

## **SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL EN LA CIÉNAGA SANTA ISABEL - CUENCA DEL RÍO CESAR. COLOMBIA.**

Kaleb Villalobos Brochell<sup>1</sup>.  
Centro Panamericano de estudios superiores. Cepes-México  
kalevilla76@gmail.com  
Luis Antonio González<sup>2</sup>.  
Centro Panamericano de estudios superiores. Cepes-México  
lage49@yahoo.es

### **Resumen**

Ésta investigación va acorde con las políticas ambientales de Colombia. Con la novedad de poder valorar a través de un índice de integridad económica y social la importancia de las ciénagas en el proceso de sustentabilidad de las comunidades asentadas que en ellas encuentran su sustento, como también, 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 de la ciénaga Santa Isabel, las cuales están desapareciendo por la explotación inadecuada y apropiación indebida de los territorios.

Además, integra la generación de oportunidades educativas y productivas para las personas del sector rural o de las ciudades afectadas por el conflicto armado o en posconflicto que deseen instalarse en el campo para fortalecer sus recursos económicos.

**Palabras claves:** Índice. Territorio. Cultura, Sustentabilidad, Posconflicto

---

<sup>1</sup> Formación académica: Ingeniero industrial con magister en Gestión Ambiental y Candidato a doctor en Formulación de proyectos ambientales.

Actividad laboral: Director CORPOCESAR – Colombia.

<sup>2</sup> Formación académica: Magister en gestión del espacio natural y desarrollo sostenible UNIARA.

Actividad laboral: Profesor Universidad Santiago de Cali y UniValle IEP. Colombia

## **Summary**

This research is in accordance with the environmental policies of Colombia. With the novelty of being able to value through an index of economic and social integrity the importance of the swamps in the process of sustainability of the settled communities that find their sustenance in them, as well as, to value the importance of the application of the technique of diffuse logic (TLD) in the identification of the factors that favor the understanding of the environmental situation of the Santa Isabel swamp, which are disappearing due to the inadequate exploitation and misappropriation of the territories.

It also integrates the generation of educational and productive opportunities for people in the rural sector or in cities affected by armed conflict or in post-conflict who wish to settle in the countryside to strengthen their economic resources.

**Keywords:** Index – Territory – Culture – Sustainability - Post-Conflict

## Introducción

Durante el desarrollo histórico del hombre, los humedales y en especial las ciénagas, como 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, 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 de la ciénaga santa Isabel, y en el marco de la política ambiental, propone una aproximación socioecosistémica, para la comprensión de la gestión ambiental en los humedales abordando los siguientes propósitos: describir las perturbaciones que afectan el estado de la calidad ambiental en el humedal, 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, para caracterizar el estado del humedal y comprender las políticas, los planes y los programas que se llevan a cabo en su gestión.

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.

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 Ciénaga Santa Isabel, se encuentra, ubicada entre el valle del Río Cesar y al pie de la Serranía del Perijá en el Municipio de Curumaní en el sur del departamento del Cesar. Este espejo de agua cuenta hoy con aproximadamente 26 hectáreas en contraste con las 50 hectáreas de años atrás. La Ciénaga y la región han sido históricamente afectadas por el conflicto armado y en ella se han realizado actividades extractivas que poco a poco han generado procesos críticos de detrimento ambiental.

La Ciénaga Santa Isabel es reconocida por su ubicación estratégica como uno de los corredores viales principales de la región (carretera comunica la ciudad capital Valledupar, con el centro y sur del departamento. También se conoce este humedal por las constantes alertas que líderes comunitarios de la región hacen en medios de comunicación locales, regionales y nacionales, por la eutrofización y la colmatación generada por toda la sedimentación que trae el Río Anime, y la desviación de su principal fuente de agua el Río Simití para monocultivos de palma o arroz. Con base en su problemática se plantea:

¿Cómo aportar en la evaluación de la sustentabilidad ambiental para el desarrollo de actividades productivas sustentables que mejoren las condiciones de vida de los pobladores en el marco de implementación del postconflicto en el humedal de la Ciénaga de Santa Isabel en el Departamento del Cesar, Colombia desde la aplicación técnica de la lógica difusa?

