

Aplicación educativa de la lógica difusa a la situación ambiental del humedal Cauquita (Jamundí - Colombia, 2011-2013)

Educational implementation of fuzzy logic to environmental state of Cauquita wetland (Jamundí-Colombia, 2011-2013)

COLCIENCIAS TIPO 5. REPORTE DE CASO

RECIBIDO: FEBRERO 1, 2015; ACEPTADO: MARZO 15, 2015

Luis Antonio González Escobar
lage49@yahoo.es

Marisol Espinosa Ortega
maries0428@hotmail.com

Universidad Santiago de Cali, Colombia

Resumen

Este artículo pretende valorar la importancia de la aplicación de la técnica de lógica difusa (TLD) en la identificación de los factores que favorecen la comprensión de la situación ambiental del humedal Cauquita, y la responsabilidad de los educadores ambientales en el manejo de una observación organizada, que fortalezca las acciones de pensamiento, la profundización en el conocimiento y la percepción que se va adquiriendo de la problemática. La práctica de carácter descriptivo e interpretativo plantea niveles de estudio relacionados con los humedales del tipo cauce de río aislado (CRA), la aplicación del TLD a problemas ambientales y la incidencia que pueda tener este tipo de práctica en el aprendizaje que, desde el carácter interdisciplinar de las ciencias ambientales y la transdisciplinariedad de la educación ambiental, permita comprender la complejidad de las dinámicas sociales y las prácticas productivas y culturales, y sus repercusiones en la integridad territorial de nuestros humedales.

Palabras Clave

Ambiente; comprensión; humedal; cauce de río aislado; lógica difusa.

Abstract

This paper aims to assess the relevance of fuzzy logic technique (FLT) applied to identify factors favoring understanding of the environmental situation of wetland Cauquita and accountability of environmental educators in the management of organized observation, to strengthen the actions of thought, deepening the knowledge and awareness is gained of the problems. Descriptive and interpretative studies raise levels related to funnel isolated river wetlands; FLT application on environmental problems and their impact on learning –from interdisciplinary character of environmental sciences and transdisciplinarity character of environmental education–lets understand the complexity of social dynamics and productive and cultural practices impact on wetlands territorial integrity.

Keywords

Environment; understanding; wetland; funnel isolated river; fuzzy logic.

I. INTRODUCCIÓN

Colombia es un país conformado por tres cordilleras que conforman numerosas cuencas con valles geográficos de ríos y diversos humedales entre los que se forman los Cauces de Río Aislado [CRA] –también conocidos como madre viejas o lechos antiguos y cortados de un río– los cuales, por sucesión ecológica, conforma un ecosistema acuático dulceacuícola que adquiere un balance y control relativamente autónomos.

Durante el desarrollo histórico del hombre, estas unidades geográficas representan para las comunidades asentadas: fuentes de agua, alimento y trabajo. Se consideran unidades de planeación y gestión ambiental, por ser su espacio productivo sustentable, donde se realizan actividades económicas y culturales que, por su valor ambiental y ecológico, permite satisfacer las necesidades básicas, de sustento y supervivencia, de dichas comunidades.

La imprevisión estatal, la explotación inadecuada, la falta de control por las autoridades ambientales y la apropiación indebida de estos ecosistemas y bienes naturales, han dejado estos lugares en condiciones críticas, degradando de manera irreversible el ambiente, deteriorando el territorio y generando condiciones insanas en la comunidad.

El estudio de las relaciones entre los proyectos de desarrollo y los componentes ambientales (biofísicos, sociales y culturales) y la evaluación de la calidad ambiental en un lugar determinado, han permitido el desarrollo de indicadores e índices relacionados con la calidad ambiental y el bienestar humano. Estos proporcionan información útil para la toma de decisiones, los procesos de seguimiento y adopción, y el análisis eficaz de las medidas de control y gestión en el ordenamiento adecuado en el territorio.

