

FORTHCOMING N62C86-04-24-01

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE UN PROGRAMA DE CONCIENCIACIÓN AMBIENTAL EN NIÑOS DE UNA COMUNIDAD PERUANA, BASADO EN LÓGICA DIFUSA COMPENSATORIA

Manuel Michael Beraún-Espíritu^{1*}, Abdel Justiniano Nieto^{**}, Ketty Marilú Moscoso-Paucarchuco^{***}, Jesús César Sandoval-Trigos^{****}, Arturo Gamarra-Moreno^{*****}, Amit Roy Flores-Rivera^{*****}, Wilfredo Ramirez-Salas^{*****}

*Universidad Continental, Huancayo, Perú. E-mail: mberaun@continental.edu.pe

**Institución Educativa Hermilio Valdizán - La Unión, Huanuco, Perú. E-mail: justiedu@gmail.com

***Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Tarma, Perú. E-mail: kmoscoso@unaat.edu.pe

****Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú. E-mail: d.jsandoval@upla.edu.pe

*****Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. E-mail: ahgamarra@uncp.edu.pe

*****Universidad Nacional Autónoma de Huanta, Huanta, Perú. E-mail: aflores@unah.edu.pe

*****Universidad Nacional Centro del Perú, Huancayo, Perú. E-mail: wramirez@uncp.edu.pe

RESUMEN

Uno de los problemas mundiales en la actualidad es el incorrecto tratamiento de los desechos sólidos. Una de las soluciones a este problema tiene relación directa con la educación ambiental de nuestros habitantes, especialmente los niños, que son los que habitarán el planeta en el futuro cercano. En la Institución Educativa “Nuestra señora de Lourdes”, del Distrito de La Unión, Huánuco, Perú se lleva a cabo un programa de enseñanza de concienciación ambiental. Este estudio está encaminado a demostrar la efectividad educativa del programa de concienciación ambiental de niños de alrededor de 11 años de edad pertenecientes a esta institución, sobre el tema de gestión de residuos sólidos. Se les aplicó dos encuestas a 34 estudiantes, una antes y otra después de pasar el programa. El objetivo es evaluar el conocimiento de los estudiantes sobre el tema y la efectividad del programa. La encuesta se basó en una escala de medición cualitativa lingüística tipo Likert, que es muy adecuada para los niños de esa edad. Para el procesamiento de los datos se utilizó la Lógica Difusa Compensatoria que se basa en axiomas comunes a la lógica y a la teoría de la decisión. Se evaluaron predicados lógicos aprobados por un grupo de cinco expertos en el tema y se compararon sus resultados antes y después de que los estudiantes pasaran el programa.

PALABRAS CLAVES: Educación Ambiental, Sistema Experto, Lógica Difusa, Lógica Difusa Compensatoria.

MSC: 62C86, 62P12, 62P25, 68T35, 68T37, 68T50, 94D05.

ABSTRACT

One of the problems at the present time in the world is the incorrect treatment of the solid waste. One of the solutions has direct relationship with the environmental education of our inhabitants, especially the children who will inhabit the planet in the near future. In the Educational Institution “Nuestra señora de Lourdes”, of the District “La Union”, Huánuco, Peru, it is carried out a program of teaching of environmental-understanding. This study is guided to demonstrate the educational effectiveness of the program for children's environmental understanding, which have around 11 years old and study at this institution, on the topic of administration of solid residuals. They were applied two surveys to 34 students, one before and another after passing the program. The goal is to evaluate the students' knowledge about the topic and the effectiveness of the program. The survey was based on a Likert scale of qualitative linguistic measure that is very appropriate for the children of that age. Compensatory Fuzzy Logic was used for processing the data, it is based on axioms common to both logic and decision theory. Logical predicates were evaluated and approved by a group of five experts in the topic and their results were compared between two times, before and after the students passed the program.

KEYWORDS: Environmental education, Expert systems, Fuzzy Logic, Compensatory Fuzzy Logic.

1. INTRODUCCIÓN

Email: mberaun@continental.edu.pe

En el contexto actual se refiere frecuentemente sobre la "crisis de la basura". Este es un caso muy preocupante en el mundo, incluyendo Perú. Se sostiene que los residuos sólidos son considerados un peligro por la cantidad que existe. Son los habitantes del planeta los responsables de esta situación, es por ello que la solución del problema radica en la sensibilización de la humanidad.