## 1 Aspectos generales

### CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA CIENAGA DE SANTA ISABEL, MUNICIPIO DE CURUMANÍ, DEPARTAMENTO DEL CESAR



### Ubicación geográfica de la ciénaga de Santa Isabel.

“Santa Isabel y su ciénaga, se encuentran ubicadas 20 km al norte de la cabecera municipal del municipio de Curumaní en la carretera que de Valledupar conduce a Bucaramanga y en el pie de monte de la cordillera del Perijá. La ciénaga de Santa Isabel ocupa un área de 2.0 Km<sup>2</sup>, aproximadamente 200 has y alberga un volumen de por lo menos 4.0 millones de m<sup>3</sup> de agua, con un perímetro de 2.500 metros.

Foto de la ciénaga Santa Isabel con coordenadas geográficas. Mapa1

Mapa 1 Caracterización ambiental de la ciénaga Santa Isabel

**Planta acuática el repollito del agua o lechuga de agua (*Pistia stratiotes-Araceae*)** la más dominante del humedal que equivocadamente la llaman Taruya en la ciénaga. Es una especie originaria del África y da aquí introducida en los ecosistemas de agua dulce. La planta flota en la superficie del agua con sus raíces que cuelgan sumergidas, es perenne monocotiledónea con las hojas forman una roseta y gruesas. Las hojas con las nervaduras onduladas, se cubren con pelos cortos que forman como la estructura de una cesta que atrapan burbujas de aire, aumentando la flotabilidad de la planta. La planta puede también realizar un tipo de reproducción asexual, conectadas por un estolón corto, formando densas esteras que cubren las superficies de charcas y de ríos de caudal lento. Grandes extensiones de *Pistia* le da el potencial de reducir la biodiversidad en los humedales, evita el paso del

oxígeno del aire al agua, esta falta de oxigenación del agua mata a los peces, también bloquean a las plantas sumergidas nativas alterando la distribución y desarrollo de las comunidades de plantas acuáticas autóctonas. **Martin Galvis (Cassia reticulata) Cesalpinaeae.** Árbol de copa ancha y flores casioideas o sea que casi no se abren completamente en estróbilos amarillos. Es el arbusto más dominante crecen rápidamente. Son empleados como sombríos en los cafetales.

### Imagen 1 Ciénaga Santa Isabel con coordenadas geográficas



Fuente: Fotos tomadas por el grupo de investigación

Entrada arroyo Agua Fría (Cerro Azul) hacia la ciénaga (09° 20' 32,92" w: 73° 28' 59,68"). Análisis físico químico del recurso hídrico: Ph (7,81); OD (3,62 mg/lit); Temp (21,4 °C); caudal (44,33lt/s) % Sat 48,9. Centro de la ciénaga (09° 20' 50,49" w: 73° 29' 04,36") Ph (6,41); OD (6,67 mg/lit); Temp (28,7 °C).