El presente artículo, en el marco de la política ambiental y educativa del país, propone una aproximación socioecosistémica, desde la perspectiva educativa, para la comprensión de la educación y gestión ambiental en los humedales abordando los siguientes propósitos: describir las perturbaciones que afectan el estado de la calidad ambiental en el humedal Cauquita –objeto de estudio–, para la comprensión de manera ecosistémica del ambiente, el territorio y el estado actual de la gestión que se aplica en el ámbito de los humedales; y aplicar la técnica de la lógica difusa, desde la perspectiva educativa, para caracterizar el

estado del humedal y comprender las políticas, los planes y los programas que se llevan a cabo en su gestión.

II. AMENAZAS DE LOS CRA: DESCRIPCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia, las autoridades ambientales –los Ministerios del Medio Ambiente y Agricultura, y las corporaciones autónomas regionales, –la CVC, en el caso de la región en que se desarrolla el presente estudio–, han venido administrando los humedales con una serie de acciones, entre las que se destaca la adherencia del país a la Convención de Ramsar, con la Ley 357 de 1997. Posteriormente se definió la Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia y, en correspondencia con estas directrices, la CVC estructuró el Plan de Gestión Ambiental Regional [PGAR], el cual fue definido como un marco de acción para los planes de manejo integral, una acción institucional de mayor alcance para la conservación y recuperación de las madre viejas del río Cauca.

De acuerdo con la ley de ordenamiento territorial, en Colombia es fundamental el trabajo interinstitucional entre las autoridades ambientales y las administraciones municipales, para que a través de los planes de desarrollo de los municipios se garantice una acción efectiva sobre la sustentabilidad, y la eliminación de los problemas ambientales que se dan en los humedales, tales como: la alteración de los flujos hídricos entre las madre viejas y los ríos; la colmatación y el desecamiento de las áreas de humedales; la pérdida de la biodiversidad; y su uso inadecuado por parte de los ingenios y los propietarios de las tierras aledañas a ellos.

Según Restrepo y Naranjo (1987), a mediados del siglo XX había en el valle geográfico del río Cauca más de 50.000 hectáreas de humedales, ecosistemas de aguas dulces lénticos. En el valle geográfico del río Cauca, el área de los humedales naturales de aguas lenticas –hoy declarados ecosistemas amenazados– se ha reducido a menos de 2.650 has. El censo realizado por la CVC en el departamento del Valle del Cauca registra únicamente 49 humedales lénticos.

El creciente deterioro y la *extinción* de las formaciones ecológicas en Colombia, en especial de los humedales de este tipo, son consecuencias de la presión ejercida por sectores productivos que adecuan las tierras para la expansión agropecuaria y urbana, ocasionando diversos tipos de impacto que afectan los procesos funcionales de

los ecosistemas, los cuales responden a un cambio de estado que puede afectar la calidad, integridad y sustentabilidad del territorio.

El humedal Cauquita, localizado en el municipio de Jamundí (Valle del Cauca, Colombia), cuenta con más de doce humedales tipo madreveja, los cuales están amenazados y en vía de extinción, principalmente por causa de las intervenciones antrópicas, tales como la desecación y expansión de la frontera agrícola y ganadera – por medio de jarillones, drenajes o rellenos–, que se realizan ignorando su prevención ecológica. En la actualidad estos ecosistemas representan como humedales relictuales de origen freático.

Según RAMSAR (2000) se debe promover, en todos los países, el desarrollo de programas de conservación y uso racional de los humedales, a fin de contribuir al desarrollo sostenible de estos ecosistemas. La Organización de las Naciones Unidas [ONU] declaró el período 2005-2014 como la «Década de la Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible», una estrategia mundial para la conservación de los humedales en los distintos países (2005).

La educación ambiental, indica González (2006), ha permitido el desarrollo de la investigación cualitativa al relacionar las situaciones ambientales y las técnicas didácticas empleadas con la opinión y percepción de los estudiantes, las cuales pueden ser registradas en cuestionarios, entrevistas, informes de visitas, procesos de socialización, etc. A partir de esto la educación ambiental ha generado los espacios para integrar los fundamentos de las ciencias sociales y naturales que le dan el carácter de interdisciplinar, transdisciplinar y transversal, al relacionar ciencias como la política, la sociología, la psicología y la ecología, con la experiencia y el ejercicio del aula de clase, donde los participantes expresan sus distintos puntos de vista.