Algunos autores indican que los residuos sólidos son producto del desarrollo científico que los seres humanos promueven para mejorar la economía. Pero se debe tener en cuenta que el exceso genera contaminación y peligro para la humanidad. Para ello cada gobierno debe adoptar la gestión educativa para promover la práctica y cultura de mejora de la salud a partir de la cultura de un tratamiento adecuado de los desechos sólidos.

Esta investigación se basa en una mirada de la realidad desde la mejora continua que todo ser humano debe de asumir para cuidar el planeta. Todos deben saber que parte de la sobrevivencia sostenida está en la garantía de una vida con mayor salubridad.

Dentro de la contextualización del problema la discusión hasta hace tres o cuatro décadas era si el calentamiento global es o no una realidad. En nuestros días, tal cuestionamiento ha perdido vigencia porque no caben dudas que este fenómeno es real. El problema ahora es determinar cómo hacerle frente.

El esfuerzo que hacen las instituciones peruanas ya sea desde el Ministerio del Ambiente u otras instituciones que trabajan en favor de esta causa, es digno de reconocimiento. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos y contribuciones, los cambios atmosféricos abruptos y los desastres naturales no solo han continuado, sino que avanzan cada día con más fuerza.

La Institución Educativa (I.E.) "Nuestra Señora de Lourdes" se encuentra ubicada en el distrito de La Unión, Provincia de Dos Mayo, región Huánuco. Tanto la institución como la población en general no son ajenas a este fenómeno y sus consecuencias se traducen en lluvias torrenciales, inundaciones de campos de cultivo, desbordamiento de los ríos y días de calor intenso. No obstante, a pesar de lo evidente, la población en general no parece ser consciente de este hecho. Su actitud o deseo de contribuir, aunque fuera con lo mínimo, es casi nulo. Por ejemplo, el modo más práctico que tienen para deshacerse de los residuos sólidos producto de su consumo diario, como botellas, latas, bolsas plásticas, cubiertos, pañales y toda la gama de productos desechables, es arrojarlos a la cuenca de los ríos.

El programa de gestión de residuos sólidos "Desde mi cole cuido mi planeta" para el desarrollo y conciencia ambiental en la población escolar antes mencionada, es una propuesta necesaria, pertinente e indispensable, puesto que permite abrir las puertas a las nuevas generaciones para aprender no sólo a cuidar y proteger el medio ambiente, sino también a contemplar los beneficios directos que trae consigo la buena administración de los residuos sólidos; el no desechar productos que pueden ser reusados. Como antes mencionamos, el aprender a reciclar, reusar y reducir, resulta beneficioso para el cuidado medioambiental, pero también contribuye en la buena administración y cuidado de nuestra economía, eventos que en conjunto se traducen en un desarrollo sustentable, duradero en el tiempo y en una mejor calidad de vida para los seres humanos.

Para la investigación se decidió estudiar la evolución de 34 estudiantes que pasaron el programa "Desde mi cole cuido mi planeta" que son niños de alrededor de 11 años de edad. Se les realizó una encuesta en relación con su opinión sobre la importancia del tratamiento que debe dársele a los residuos sólidos para el cuidado del medio ambiente de la comunidad. Esta encuesta se repitió una vez que pasaron el programa para comparar cuantitativamente si hubo o no evolución.

Como se trata de niños se prefiere que den sus opiniones en base a una escala lingüística tipo Likert antes que en una escala numérica. También se utilizan predicados lógicos avalados por cinco expertos para la evaluación de los resultados. La base teórica en que se procesan los datos es la lógica difusa, en especial los predicados utilizan la lógica difusa compensatoria en la obtención de las evaluaciones de varios aspectos.

La lógica difusa fue definida por L. Zadeh a partir de los conjuntos difusos ([1][8][11][16]). Un conjunto difuso se define a partir de un subconjunto A de un universo de discurso U y una función de pertenencia $\mu_A(x) \in [0, 1]$ de los elementos de $x \in U$ al conjunto A . La lógica difusa en su forma más elemental parte de una proposición p que se evalúa en el intervalo $[0, 1]$ con la valuación de " x es p " en el intervalo $[0, 1]$. Cuando " x es p " tiene valor de verdad 1 se considera "totalmente verdadera", cuando es 0 se considera "totalmente falsa" y en los casos intermedios se considera parcialmente verdadera (o falsa). Mientras más cercana a 1 se considera más verdadera y mientras más cercana a 0 se considera más falsa.