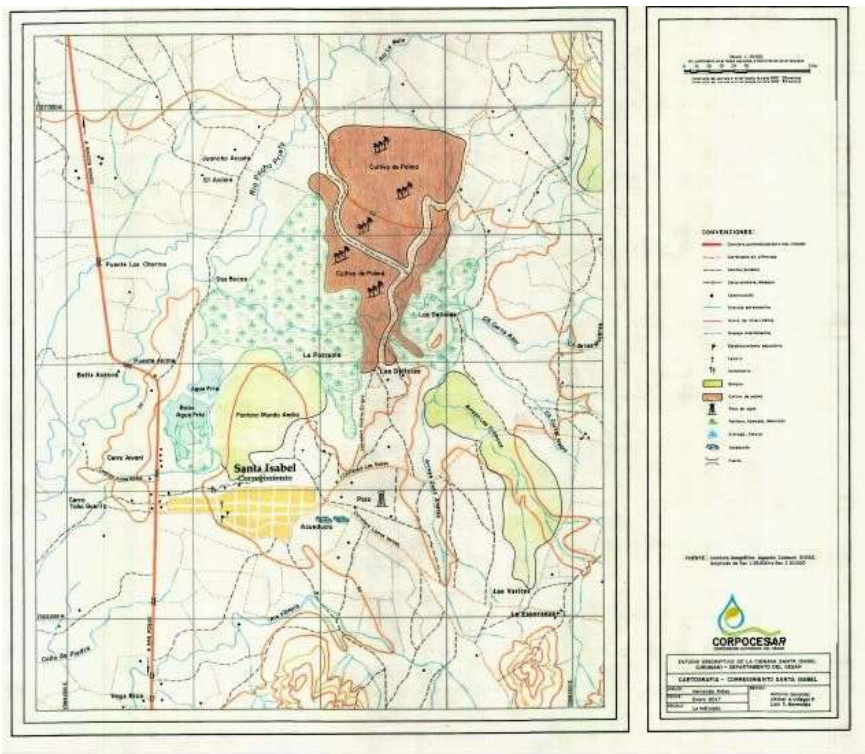
### 1.1 Geomorfología Suelos Y Aguas

Factores que afectan el estado de la ciénaga:

- La tala de la vegetación y las quemadas como efecto de la colonización.
- La expansión antitécnica agropecuaria y mal uso del agua.
- La imprevisión estatal en la construcción de obras.
- La eutrofización y colmatación de la ciénaga.
- Introducción de especies no apropiadas para el área.
- Falta de una infraestructura para el manejo de aguas residuales.
- Desecamiento de las quebradas y pérdida de los caudales.

Ver mapa 2

**Mapa 2 Geomorfología Suelos Y Aguas**



**Imagen 2 Vegetación Relacionada con la Ciénega Santa Isabel**



Fuente: Fotos tomadas por el grupo de investigación

## 1.2 Vegetación Relacionada con la Ciénaga Santa Isabel.

En el borde de la ciénaga por entre quebradas (7 fuentes hídricas), se contaron: 5 Caracolíes, 7 Yarumos, 6 Higuerones, 3 Algarrobos, 2 Cedros, 9 Ceibas, 2 Cañaguates, 2 Vara Santa, entre otros.

### Imagen 3 2\_Vegetación Relacionada con la Ciénaga Santa Isabel



Fuente: Fotos tomadas por el grupo de investigación

**Piñón de oreja orejero. *Enterolobium cyclocarpum*. Mimosaceae.** Árbol que alcanza 30 metros de altura. Por dos metros de diámetro. La madera es blanda pero se va endureciendo a medida que se seca, por eso es utilizada para hacer canoas, bongos y canaletes. Importante como especie forestal para la reforestación.

**Algarrobo (*Hymenaea courbaril* Fabaceae- Caesalpiniaceae (Leguminosae)** conocido como algarrobo, guapinol entre otros. Árbol forestal que produce vainas anchas y muy duras conteniendo una pulpa de un olor penetrante pero comestible que contienen un alto contenido de fibra rica en sustancias antioxidantes y con alta capacidad de absorción de agua. Las semillas con propiedades antibacteriales, antimicóticas y antiparasitarias.

**Gusanero (Anacardeceae).** En su corteza hay huellas como de gusanos pequeños, se adapta a terrenos secos, excelente madera, dura y resistente, crece muy rápido, sus hojas y la corteza son astringentes y pectorales, usadas para la bronquitis, úlceras y curar heridas, la madera para la ebanistería polines y postes, es muy importante para la repoblación forestal

**Bejuquillo del Diablo (*Sarcostema glaucum*-Asclepiadaceae). Leguminosa. Abre caminos (*Cliptorea* sp Papilionaceae).** Planta importante en la recuperación de suelos pobres y el refugio y alimentación de gran número de invertebrados ocupando los espacios que han sido degradados.

**El cordoncillo. (*Piper angustifolium* Piperaceae),** especie de importancia ecológica y cultural.

**Uchuva o Farolitos (*Physis peruviana* (familia de las solanáceas).** Es un arbusto medicinal y alimenticio, si se cultiva, se estaca y se poda llegando a los dos metros de altura.