La ausencia de técnicas educativas para comprender los procesos transdisciplinarios basadas en el uso de indicadores ambientales, permite promover la técnica de lógica difusa como una herramienta educativa útil para interpretar, tanto el estado de la madreveja Cauquita, como el impacto que pueda tener este tipo de prácticas en el aprendizaje de las situaciones ambientales y en la comprensión de la problemática ambiental.

III. METODOLOGÍA

La perspectiva metodológica se relaciona con la investigación descriptiva y la toma de información, que permite iniciar el proceso de caracterización a partir de la observación del estado actual de los CRA, así:

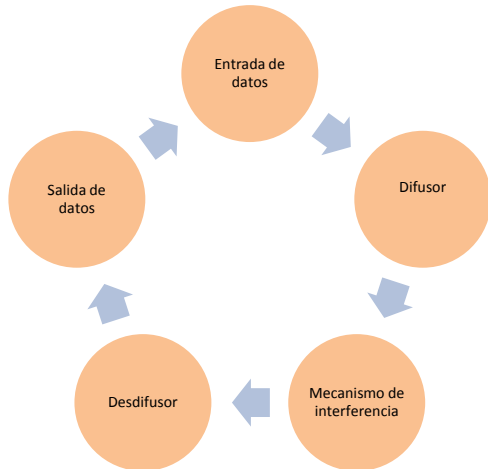
- el diagnóstico tiene como fin el análisis y la interpretación de las actuaciones productivas en el humedal objeto de estudio;
- la recolección de datos se realiza consultando bases bibliográficas y a través de visitas de campo que permiten recoger información de la comunidad mediante la aplicación de un cuestionario (Hernández, Fernández, & Baptista, 2003);
- el trabajo de campo permite identificar factores y variables que permiten describir el estado puntual del humedal, su ubicación geográfica; su caracterización física, biótica, económica, administrativa y socio cultural; el registro fotográfico; y la elaboración de mapas; y
- el enfoque metodológico de análisis multivariantes (Marull, 2005), útil para evaluar la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos frente a la presión de la actividad humana.

La perspectiva metodológica empleada está relacionada con la investigación educativa de enfoque mixto, de carácter descriptivo e interpretativo –con énfasis en lo ambiental–, en la cual se indagan y detallan las variables definidas, aportando las nociones de integralidad, confrontando la teoría con la práctica, sensibilizando para la comprensión, el análisis y la adaptación a las situaciones ambientales.

A. Sistema de la de la técnica de la lógica difusa en la comprensión de la problemática ambiental del humedal Cauquita.

Un sistema basado en técnicas de lógica difusa procesa información utilizando la experiencia y una base de conocimientos –sustentada en datos numéricos y reglas–, para resolver problemas específicos (Zadeh, 2008; Zúñiga, 2013). El sistema se puede presentar de acuerdo con los componentes de la estructura de la lógica difusa presentes en la Figura 1, que corresponden a la representación básica del procesamiento de información en un sistema de lógica difusa aplicado a resolver problemas específicos aplicados a la educación para la comprensión de problemas ambientales, los cuales se describen a continuación.

Figura 1. Estructura del sistema de lógica difusa



Entrada de Datos

Se definen las variables lingüísticas difusas de entrada que no son números limitados a un rango específico sino palabras; por ejemplo, la variable lingüística «biodiversidad» puede tener un conjunto de términos o valores asociados que podría ser: muy alta, alta, media, baja y muy baja.

Etapas de difusión

A cada variable de entrada numérica se le asigna un grado de pertenencia a cada uno de los conjuntos difusos que se ha considerado, mediante las funciones características asociadas a estos conjuntos difusos, los cuales se procesan en una interfaz de difusión, aplicando los factores de escala correspondientes a su recorrido universal, por lo que para cada entrada real se pueden obtener diversos valores difusos, dependiendo de la cantidad y el tipo de conjuntos de entrada que existan. Las variables de salida son grados de pertenencia a los conjuntos difusos considerados, pero pueden convertirse en una variable de entrada; asimismo, los sistemas basados en lógica difusa pueden incluir también relaciones jerárquicas entre las reglas.