La Lógica Difusa Compensatoria es un cuerpo teórico lógico que ha emergido en los últimos años donde se combinan axiomáticamente las propiedades de la lógica difusa con la teoría de la decisión [4]. Este marco lógico es propicio para evaluar decisiones. Una de las ventajas de esta teoría lógica es que mantiene el significado semántico

de los predicados complejos a partir de las evaluaciones de los predicados simples [2][3][4][5][6][7][9][10][12][13][15].

En este artículo proponemos la evaluación de las opiniones de los 34 niños antes y después de pasar el programa, sobre el impacto de este en su conciencia ambiental. Para ello utilizamos el resultado de las opiniones colectivas como valores de verdad y a su vez se evalúan predicados lógicos avalados por expertos.

Este artículo contiene una Sección 2 de Materiales y Métodos donde se explican las nociones básicas de la Lógica Difusa (LD) y la Lógica Difusa Compensatoria (LDC). La Sección 3 de resultados contiene los detalles de los elementos evaluativos utilizados y los resultados de la evaluación. La Sección 4 contiene las conclusiones.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La lógica difusa es una lógica multivalente donde toda proposición toma valores de verdad en el intervalo $[0, 1]$. Si una proposición toma un valor de verdad 0 es absolutamente falsa y si toma el valor de verdad 1 es absolutamente verdadera. El valor de verdad 0.5 significa que la proposición no es ni verdadera ni falsa. Mientras el valor de verdad de una proposición se acerque más a 0 o a 1 se considerará más falsa o más verdadera, respectivamente. Esta es la manera en que se puede caracterizar la semántica de la lógica difusa.

Definición 1 ([1][11]). Un *conjunto difuso* se define por un par ordenado $A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in U\}$ donde U se llama *universo de discurso* y $\mu_A(x) \in [0, 1]$ es la *función de pertenencia* en A .

Sea $n: [0, 1] \rightarrow [0, 1]$, un operador de negación, o sea, un operador estrictamente decreciente e involutivo ($n(n(x)) = x$) que cumple: $n(0) = 1$ y $n(1) = 0$.

Sean en lo sucesivo $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$, $y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$, $z = (z_1, z_2, \dots, z_m)$ elementos cualesquiera del producto cartesiano $[0, 1]^m$.

Definición 2 ([4]). Una cuarteta de operadores continuos (c, d, o, n) , c y d de $[0, 1]^m$ en $[0, 1]$, o de $[0, 1]^2$ en $[0, 1]$ y n es un operador negación, constituyen la *Lógica Difusa Compensatoria* (LDC) si se satisface el siguiente grupo de axiomas:

- I. $\min(x_1, x_2, \dots, x_m) \leq c(x_1, x_2, \dots, x_m) \leq \max(x_1, x_2, \dots, x_m)$. Axioma de Compensación.
- II. $c(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_j, \dots, x_m) = c(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_i, \dots, x_m)$. Axioma de Conmutatividad o Simetría.
- III. Si $x_1 = y_1, x_2 = y_2, \dots, x_{i-1} = y_{i-1}, \dots, x_{i+1} = y_{i+1}, \dots, x_m = y_m$, además no son nulos y $x_i > y_i$, entonces $c(x_1, x_2, \dots, x_m) > c(y_1, y_2, \dots, y_m)$.
- IV. Si $x_i = 0$ para algún i entonces $c(x) = 0$. Axioma de veto.
- V. $o(x, y) = n[o(y, x)]$. Axioma de Reciprocidad Difusa.
- VI. Si $o(x, y) \geq 0.5$ y $o(y, z) \geq 0.5$, entonces $o(x, z) \geq \max(o(x, y), o(y, z))$. Axioma de Transitividad Difusa.
- VII. $n(c(x_1, x_2, \dots, x_m)) = d(n(x_1), n(x_2), \dots, n(x_m))$ y $n(d(x_1, x_2, \dots, x_m)) = c(n(x_1), n(x_2), \dots, n(x_m))$. Leyes de De Morgan.

Los operadores c y d reciben el nombre de *conjunción compensatoria* y *disyunción compensatoria* respectivamente. El operador o recibe el nombre de *orden estricto difuso*.