**Especies De Árboles Observadas En Periferia A La Ciénaga:** Nacedero, Cargadero, Balso, Sangregado, Cauchillo, Chocho, Aguacatillo, Mortiño Blanco, Moquito, Cedro Negro, Carbonero, Guamo, Arrayán, Otobero, Lechoso, Caucho, Higuerón, Yurumo, Cordoncillo, Guácimo, Balso Blanco, Nogal

**Lista de especies herbáceas observadas en la ciénaga:** Bledo, Cadillo, Bencenuco, Cola de ratón, quiche, melenas, Desbaratabalile, Cortadera, Altamisa, Campanitas Batatillas, Lechero, Higuerillo, Caña brava, Pará, pasto braquiaria, Pasto de guinea, Pasto pate gallina, Pata de gallo, Cordón de fraile, Malva resucitado, Escobadura, Malva resucitado, Dormidera, Platanillo, Veranera, Granadilla de monte, Palmicha, Cargamanta, Cordoncillo, Barbasco, Yerba de anís, escobilla, Tetilla, Yerbamora, Huevos, Pringamoza, Venturosa.

**Árboles frutales que pueden emplearse en áreas de recuperación que han sido degradadas:** Aguacate. Plátanos, Banano, Pigmeo, Jobo hobo, Mango, Chirimoya, Guanábana, Anón, Anón, Guanábana, Papaya, Ramonchi, Mamey, Cacao, Pomarrosa de agua, Guayaba, Guayaba agria, Carambolo, Níspero del Japón, Sapote, Sapote, Guamo, Brevo, Naranjos, Árbol de pan, Jaca.

### **Especies de fauna asociadas a la ciénaga**

**Oso Hormiguero (Oso melero) Tamandúa tetradáctila muerto en carretera** familia de los Mirmecofagide en sus miembros anteriores tiene garras fuertes, lengua larga delgada y de gran movilidad, se alimenta de insectos y termitas, cuyos termiteros pueden alcanzar hasta dos metros de altura. El ave **Caracara (Poliborus plancus Polyboninae)** Son muy fáciles de encontrar carroñando en los valles o en carretera consumiendo animales muertos como en este caso una serpiente del humedal, debido a la falta de capturar pequeños mamíferos y reptiles.

**La mariposa Mechanitis polymnia lthominaea** bioindicadora de hábitat de refugios cuaternarios se posa y liba sobre cola de gato o rabo de mico que es un Heliotropium, planta medicinal por la propiedad que tienen sus alcaloides, la pirrolizidina lindelofidina, retronecina, supinidina y tachelantamidina. **Mariposa ojo de búho.** Mecanismo de defensa para asustar los pájaros. Es del genero Caligo y es plaga de la caña de azúcar. **Mariposa de la corteza (Hamadryas sp Nymphalidae).** Mariposa reina y mariposa heliconide.

### **1.3 Sistemas de producción en la ciénaga.**

La Institución educativa de Santa Isabel es un observatorio ambiental allí concurren todos los representantes de la comunidad para la participación de los talleres comunitarios. Es relevante considerar que Santa Isabel sería el primer corregimiento de Colombia que contaría con un observatorio ambiental sobre el humedal y con una política ambiental y de educación ambiental.



#### Imagen 4 Especies de fauna asociadas a la ciénaga



Fuente: Fotos tomadas por el grupo de investigación

La política ambiental del corregimiento de Santa Isabel tiene como objetivo central alcanzar un alto grado de responsabilidad en el proceso de mejoramiento de las condiciones ambientales, para iniciar procesos de sustentabilidad, el adecuado saneamiento, una educación integral y pertinente, para que cumplan con los principios de la gestión territorial, aplicando las disposiciones legales para regular y prevenir las acciones que deterioran su ambiente y que puedan garantizando el bienestar social promoviendo valores humanos, éticos y ambientales.