Mecanismos de inferencia

Las entradas y salidas de este bloque son conjuntos difusos (grados de pertenencia), asociados a la variable de salida que representa las reglas que definen el sistema. Estas conforman el sistema de base de conocimientos que se integra al sistema de control, que se diferencia de los programas convencionales por la separación explícita entre

conocimiento y control. Las reglas pueden exhibir diferentes propiedades:

- un conjunto de reglas es completo si cualquier combinación de las variables de entrada tiene una regla asociada;
- un conjunto de reglas es consistente si no contiene contradicciones, es inconsistente si contiene al menos dos reglas con las mismas premisas y diferentes consecuentes; y
- los conjuntos difusos resultantes de reglas vecinas deben mostrar una intersección no nula, es decir una consistencia a la continuidad.

Las reglas son evaluadas en paralelo usando un razonamiento difuso, su resultado puede ser combinadas o defusificadas.

Interfaz de des-difusión (desdifusor-defusificación)

Se refiere al bloque en el cual, a partir del conjunto de valores difusos obtenido en el mecanismo de inferencia y mediante los métodos matemáticos de desdifusión, se obtiene un valor concreto de la variable de salida, es decir, el resultado, que es un valor numérico no difuso y, por lo tanto, la salida del proceso, que también es un número real, expresada mediante un escalar que actúa como solución o mejoramiento en el sistema.

En aplicaciones de control por sistemas expertos las reglas presentan una disparidad de consecuentes, por lo que se requieren algoritmos de des-difusión que contribuyan a fijar el valor de una misma variable, de manera simple, como la fijación de umbrales de certidumbre. Según Driankov, Hellendorn, y Rainfrank (1993), y Mendel (1995) existen implicaciones en lógica difusa que no cumplen con las propiedades de la lógica tradicional, pero sí preservan la relación de causalidad, las cuales han tomado el nombre de sus proponentes, como la implicación Estocásticas de Lucasiewicz o de Zadeh o Gödel o Sharp, etc.

B. Metodología de lógica difusa a partir de encuestas y observaciones de campo

La técnica de la lógica difusa permite una aproximación al ejercicio de comprender y predecir comportamientos de acuerdo con la combinación de diferentes variables de estudio, para establecer modelos, abstracciones o representaciones de lo real, sobre el estado ecológico, la sustentabilidad y la dinámica territorial de un humedal,

sincretizando áreas o componentes en dos o más dimensiones, respectivamente, y aplicando funciones aproximadas del comportamiento de las propiedades que se quieren estudiar y que desempeñan un rol clave en el proceso descriptivo del humedal.

A partir de las encuestas realizadas con estudiantes y el conversatorio con las personas de la comunidad, se obtiene la información pertinente para aplicar la técnica de lógica difusa. El análisis de los resultados obtenidos a partir de la información recolectada contribuye a la concienciación y el interés sobre la problemática ambiental, así como la predisposición existente a cambiar actitudes por otras más pertinentes.

Para la selección del humedal se tuvo en cuenta los siguientes criterios: su reciente formación –diciembre de 2010–, la facilidad de seguimiento cronológico hasta el presente (2011-2013), el acceso al público, su cercanía con los poblados y la carretera, la disponibilidad permanente de flujo hídrico y contacto del humedal con el río en su entrada y salida; y la facilidad para la recolección de información.

La Figura 2 corresponde a un recorrido por la madreveja de Cauquita. Al Sur, cerca de Robles, se aprecia el humedal Guinea; en la mitad, el meandro del humedal Cauquita antes (noviembre de 2010), hoy el río corta y cruza, de la estación 500 a la 533; al Norte, el humedal Guarinó (González 2011).

Figura 2. Madreveja Cauquita (González 2011)