La disyunción compensatoria satisface las siguientes propiedades:

- I. $\min(x_1, x_2, \dots, x_m) \leq d(x_1, x_2, \dots, x_m) \leq \max(x_1, x_2, \dots, x_m)$. Axioma de Compensación.
- II. $d(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_j, \dots, x_m) = d(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_i, \dots, x_m)$. Axioma de Conmutatividad o Simetría.
- III. Si $x_1 = y_1, x_2 = y_2, \dots, x_{i-1} = y_{i-1}, \dots, x_{i+1} = y_{i+1}, \dots, x_m = y_m$, además no son unidades y $x_i > y_i$, entonces $d(x_1, x_2, \dots, x_m) > d(y_1, y_2, \dots, y_m)$.
- IV. Si $x_i = 1$, para algún i entonces $d(x) = 1$. Axioma de veto.

Otra propiedad de la conjunción y disyunción compensatoria es la idempotencia:

$$c(a, a, \dots, a) = d(a, a, \dots, a) = a.$$

La implicación se define como $i_1(x, y) = d(n(x), y)$ o $i_2(x, y) = d(n(x), c(x, y))$, de ese modo generaliza las tablas de verdad de la lógica booleana de dos maneras diferentes.

La equivalencia se define por $e(x, y) = c(i(x, y), i(y, x))$ dependiendo del operador de implicación.

Los cuantificadores universal y existencial deben ser introducidos de manera natural a partir de los operadores de conjunción y disyunción seleccionados. Introducidos estos, se tiene que cualquiera sea un predicado difuso p sobre el universo U las proposiciones universal y existencial se definen respectivamente como:

$$\forall_{x \in U} p(x) = \bigwedge_{x \in U} p(x)$$

(1)

$$\exists_{x \in U} p(x) = \bigvee_{x \in U} p(x)$$

.....(2)

En el caso continuo se pasa al cálculo integral:

$$\forall_{x \in U} p(x) = \begin{cases} e^{-\frac{\int_X \ln(p(x)) dx}{\int_X dx}}, & \text{si } p(x) > 0 \text{ para todo } x \in X \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

(3)

$$\exists_{x \in U} p(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\frac{\int_X \ln(1-p(x)) dx}{\int_X dx}}, & \text{si } p(x) < 1 \text{ para todo } x \in X \\ 1, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

(4)

Si se toma la media geométrica como el operador de conjunción se tiene:

$$c(x_1, x_2, \dots, x_m) = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m x_i}$$

(5)

Como consecuencia de las Leyes de De Morgan, la disyunción correspondiente sería:

$$d(x_1, x_2, \dots, x_m) = 1 - \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m (1 - x_i)}$$

(6)

Por tanto, la cuarteta de operadores formada por la media geométrica y su dual como operadores conjuntivo y disyuntivo respectivamente, junto al orden:

$$o(x, y) = 0.5[c(x) - c(y)] + 0.5$$

(7)

Y la negación:

$$n(x) = 1 - x$$

(8)

Constituyen una Lógica Compensatoria que se llamará *Lógica Compensatoria basada en la Media Geométrica* (LCBMG) ([3]).

3. RESULTADOS

Como se explicó anteriormente, el trabajo de investigación se realiza a través de una encuesta a un grupo de estudiantes antes y después de pasar por el programa de gestión de residuos sólidos “Desde mi cole cuido mi planeta”. Se trabaja con estudiantes del sexto grado que se encuentran matriculados según la nómina de matrícula de la institución educativa y que tienen asistencia regular. Estos son un total de 34 de la institución educativa “Nuestra Señora de Lourdes”, La Unión, Huánuco quienes estuvieron dispuestos a pasar el programa.

La encuesta consiste en las siguientes preguntas:

- P1. Es necesario la aplicación de un programa en tu institución educativa que te enseñe cómo manejar adecuadamente los desechos sólidos.
- P2. Sientes que un programa en tu institución educativa te puede despertar sentimientos de insatisfacción con el mal manejo de los desechos sólidos que puedas observar en tu entorno.
- P3. Un programa en tu institución educativa puede ayudarte a tomar acciones personales que vayan a favor de manejar correctamente los desechos sólidos en tu entorno.
- P4. Un programa en tu institución educativa puede ayudarte a organizar, liderar o educar a los miembros de tu comunidad u otras comunidades sobre el manejo correcto de los desechos sólidos en el entorno.

