

**APROXIMACIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL ECOSISTEMA  
LAGUNA DE LA MAGDALENA (PNN-PURACÉ) E IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES  
TENSORES RELEVANTES SOBRE SUS COMPONENTES E INTERRELACIONES**

**MARIO FERNANDO MONTEZUMA CHÁVES**



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACION  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
POPAYAN-CAUCA  
2010**

**APROXIMACIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL ECOSISTEMA  
LAGUNA DE LA MAGDALENA (PNN-PURACÉ) E IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES  
TENSORES RELEVANTES SOBRE SUS COMPONENTES E INTERRELACIONES**

**MARIO FERNANDO MONTEZUMA CHÁVES**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Biólogo

Director

**M. Sc. LUÍS GERMÁN GÓMEZ BERNAL**  
Profesor asociado a la Universidad del Cauca

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACION  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
POPAYAN-CAUCA  
2010**

NOTA DE ACEPTACION

---

---

---

---

---

LUIS GERMÁN GÓMEZ BERNAL  
DIRECTOR

---

DIEGO MACIAS PINTO  
JURADO

---

LEONIDAS ZAMBRANO POLANCO  
JURADO

FECHA DE SUTENTACION: 17/02/2010

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>5</b>
<b>4. MARCO TEÓRICO</b>	<b>6</b>
4.1 EL ECOSISTEMA	6
4.2 CARACTERÍSTICAS DEL ECOSISTEMA	8
4.3 LA GESTIÓN AMBIENTAL EN EL ECOSISTEMA	9
4.4 EL PAPEL DE LA INVESTIGACIÓN EN EL ESTUDIO DEL ECOSISTEMA	10
4.5 EL ENFOQUE ECOSISTÉMICO	11
4.6 HERRAMIENTAS BÁSICAS PARA LA INVESTIGACIÓN DEL ECOSISTEMA	13
4.6.1 LA CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL	13
4.6.2 LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL – E.I.A	13
4.6.3 METODOS BÁSICOS DE EVALUACIÓN AMBIENTAL	14
<b>5. ANTECEDENTES</b>	<b>15</b>
<b>6. ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>17</b>
6.1 EL PÁRAMO DE “LAS PAPAS” Y EL ECOSISTEMA “LAGUNA DE LA MAGDALENA”	29
6.2 CONTEXTO BIOFÍSICO	18
6.3 CONTEXTO SOCIOCULTURAL	19
<b>7. MÉTODOLOGÍA</b>	<b>21</b>