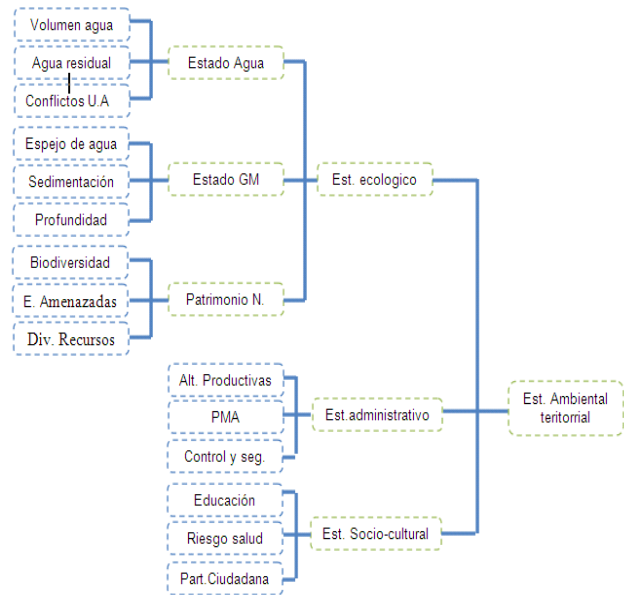


IV. RESULTADOS

Se desarrolló una estructura teórico práctica bajo un sistema jerárquico que define el estado ambiental territorial; por tal motivo se aplicaron diferentes niveles de comprensión que se fueron integrando en procesos de

cascada para evaluar las distintas variables de referencia, como se aprecia en la Figura 3.

Figura 3. Estructura jerárquica del estado ambiental y territorial en el humedal Cauquita



A. Rangos establecidos para las funciones de pertenencia

Se definieron los rangos y las etiquetas lingüísticas de cada una de las variables de entrada y de la variable de salida de cada sistema jerárquico, para cada uno de los factores definidos y su posterior interpretación sistémica, para la comprensión de la sustentabilidad en el humedal. Las funciones de pertenencia relacionadas con las variables de salida anteriores ahora son transformadas en variables de entradas: estado ecológico, estado administrativo y estado sociocultural, para interpretar el estado ambiental y territorial del humedal. (Ver Figura 4 y Tablas 1 a 6).

Figura 4. Procesamiento de datos con respecto al estado ambiental y territorial relacionado con el humedal Cauquita