Cada una de las preguntas se corresponde con una etapa jerárquica y escalonada de la concienciación medioambiental a través del manejo correcto de los desechos sólidos. La pregunta 1 se corresponde con la etapa cognitiva, la pregunta 2 con la etapa afectiva, la pregunta 3 con la etapa conativa y la pregunta 4 con la etapa activa. Donde la etapa activa es la superior y se supone que el individuo que llegue a estándares aceptables de esta es porque ya contiene estándares aceptables de las anteriores.

A continuación, explicamos conceptualmente qué significa cada una de ellas, las etapas: Cognitiva, Afectiva, Conativa, Activa.

La etapa cognitiva se refiere al conocimiento consciente y racional del individuo sobre cómo proceder a cuidar el medio ambiente, no necesariamente significa que el individuo se sienta comprometido a actuar. La etapa afectiva o de percepción emocional del entorno; se refiere a emociones, creencias y sentimientos sobre temas ambientales. La conativa se refiere a que el individuo está dispuesto a adoptar estándares de protección ambiental en el

comportamiento y manifestar interés o inclinación a participar en actividades y realizar mejoras. En la fase llamada Activa el estudiante tiene la iniciativa de tomar acciones y comportamientos ambientalmente responsables con individuos y grupos, incluso bajo compromiso o presión.

| | Pretest | | Postest | |
|-------------------|------------|----------------|------------|----------------|
| | Frecuencia | Frecuencia (%) | Frecuencia | Frecuencia (%) |
| Muy de acuerdo | 0 | 0 | 21 | 62 |
| De acuerdo | 0 | 0 | 13 | 38 |
| No tengo opinión | 8 | 24 | 0 | 0 |
| En desacuerdo | 8 | 24 | 0 | 0 |
| Muy en desacuerdo | 18 | 52 | 0 | 0 |
| Total | 34 | 100 | 34 | 100 |

Tabla 1. Resultado de la aplicación del pretest y postest sobre la dimensión cognitiva (pregunta 1) de la encuesta. Fuente: Los autores.

La escala de medición es una escala tipo Likert con cinco opciones: “Muy de acuerdo”, “De acuerdo”, “No tengo opinión”, “En desacuerdo” y “Muy en desacuerdo”.

A continuación, se muestran las tablas que resumen los resultados obtenidos de las encuestas sobre cada una de las preguntas (dimensiones) medidas.

| | Pretest | | Postest | |
|-------------------|------------|----------------|------------|----------------|
| | Frecuencia | Frecuencia (%) | Frecuencia | Frecuencia (%) |
| Muy de acuerdo | 0 | 0 | 19 | 56 |
| De acuerdo | 0 | 0 | 15 | 44 |
| No tengo opinión | 15 | 44 | 0 | 0 |
| En desacuerdo | 5 | 15 | 0 | 0 |
| Muy en desacuerdo | 14 | 41 | 0 | 0 |
| Total | 34 | 100 | 34 | 100 |

Tabla 2. Resultado de la aplicación del pretest y postest sobre la dimensión afectiva (pregunta 2) de la encuesta. Fuente: Los autores.

| | Pretest | | Postest | |
|-------------------|------------|----------------|------------|----------------|
| | Frecuencia | Frecuencia (%) | Frecuencia | Frecuencia (%) |
| Muy de acuerdo | 0 | 0 | 26 | 76 |
| De acuerdo | 0 | 0 | 8 | 24 |
| No tengo opinión | 11 | 32 | 0 | 0 |
| En desacuerdo | 11 | 32 | 0 | 0 |
| Muy en desacuerdo | 12 | 36 | 0 | 0 |
| Total | 34 | 100 | 34 | 100 |

Tabla 3. Resultado de la aplicación del pretest y postest sobre la dimensión conativa (pregunta 3) de la encuesta. Fuente: Los autores.

| | Pretest | | Postest | |
|-------------------|------------|----------------|------------|----------------|
| | Frecuencia | Frecuencia (%) | Frecuencia | Frecuencia (%) |
| Muy de acuerdo | 0 | 0 | 30 | 88 |
| De acuerdo | 0 | 0 | 4 | 12 |
| No tengo opinión | 4 | 12 | 0 | 0 |
| En desacuerdo | 11 | 32 | 0 | 0 |
| Muy en desacuerdo | 19 | 56 | 0 | 0 |
| Total | 34 | 100 | 34 | 100 |

Tabla 4. Resultado de la aplicación del pretest y postest sobre la dimensión activa (pregunta 4) de la encuesta. Fuente: Los autores.