También se pretende alcanzar un alto grado de interculturalidad promovida desde la escuela y los líderes comunales, para que fortalezcan el dialogo de saberes, tomando como recurso la ciencia y la tecnología, para construir sus proyectos de vida enfocados a la conservación de sus quebradas, la reducción de la contaminación, la conservación y la recuperación del espejo de agua de su ciénaga y la consecución de la sustentabilidad económica

#### 1.4 Aves observadas en la ciénaga

Entre las aves observadas en la ciénaga se pudo avistar el Gavilán caminero, Gavilán Pollero, Gallinazo común, Torcaza morada, Naguiblanca, Torcaza común, Pava, Garrapatero común, Golondrina tijereta, Chamón común, Arrendajo común, Turpial cabeciamarillo, Periquitos de anteojos, Tangara, Asoma terciopelo, Azulejo barranquera, Colibrí pechinegro. Cucarachero, Mirla negra.

En la actualidad los usos de la tierra en el corregimiento de Santa Isabel se dan de una manera muy artesanal e incipiente como la cría de animales domésticos como los chivos, puercos y aves de corral y cultivos de subsistencia, y hasta hace 2 décadas la pesca era la principal fuente de alimentación y de ingresos. Con el ánimo de poner en auge el territorio se propone empresarizar los productos de

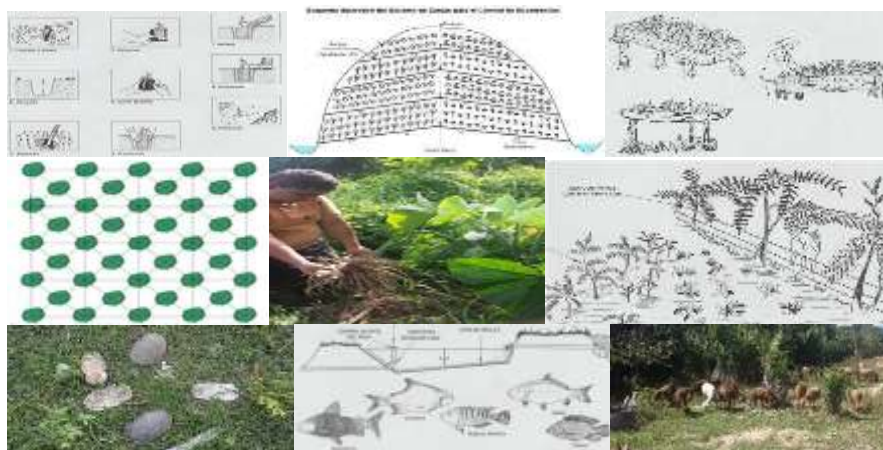
herencia cultural para su bienestar. Las forrajeras sembradas en escalones, son una alternativa para la alimentación de los animales en todo el año (nacedero, matarratón, alfalfa, maíz, etc.). Esquema del sistema de Zanjas para el control de escorrentía y plantación triangular para frutales, maderables y mientras se unen las copas se siembran plantas de pancoger a manera de arreglos agroforestales. Además en la ciénaga pueden construirse estanques para tilapias, cachama y bocachico, etc. Otros sistemas que fueron identificados con la comunidad son arreglos de hortalizas mediante la siembra de ají y de zapallao, así como el plátano tecnificado. Los jardines y patios de las casas pueden ser empleadas para la siembra de plantas medicinales y otras hortalizas las cuales hacen parte de las huertas caseras.

#### Imagen 5 Corregimiento De Santa Isabel Del Municipio De Curumaní.



Fuente: Fotos Tomadas Por El Grupo De Investigación

#### Imagen 6 Usos De La Tierra En El Corregimiento Santa Isabel



Fuente: Fotos tomadas por el grupo de investigación



de aguas corrientes retroalimentador de la ciénaga, la Contaminación ambiental; la destrucción de los relictos selváticos y el poco aprovechamiento de los Servicios ambientales que ella ofrece, la inadecuada explotación de los Recursos Naturales, con la desaparición de las especies de importancia económica y ecológica; el bajo abastecimiento de agua potable en áreas marginadas, inadecuado manejo de aguas residuales que afectan la salud humana, la introducción de especies vegetales no aptas para estos terrenos de especial fragilidad y expuestos a la erosión, la falta de programas prevención y reducción del Riesgo ambiental que pueden generar dinámicas naturales como los incendios forestales, vendavales e inundaciones, lo cual se conjuga con la falta de una base de datos de información ambiental confiable y disponible en los centros de educación y medios de comunicación; la reducción y la falta de acciones de conservación de la biodiversidad, a nivel de especies y de ecosistemas, pero en especial los altos niveles de insalubridad y de los bajos niveles de empleo para los jóvenes.