Tabla 1. Estado ecológico

Mínimo	0
Máximo	100
Rango Bajo	10
Rango medio	50
Rango alto	100

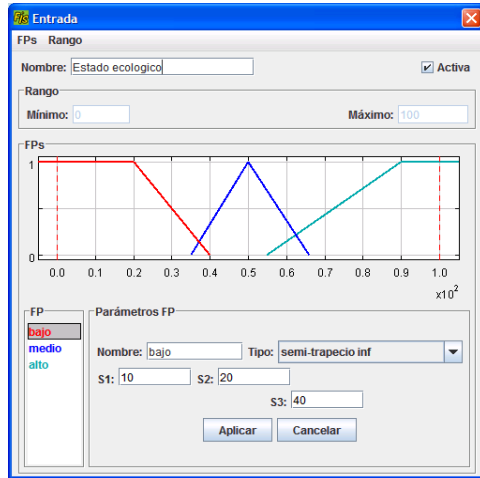


Tabla 3. Estado sociocultural

Mínimo	0
Máximo	100
Rango Bajo	10
Rango medio	50
Rango alto	100

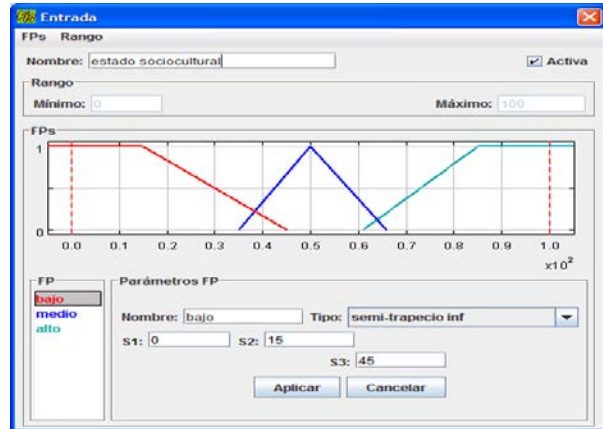


Tabla 2. Estado administrativo

Mínimo	0
Máximo	100
Rango Bajo	10
Rango medio	55
Rango alto	100

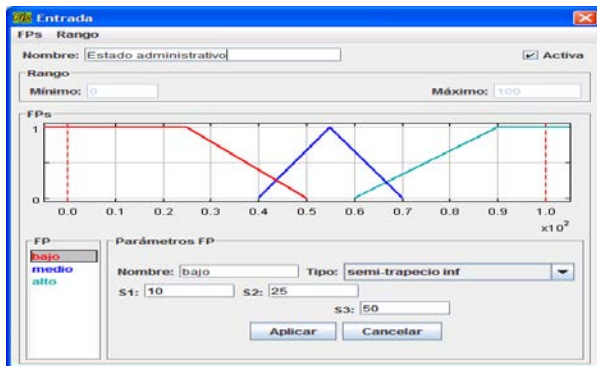


Tabla 4. Interpretación del estado ambiental territorial

Mínimo	0
Máximo	100
Rango Bajo	10
Rango medio	59
Rango alto	100

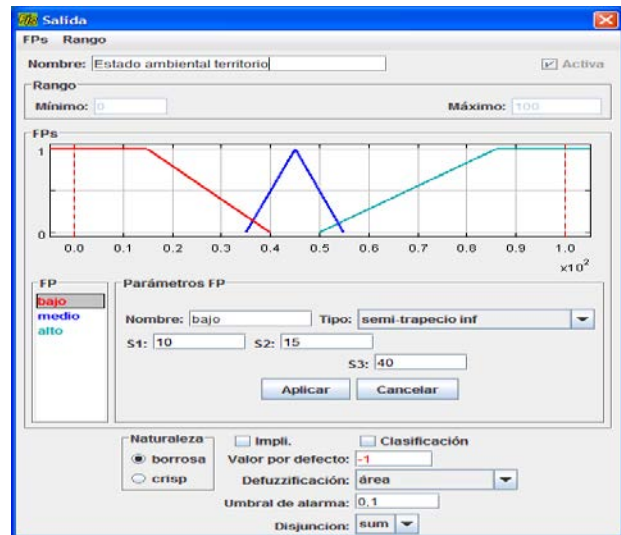
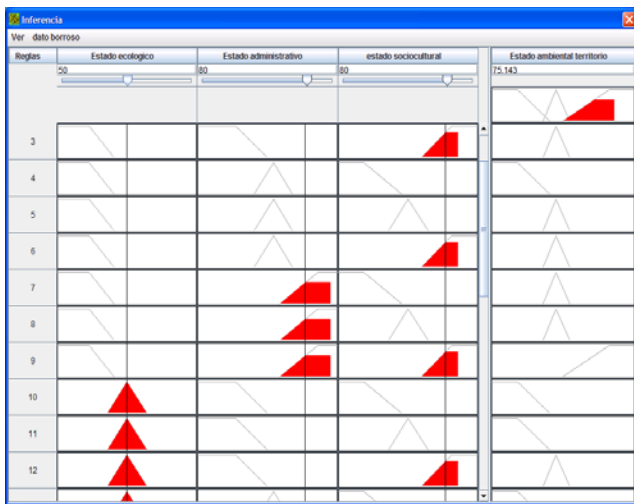


Tabla 5. Reglas para la interpretación del estado ambiental territorial

Regla	Activa	Si estado ecologico	Y Estado administrativo	Y estado sociocultural	ENTONCES Estado am.
1	<input checked="" type="checkbox"/>	bajo	bajo	bajo	bajo
2	<input checked="" type="checkbox"/>	bajo	bajo	medio	bajo
3	<input checked="" type="checkbox"/>	bajo	bajo	alto	medio
4	<input checked="" type="checkbox"/>	bajo	medio	bajo	bajo
5	<input checked="" type="checkbox"/>	bajo	medio	medio	medio
6	<input checked="" type="checkbox"/>	bajo	medio	alto	medio
7	<input checked="" type="checkbox"/>	bajo	alto	bajo	medio
8	<input checked="" type="checkbox"/>	bajo	alto	medio	medio
9	<input checked="" type="checkbox"/>	bajo	alto	alto	alto
10	<input checked="" type="checkbox"/>	medio	bajo	bajo	bajo
11	<input checked="" type="checkbox"/>	medio	bajo	medio	bajo
12	<input checked="" type="checkbox"/>	medio	bajo	alto	medio
13	<input checked="" type="checkbox"/>	medio	medio	bajo	bajo
14	<input checked="" type="checkbox"/>	medio	medio	medio	medio
15	<input checked="" type="checkbox"/>	medio	medio	alto	medio
16	<input checked="" type="checkbox"/>	medio	alto	bajo	medio
17	<input checked="" type="checkbox"/>	medio	alto	medio	medio
18	<input checked="" type="checkbox"/>	medio	alto	alto	alto
19	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	bajo	bajo	bajo
20	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	bajo	medio	bajo
21	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	bajo	alto	medio
22	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	medio	bajo	medio
23	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	medio	medio	medio
24	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	medio	alto	alto
25	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	alto	bajo	medio
26	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	alto	medio	medio
27	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	alto	alto	alto