Para procesar los datos se convirtieron los resultados de cada una de las tablas 1-4 en valores numéricos en el intervalo [0, 1] según la fórmula siguiente:

$$v = \frac{(\%a)+0,6(\%b)+0(\%c)+0,4(\%d)+0(\%e)}{100}$$

(9)

Donde %a corresponde al porcentaje de respuestas correspondientes a “Muy de acuerdo”, %b corresponde al porcentaje de respuestas correspondientes a “De acuerdo”, %c corresponde al porcentaje de respuestas correspondientes a “No tengo opinión”, %d corresponde al porcentaje de respuestas correspondientes a “En desacuerdo” y %e corresponde al porcentaje de respuestas correspondientes a “Muy en desacuerdo”.

De esta manera se obtuvieron los siguientes valores que se muestran en la Tabla 5:

| Dimensión/Test | Pretest | Postest |
|----------------|---------|---------|
| Cognitiva | 0,096 | 0,848 |
| Afectiva | 0,060 | 0,824 |
| Conativa | 0,128 | 0,904 |
| Activa | 0,128 | 0,952 |

Tabla 5. Resultado de la aplicación de la Ecuación 9 a cada una de las dimensiones. Fuente: Los autores.

Para obtener una escala categórica de los valores de verdad se utiliza la escala que se muestra en la Tabla 6.

Se seleccionaron a 5 expertos sobre el tema de enseñanza del medio ambiente y se cuantificaron sus índices de experticia con la fórmula 10:

| Valor de verdad | Categoría |
|-----------------|--------------------------|
| 0 | Absolutamente falso |
| 0.1 | Muy falso |
| 0.2 | Falso |
| 0.3 | Más o menos falso |
| 0.4 | Más falso que verdadero |
| 0.5 | Tan verdadero como falso |
| 0.6 | Más verdadero que falso |
| 0.7 | Más o menos verdadero |
| 0.8 | Verdadero |
| 0.9 | Muy verdadero |
| 1 | Absolutamente verdadero |

Tabla 6. Tabla de categorías por valores de verdad. Fuente: [7].

El *coeficiente de competencia o idoneidad* de los expertos se calcula por la fórmula 10 [7], véase también [14]:

$$K = \frac{1}{2}(K_C + K_a) \quad (10)$$

Donde:

K es el *coeficiente de competencia*:

- Es alto si $K > 0,7$,
- Es medio si $0,5 \leq K < 0,7$,
- Es bajo si $0,3 \leq K < 0,5$.

K_C : es el coeficiente de conocimientos o información que tiene el experto sobre el tema.

K_a : es el coeficiente de argumentación o fundamentación de los criterios del experto sobre el tema.

Todos los expertos obtuvieron un índice mayor a 0,78 según el test aplicado en ese efecto.

Los valores de verdad de los predicados atómicos se representan por las siguientes variables:

$v_{cog,pret} = 0,096$ (Valor de verdad de la dimensión cognitiva en el pretest),

$v_{cog,post} = 0,848$ (Valor de verdad de la dimensión cognitiva en el postest),

$v_{afect,pret} = 0,060$ (Valor de verdad de la dimensión afectiva en el pretest),

$v_{afect,post} = 0,824$ (Valor de verdad de la dimensión afectiva en el postest),

$v_{con,pret} = 0,128$ (Valor de verdad de la dimensión conativa en el pretest),

$v_{con,post} = 0,904$ (Valor de verdad de la dimensión conativa en el postest),

$v_{act,pret} = 0,128$ (Valor de verdad de la dimensión activa en el pretest),

$v_{act,post} = 0,952$ (Valor de verdad de la dimensión activa en el postest).

Los predicados aprobados por los expertos fueron los siguientes:

Para comprobar la evolución en la Dimensión X se calcula el valor de verdad del predicado:

$Evol(X) = o(v_{X,pret}, v_{X,post})$, donde $X \in \{Cognitiva, Afectiva, Conativa, Activa\}$.

$Evol_{Total} = o(\forall X v_{X,pret}, \forall X v_{X,post})$ (Es la evolución total para todas las dimensiones, significa la mejora de los estudiantes de forma integral).

