-134.
- Leyva-Vázquez, M., Quiroz-Martínez, M. A., Portilla-Castell, Y., Hechavarría-Hernández, J. R., & González-Caballero, E. (2020). A new model for the selection of information technology project in a neutrosophic environment. *Neutrosophic Sets and Systems*, 32(1), 344-360.
- Mar, O., Santana, I., & Gulín, J. (2017). Competency assessment model for a virtual laboratory system and distance using fuzzy cognitive map. *Revista investigación operacional*, 38(2), 170-178.
- Martínez-Pachón, D., Echeverry-Gallego, R. A., Serna-Galvis, E. A., Villarreal, J. M., Botero-Coy, A. M., Hernández, F., Moncayo-Lasso, A. (2021). Treatment of wastewater effluents from Bogotá-Colombia by the photo-electro-Fenton process: Elimination of bacteria and pharmaceutical. *Science of The Total Environment*, 772.
- Merigó, J. M., Palacios-Marqués, D., & Soto-Acosta, P. (2017). Distance measures, weighted averages, OWA operators and Bonferroni means. *Applied Soft Computing*, 50, 356-366.
- Montero, J., Gómez, D., López, V., Tinguaro, R., & Begoña, V. (2010). Sobre funciones y reglas de agregación. (Ponencia). *XV Congreso Español Sobre Tecnologías y Lógica Fuzzy*. Universidad Carlos III de Madrid, España.
- Pérez Teruel, K., Cedeño Cedeño, J. C., Lara Gavilanez, H., Diaz, C. B., & Banguera Díaz, C. (2018). A framework for selecting cloud computing services based on consensus under single valued neutrosophic numbers. *Neutrosophic Sets and Systems*, 22.
- Villalba-Eguiluz, C. U., & Etxano, I. (2017). Buen Vivir vs development (II): the limits of (Neo-) Extractivism. *Ecological Economics*, 138, 1-11.
- Yager, R. R. (2019). OWA aggregation with an uncertainty over the arguments. *Information Fusion*, 52, 206-212.