Tabla 6. Inferencias para la interpretación del estado ambiental territorial



Las premisas para las inferencias que permiten la comparación entre las variables son: a mayor eficiencia del estado administrativo, mejor es el estado ambiental y territorial en el humedal; a mejor estado sociocultural, más cuidado y preservación sobre el estado ecológico.

B. Interpretación y soluciones para el estado del ambiente y el territorio

El relleno por rípio de minería, la expansión agropecuaria y la apropiación de terrenos sobre el canal de entrada son factores determinantes en el estado territorial y ambiental en el humedal, el cual se caracteriza por presentar los siguientes aspectos:

- poco interés por la preservación del patrimonio

natural y los servicios ambientales del humedal;

- mantenimiento de tradiciones políticas y administrativas de tipo centralista, con debilidad y aislamiento institucionalidad;
- tendencia al particularismo empresarial, con condiciones de trabajo precarias y convenciones arbitrarias; y
- comunidad con escaso *asociacionismo* y tradición de participación en las decisiones y en los procesos de producción sobre los humedales, en cuyas organizaciones predominan las estructuras tradicionales.

Es importante resaltar el carácter predictivo de las técnicas de lógica difusa, al valorar las variables de presión y de estado ambiental, además de las medidas de gestión sustentables en el humedal Cauquita; con base técnicas de lógica difusa se identifica la principal actividad productiva que está afectando o ejerciendo presión sobre los humedales, como es el caso de la agricultura expansiva cañera, seguida de la ganadería y la minería, actividades que han supuesto la mayor y más rápida transformación de los espacios y la homogenización de los suelos, creando graves problemas para la gestión en pro de la conservación del humedal y una pérdida de valores tradicionales y culturales, a cambio de un rápido crecimiento económico no sostenible.

El uso de este tipo de técnicas puede promover el liderazgo y la motivación hacia didácticas de la complejidad, valorando los impactos en el proceso de aprendizaje y las formas de gestionar estrategias participativas para comprender la complejidad ambiental. Tanto la técnica de escenarios comparados (González, 2011; 2012), como la de lógica difusa, desde la perspectiva de la investigación educativa, son recursos importantes para comprender la problemática ambiental y poder intervenir en la formulación de políticas públicas ambientales que contribuyan a la transformación de prácticas y relaciones con las formaciones ecológicas y garanticen procesos de sustentabilidad ecológica.

V. CONCLUSIONES

Como se indicó, las principales actividades que ejercen presión sobre la madreveja Cauquita son la agricultura intensiva, la ganadería y la minería, las cuales han supuesto la mayor y más rápida transformación y homogenización de los espacios.

El análisis de los componentes principales sobre los indicadores en las madrevejas hace referencia a la reducción del flujo hídrico, la reducción del espejo de agua y la pérdida de la biodiversidad. La acelerada expansión del buchón de agua y la eutrofización de la superficie acuática –por efecto de la hipersedimentación– han reducido el espejo de agua que es ocupado por otras especies que por sucesión ecológica estructuran el rastrojo alto.

Se identifica cuáles son los impactos con mayor afectación al contrastar las distintas actividades productivas que se presentan sobre el humedal y el análisis de los componentes principales sobre los indicadores –de presión o estado– en las madrevejas. Entre los indicadores más útiles establecidos que conforman el índice de integración ecológica están: superficie de cultivo; superficie ganadera; biodiversidad paisajística; espejo de agua; flujos hídricos de contacto con el río; número de familias arbóreas; y números de especies. Con base en estos indicadores se establece un índice didáctico de integridad ecológica que califica el estado ecológico del humedal.