<b>7.1 CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL</b>	<b>22</b>
<b>7.1.1 COMPONENTE BIÓTICO</b>	<b>22</b>
<b>7.1.1.1 FAUNA</b>	<b>23</b>
<b>7.1.1.2 FLORA</b>	<b>25</b>
<b>7.1.2 COMPONENTE ABIÓTICO</b>	<b>25</b>
<b>7.1.3 COMPONENTE ANTRÓPICO</b>	<b>26</b>
<b>7.2 MODELACIÓN ECOLÓGICA DEL ECOSISTEMA</b>	<b>26</b>
<b>7.3 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>26</b>
<b>7.4 NIVEL DE VULNERABILIDAD DEL ECOSISTEMA</b>	<b>26</b>
<b>7.5 PAUTAS Y ESTRATEGIAS GENERALES DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL ECOSISTEMA LAGUNA DE LA MAGDALENA</b>	<b>26</b>
<b>8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>27</b>
<b>8.1 CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL ECOSISTEMA LAGUNA DE LA MAGDALENA</b>	<b>27</b>
<b>8.1.1 COMPONENTE BIÓTICO</b>	<b>27</b>
<b>8.1.1.1 FAUNA</b>	<b>27</b>
<b>8.1.1.2 FLORA</b>	<b>45</b>
<b>8.2 COMPONENTE ABIÓTICO</b>	<b>48</b>
<b>8.3 COMPONENTE ANTRÓPICO</b>	<b>54</b>
<b>9. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>61</b>
<b>9.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN TORNO AL ECOSISTEMA LAGUNA DE LA MAGDALENA</b>	<b>62</b>
<b>9.2 MODELO FENOMENOLÓGICO DEL ECOSISTEMA</b>	<b>71</b>
<b>10. VULNERABILIDAD DEL ECOSISTEMA A LOS TENSORES IDENTIFICADOS</b>	<b>87</b>
<b>11. PAUTAS Y ESTRATEGIAS GENERALES DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL ECOSISTEMA LAGUNA DE LA MAGDALENA</b>	<b>91</b>
<b>12. CONCLUSIONES</b>	<b>93</b>
<b>13 BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>95</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Principios y conceptos relativos al ecosistema	7
<b>Figura 2.</b> Símbolos del lenguaje energético de H. T. Odum que se emplearon en la elaboración del modelo fenomenológico realizado para este trabajo (Odum, 1972).	14
<b>Figura 3.</b> Área de estudio	20
<b>Figura 4.</b> Área de estudio	21
<b>Figura 5.</b> Avifauna del ecosistema laguna de La Magdalena	29
<b>Figura 6.</b> Número de especies de aves registradas por familias para el ecosistema laguna de La Magdalena	30
<b>Figura 7.</b> Curva de acumulación de especies de aves para el ecosistema laguna de La Magdalena	31
<b>Figura 8.</b> Hábitos alimenticios de <i>Tremarctus ornatus</i>	37
<b>Figura 9.</b> Rastros de <i>Tapirus pinchaque</i>	52
<b>Figura 10.</b> Rastros de <i>Mazama</i> sp.	38
<b>Figura 11.</b> Rastros de <i>Felis concolor</i>	39
<b>Figura 12.</b> Anuros encontrados en el ecosistema laguna de La Magdalena	44
<b>Figura 13.</b> Cartografía básica del ecosistema laguna de La Magdalena	53
<b>Figura 14.</b> Habitantes de la vereda La Hoyola	56
<b>Figura 15.</b> Corregimiento de Valencia - Municipio de San Sebastián (Cauca)	57
<b>Figura 16.</b> Comunidad Indígena Papallaqta. <i>Arriba y centro.</i> Ceremonia del Killa Raymi. <i>Abajo</i> trueque y danzas tradicionales	58
<b>Figura 17.</b> Grupo de monitoreo e investigación del Parque Nacional Natural Puracé.	60
<b>Figura 18.</b> Modelo fenomenológico del ecosistema	72
<b>Figura 19.</b> Plano de coordenadas que muestra la relación entre las influencias y dependencias de las variables evaluadas	74

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Principios del enfoque ecosistémico	11
<b>Tabla 2.</b> Variables de hábitat medidas en cada unidad de muestreo	24
<b>Tabla 3.</b> Listado de especies de aves presentes en el ecosistema laguna de la Magdalena.	27
<b>Tabla 4.</b> Avifauna con cierto grado de amenaza presente en el ecosistema laguna de La Magdalena (Según criterios de BIRDLIFE y UICN)	31
<b>Tabla 5.</b> Número de familias, especies y registros de aves según método de muestreo	32
<b>Tabla 6.</b> Descripción de las especies de grandes mamíferos presentes en el ecosistema laguna de La Magdalena	33
<b>Tabla 7.</b> Listado de especies de grandes mamíferos presentes en el ecosistema laguna de La Magdalena y que muestran cierto grado de amenaza (según categoría global UICN 2003)	36
<b>Tabla 8.</b> Especies de anuros colectadas en el ecosistema laguna de La Magdalena	40
<b>Tabla 9.</b> Inventario florístico del ecosistema laguna de La Magdalena	45
<b>Tabla 10.</b> Características generales del componente biótico del ecosistema laguna de La Magdalena	49
<b>Tabla 11.</b> Lista de chequeo de posibles actividades antrópicas desarrolladas en torno al ecosistema laguna de La Magdalena	61
<b>Tabla 12.</b> Matriz de FEARO para la identificación del nivel y de impacto en el ecosistema laguna de La Magdalena asociados a actividades antrópicas	67
<b>Tabla 13.</b> Matriz de CIR para la identificación de actividades antrópicas que generan mayor o menor grado de impacto sobre el ecosistema laguna de La Magdalena	69
<b>Tabla 14.</b> Jerarquización del nivel de impacto negativo de las actividades antrópicas desarrolladas en torno a ecosistema laguna de La Magdalena	70
<b>Tabla 15.</b> Matriz influencias-dependencias para determinar las actividades más influyentes y dependientes en el ecosistema laguna de La Magdalena	74
<b>Tabla 16.</b> Actividades antrópicas ordenadas según grado dependencia	75