### **Objetivo general**

Aplicar la técnica de lógica difusa que contribuyan a comprender la problemática ambiental e implementación de los acuerdos en el postconflicto en el humedal de la Ciénaga de Santa Isabel en el Departamento del Cesar-Colombia.

### **Objetivos específicos**

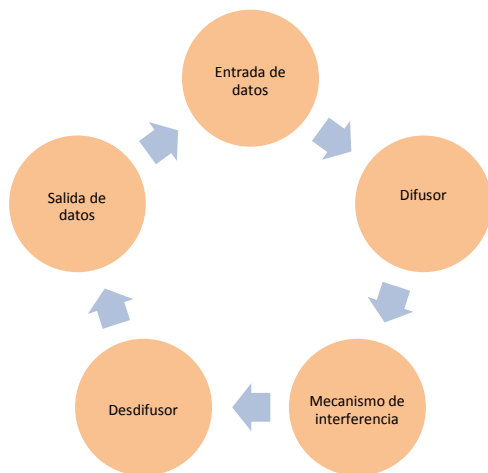
Establecer indicadores de sustentabilidad que puedan ser aplicados de manera integral a través de la lógica difusa.

- ✓ Analizar la participación comunitaria para la construcción conceptual del estado territorial en la ciénaga.
- ✓ Referenciar un marco legal relacionado para la sustentabilidad en el humedal objeto de estudio.

## **2 Metodología**

### **2.1 Sistema de la de la técnica de la lógica difusa en la comprensión de la problemática ambiental de la ciénaga Santa Isabel.**

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 2, 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**

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.

### **Etapa 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.
- 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.

## **2.2 Metodología de lógica difusa a partir de encuestas y observaciones de campo.**

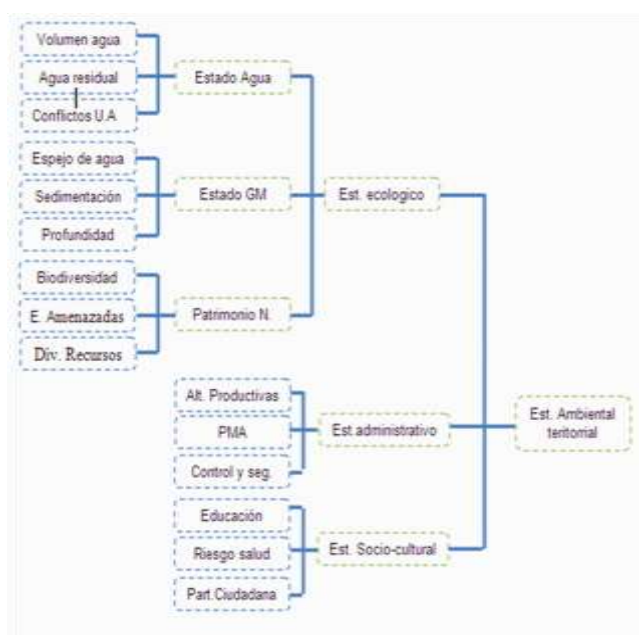
La técnica de la lógica difusa permite una aproximación al ejercicio de comprender y predecir comportamientos de acuerdo con la combinación de diferentes variables de estudio, para establecer modelos, abstracciones o representaciones de lo real, sobre el estado ecológico, la sustentabilidad y la dinámica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

## **3 Resultados y discusiones**

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 2 Estructura jerárquica del estado ambiental y territorial en el humedal**