En el humedal se ha venido reduciendo la biodiversidad y la pérdida del valor tradicional en especies de peces nativos como el *bocachico*, que era la más abundantes de la pesca; y se limita a la obtención de recursos de sustento, en especial de *tilapia*, que es la especie dominante.

Con base en la técnica de lógica difusa, el índice de integridad ecológica califica al humedal en un estado ecológico deficiente, en proceso de eutrofización y de colmatación, debido a la actividad agrícola y ganadera. Las actividades agrícola y ganadera influyen sobre la integridad ecológica y su efecto será de mayor intensidad a mediano plazo, si no se toman las medidas pertinentes para evitar su colmatación.

Lo dicho está creando problemas de gestión para las instituciones responsables de la administración de este ecosistema, en especial por la falta de control, seguimiento y manejo de las autoridades competentes, que no aplican los planes de manejo ambiental, las cuales pueden llegar a proyectar importantes obras de transformación, trabajando con herramientas y metodologías de gestión y educación para la sustentabilidad del humedal, que podrían ser replicadas al resto de los humedales.

La percepción aceptable por parte de los grupos que diferencian significativamente la importancia de la técnica de lógica difusa, como herramienta estratégica en la

comprensión de los problemas ambientales relacionados con las madrevejas, desde la perspectiva educativa, permite la construcción de didácticas de la complejidad. Confirmado a partir de los indicadores relacionados con el impacto positivo en el proceso del cambio conceptual, la transformación de sus ideas, la aceptación técnica de los estudiantes y la motivación hacia otras formas de participación.

VI. REFERENCIAS

- Driankov, D., Hellendorn, H. & Rainfrank, M. (1993). *An introduction to fuzzy control*. Berlín: Springer-Verlag.
- González, L. & Espinosa, M. (2013). *Método de lógica difusa aplicado a la educación. Caso sobre la comprensión de la situación ambiental del humedal Cauquita Jamundí Valle del Cauca Colombia, (2012-2013)* [tesis]. Universidad Santiago de Cali: Colombia
- González, L. (2006). *Pedagogía y estrategias de educación ambiental*. Cali, Colombia: Poemia.
- González, L. (2011). *Valoración de la técnica educativa de escenarios comparados para la comprensión de la situación ambiental de los humedales Guarino, Guinea, Cauquita y Carabalo. Jamundí Valle del Cauca Colombia* [tesis]. Universidad Santiago de Cali: Colombia.
- González, L. (2012). *Valoración de la técnica educativa de escenarios comparados para la comprensión de la situación ambiental de los humedales en el Valle del Cauca Colombia, (2008-2011)* [tesis]. Universidad Autónoma de Madrid: España.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2003). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill.
- Marull, J. (2005). Metodologías paramétricas para la evaluación ambiental estratégica. ecosistemas. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 14(2), 97-108. España.
- Mendel, J. M. (1995). Fuzzy logic systems for engineering: A tutorial. *Proceedings of the IEEE*, 83, 345-377.
- RAMSAR (2000). Establecimiento y fortalecimiento de la participación de las comunidades locales y de los pueblos indígenas en el manejo de los humedales. *Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales n° 5*. Gland, Suiza: Ramsar.
- Restrepo, C. & Naranjo, L. (1987). Recuento histórico de la disminución de humedales y la desaparición de aves acuáticas en el valle geográfico del río cauca. En *Memorias III Congreso de Ornitología Neotropical*, (pp.43-45).
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2005). *Resolution 57/254. United Nations Decade of Education for Sustainable Development* [Report of the Second Committee, A/57/532/Add.1]. Recuperado de <http://www.un-documents.net/a57r254.htm>
- Zadeh, L. (2008). Is there a need for fuzzy logic? *Information Sciences*, 178, 2751–2779.
- Zúñiga, O. (2013). *Lógica Difusa. Módulos I, II, III*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.

CURRÍCULOS

Luis Antonio González. Licenciado en Biología y Química de la Universidad Santiago de Cali (1983) y Magíster en Conservación y Gestión del Medio Natural y Desarrollo Sostenible, de la Universidad Internacional de Andalucía, España (2000).

Marisol Espinoza. Magister en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible (2013).