Para comprobar que existe consistencia entre las variables para las diferentes dimensiones se calcularon los siguientes predicados:

$Cons_1 = C(v_{afect,post}, i_1(v_{afect,post}, v_{cog,post}))$

Este predicado mide cómo los resultados de la dimensión afectiva se obtienen de un valor de verdad suficientemente alto de la dimensión cognitiva.

$Cons_2 = C(v_{con,post}, i_1(v_{con,post}, v_{afect,post}))$

Este predicado mide cómo los resultados de la dimensión conativa se obtienen de un valor de verdad suficientemente alto de la dimensión afectiva.

$Cons_3 = C(v_{act,post}, i_1(v_{act,post}, v_{con,post}))$

Este predicado mide cómo los resultados de la dimensión activa se obtienen de un valor de verdad suficientemente alto de la dimensión conativa.

Se les pidió a los expertos que evaluaran cada uno de estos predicados en una escala de 0-10, donde 0 significa no aceptable y 10 máxima aceptación. A los resultados se les halló el mínimo grupal y se consideró a 7 el umbral de aceptabilidad y el resultado fue que el menor de ellos tuvo un valor de 8, por tanto todos los predicados se consideran válidos para los expertos.

La Tabla 7 contiene los resultados de valores de verdad obtenidos:

| Predicado Lógico | Valor de Verdad |
|-----------------------------|------------------------|
| <i>Evol(Cognitiva)</i> | 0,876 |
| <i>Evol(Afectiva)</i> | 0,882 |
| <i>Evol(Conativa)</i> | 0,888 |
| <i>Evol(Activa)</i> | 0,912 |
| <i>Evol_{Total}</i> | 0,89102235 |
| <i>Cons₁</i> | 0,72965 |
| <i>Cons₂</i> | 0,73717 |
| <i>Cons₃</i> | 0,81498 |

Tabla 7. Valores de verdad obtenidos de los predicados lógicos. Fuente: Los autores.

De la Tabla 7 se concluye que la evolución con respecto a cada dimensión se puede caracterizar como “verdadera” a “muy verdadera”, de acuerdo con las categorías de la Tabla 6. Por otro lado, la consistencia de obtener resultados favorables de una dimensión de una fase de mayor complejidad a partir de una fase de menor complejidad tiene valores de verdad entre “más o menos verdadero” a “verdadero”.

4. CONCLUSIONES

El debido procesamiento de los desechos por parte de la ciudadanía se hace cada vez más importante debido a todos los trastornos que la humanidad está causando al medio ambiente. Estos trastornos perjudican a la humanidad misma además de ser un peligro para la vida en la tierra. Una de las componentes para solucionar este problema tiene relación con la educación ambiental que tenga la ciudadanía, especialmente los niños. Este artículo es un estudio llevado a cabo en 34 niños de alrededor de 11 años de edad en la Institución Educativa “Nuestra señora de Lourdes”, del Distrito de La Unión, Huánuco, Perú. Para ello, se les aplicó una encuesta sobre las dimensiones cognitiva, afectiva, conativa y activa en cuanto al correcto proceder con los desechos sólidos según el programa “Desde mi cole cuido mí planeta”. La encuesta se realizó antes y después de pasar el programa y se compararon los resultados. Se concluyó que el valor de verdad es de alrededor de 0,9 sobre la evolución de los estudiantes en cada una de estas dimensiones y en total. Además, se mostró que existe una consistencia suficientemente alta entre los resultados obtenidos de cada dimensión comparada con los resultados de la dimensión más simple que la precede. Como herramientas se contó con predicados lógicos aprobados por cinco expertos en el tema y específicamente se realizaron evaluaciones con ayuda de la Lógica Difusa Compensatoria. La LDC se basa en un sistema lógico que ha probado su efectividad para la toma de decisiones.

RECEIVED: MARCH, 2024.

REVISED: APRIL, 2024.