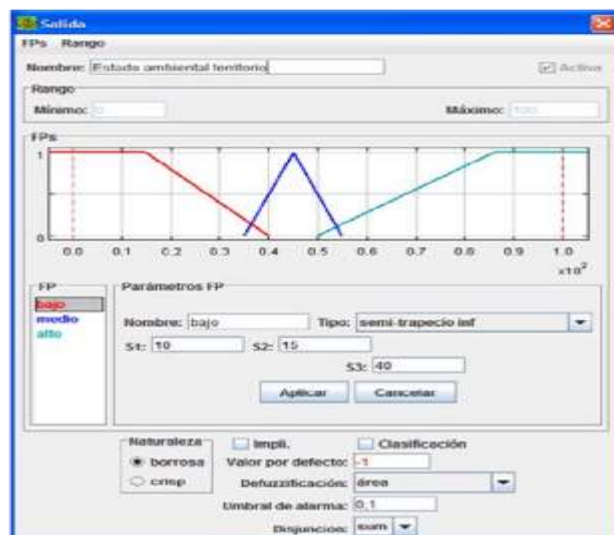
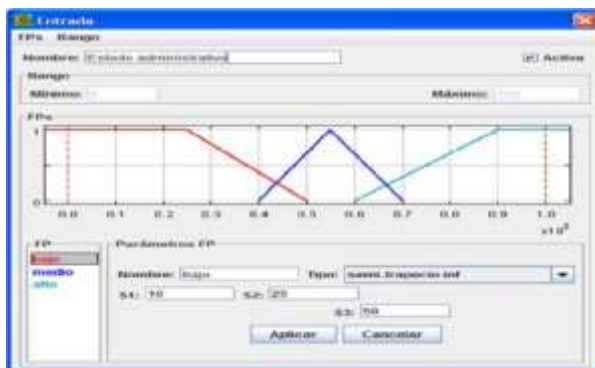
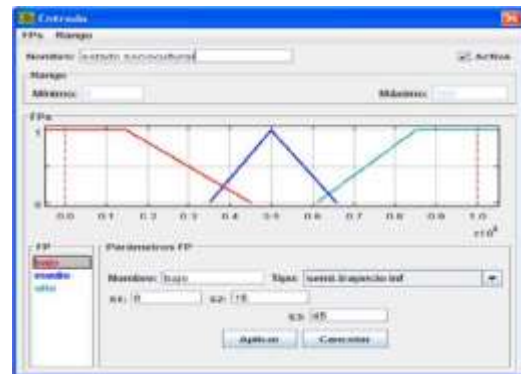
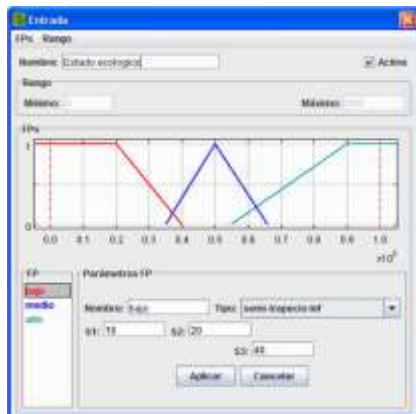
**A. Rangos establecidos para las funciones de pertenencia**

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 Y 2).

**Figura 3 Variable de entradas**



Figura 4 Procesamiento de datos con respecto al estado ambiental y territorial obtenido a partir del programa Fispro





**Tabla 1 Reglas para la interpretación del estado ambiental territorial obtenido a partir del programa Fispro**

Regla	Activa	Si Estado ecológico	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 2 Inferencias para la interpretación del estado ambiental territorial obtenido a partir del programa Fispro**

Reglas	Estado ecológico	Estado administrativo	estado sociocultural	Estado ambiental territorial
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

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.

## **Interpretación y soluciones para el estado del ambiente y el territorio**

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 húmeda; 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, seguida de la ganadería, 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.

## **4 Conclusiones y recomendaciones.**

Las principales actividades que ejercen presión sobre el humedal son la agricultura en especial el arroz en su pasado y la palma en el presente, las cuales han supuesto la mayor y más rápida transformación y homogenización de los espacios.

El análisis de los componentes principales sobre los indicadores hace referencia a la reducción del flujo hídrico, la reducción del espejo de agua y la pérdida de la biodiversidad. La acelerada expansión del repollito 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 la ciénaga.

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 abundante 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 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.

Los 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 es una prioridad en los procesos de sustentabilidad posacuerdo.

La aplicación de los planes de manejo ambiental, 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 del departamento.

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 la ciénaga.

## 5 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 nº 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.