REFERENCIAS

- [1]. CHEN, X., HU, Z., and SUN, Y. (2022). Fuzzy logic based logical query answering on knowledge graphs. In **Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence** (Vol. 36, No. 4, pp. 3939-3948).
- [2]. DE LA CRUZ, L. O. V., MARRERO-DELGADO, F., y PÉREZ-PRAVIA, M. C. (2020). Evaluación de las actividades de control mediante la lógica difusa compensatoria en una entidad hospitalaria. **Revista Archivo Médico de Camagüey**, 24, 348-359.
- [3]. ESPÍN ANDRADE, R. A., FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, E., y GONZÁLEZ CABALLERO, E. (2011). Un sistema lógico para el razonamiento y la toma de decisiones, la lógica difusa compensatoria basada en la media geométrica. **Investigación Operacional**, 32, 230-245.
- [4]. ESPIN-ANDRADE, R. A., FERNÁNDEZ, E., and GONZÁLEZ, E. (2014). Compensatory fuzzy logic: a frame for reasoning and modeling preference knowledge in intelligent systems. In **Soft Computing for Business Intelligence** (pp. 3-23). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- [5]. ESPIN-ANDRADE, R. A., GONZALEZ, E., PEDRYCZ, W., and FERNANDEZ, E. (2016). An interpretable logical theory: the case of compensatory fuzzy logic. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, 9, 612-626.
- [6]. ESPIN-ANDRADE, R. A., GONZÁLEZ, E., BELLO, R., and PEDRYCZ, W. (2021). Knowledge Discovery by Compensatory Fuzzy Rough Predicates. **Computational Intelligence for Business Analytics**, 191-211.
- [7]. GONZÁLEZ CABALLERO, E, MUZAURIETA LADRÓN DE GUEVARA, D., y ESPIN-ANDRADE, R. A. (2008). Modelo matemático difuso para la selección de cargas con posible fraude económico en la Aduana General de la República de Cuba. **Ingeniería Industrial**, 29, 48-51.
- [8]. KAMBALIMATH, S., and DEKA, P. C. (2020). A basic review of fuzzy logic applications in hydrology and water resources. **Applied Water Science**, 10, 1-14.
- [9]. LLORENTE-PERALTA, C. E., CRUZ-REYES, L., and ESPÍN-ANDRADE, R. A. (2021). Knowledge discovery using an evolutionary algorithm and compensatory fuzzy logic. **Fuzzy Logic Hybrid Extensions of Neural and Optimization Algorithms: Theory and Applications**, 363-383.

- [10]. LLORENTE-PERALTA, C. E., CRUZ-REYES, L., ESPÍN-ANDRADE, R. A., and PADRON-TRISTAN, J. F. (2023). Interpretability of an Archimedean Compensatory Fuzzy Logic in Data Analytics: Some Case Studies. In **Hybrid Intelligent Systems Based on Extensions of Fuzzy Logic, Neural Networks and Metaheuristics** (pp. 237-252). Cham: Springer Nature Switzerland.
- [11]. NASUTION, H. S., JAYADI, A., and RIKENDRY, R. (2022). Implementasi Metode Fuzzy Logic Untuk Sistem Pengereman Robot Mobile Berdasarkan Jarak Dan Kecepatan. **Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer**, 3, 15-24.
- [12]. PADRÓN-TRISTÁN, J. F., CRUZ-REYES, L., ESPIN-ANDRADE, R. A., SANTILLÁN, C. G. G., & LLORENTE-PERALTA, C. E. (2023). Application of Compensatory Fuzzy Logic in Diabetes Problem Using Pima-Indians Dataset. In **Hybrid Intelligent Systems Based on Extensions of Fuzzy Logic, Neural Networks and Metaheuristics** (pp. 199-226). Cham: Springer Nature Switzerland.
- [13]. RAMOS, E. L. H., AYALA, L. R. A., TORRES, D. F. T., and GONZALEZ, R. (2020). **Method for Treatment and its Incidence in the Change of Social Rehabilitation Regime using Neutrosophic Compensatory Logic** (Vol. 37). Infinite Study.
- [14]. RIZZO, L., and LONGO, L. (2020). An empirical evaluation of the inferential capacity of defeasible argumentation, non-monotonic fuzzy reasoning and expert systems. **Expert Systems with Applications**, 147, 113220-113220.
- [15]. RODRÍGUEZ-CÁNDIDO, N. P., ESPIN-ANDRADE, R. A., SOLARES, E., and PEDRYCZ, W. (2021). A Compensatory Fuzzy Logic Model in Technical Trading. **Axioms**, 10, 36-36.
- [16]. SERRANO-GUERRERO, J., ROMERO, F. P., & OLIVAS, J. A. (2021). Fuzzy logic applied to opinion mining: a review. **Knowledge-Based Systems**, 222, 107018-107018.