## RESUMEN

El río Magdalena tiene su nacimiento en la laguna del mismo nombre a 3.467 m.s.n.m (Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAG-, 1994), en el páramo de “Las Papas” y a pesar de ser fuente de agua “potable” para las comunidades humanas residentes en sus alrededores, de riego para suelos agrícolas y base para la generación de energía hidroeléctrica en Betanía (Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MINAMBIENTE-, 2005), no cuenta con un análisis conjunto de su ecosistema.

Teniendo en cuenta lo anterior, efectué 5 salidas de campo entre los meses de mayo y noviembre de 2008 a la laguna de La Magdalena y obtuve información que me permitiera hacer una aproximación al conocimiento de su estructura e identificar los posibles tensores antrópicos sobre sus componentes estructurales y/o sus interrelaciones. Para ello se realizó una caracterización ambiental del ecosistema, con el fin de recolectar información primaria y secundaria en su componente biótico y abiótico y elaborar un modelo fenomenológico, el cual permite visualizar estos componentes y sus interrelaciones.

Posteriormente se elaboró una evaluación ambiental con el fin de identificar los tensores antrópicos más relevantes para el ecosistema, se implementó para ello las Matrices de influencias/dependencias, matriz de Coeficientes de Importancia Relativa – CIR y la matriz de FEARO, las cuales permitieron identificar los tensores y valorar su intensidad, finalmente se realizó un diagnóstico del nivel de vulnerabilidad del ecosistema frente a los tensores identificados y se ofrecieron algunas pautas y estrategias para la gestión ambiental en este ecosistema.

Para la realización de este estudio, se siguieron los parámetros del enfoque ecosistémico, el cual es una metodología implementada por el Convenio sobre Diversidad Biológica - CDB- (CDB, 2000) y la Unión Mundial para la Naturaleza –UICN- (Shepherd, 2006) para la gestión de los recursos naturales.

Como resultados se obtuvo inventarios de fauna y flora, representados por 75 especies de aves, 5 especies de mamíferos, 6 especies de anfibios, 77 especies de plantas, del mismo modo, para ampliar el conocimiento del componente abiótico del ecosistema, se obtuvo información sobre parámetros físicos de la laguna como su área total, profundidad, perímetro, ancho, longitud y una imagen del espejo de agua de la laguna mediante georeferenciación con GPS, la cual me permitió visualizar su morfología. Además obtuve información sobre la calidad del agua de la laguna como cantidad de O<sub>2</sub> disuelto, CO<sub>2</sub>, pH, acidez, alcalinidad, nitratos, cloruros, entre otros, los cuales me permitieron evidenciar su carácter oligotrófico y con baja productividad primaria.

La evaluación de impacto ambiental permitió identificar los diferentes actores responsables del mantenimiento de la integridad de este ecosistema y los tensores derivados de sus actividades, los cuales presentaron según los resultados obtenidos un mayor o menor impacto, dependiendo de su capacidad para generar residuos sólidos, alteración del paisaje por fragmentación del bosque natural, apertura de caminos y senderos, pisoteo excesivo del suelo y alteraciones en sus componentes estructurales (pérdida de flora, fauna y fuentes aportantes de recurso hídrico, etc.).

## INTRODUCCIÓN

El Macizo Colombiano denominado “estrella fluvial de Colombia”, es de vital importancia para la nación, puesto que cuenta con un sistema de humedales que son aportantes de 4 de las 5 cuencas hidrográficas que posee el país (cuena del Magdalena, Cauca, Pacífico y Amazonas). Este hecho hace del Macizo una región rica en recursos hídricos, por lo que en el camino hacia un efectivo proceso de gestión y manejo se debe proyectar como un bien social, elemento fundamental para la participación de la comunidad local y el desarrollo de la ecoregión.

El río Magdalena tiene su nacimiento en la laguna del mismo nombre a 3.467 m.s.n.m (Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAG-, 1994), en el páramo de “Las Papas” y a pesar de su notable importancia para el futuro hídrico del país, no cuenta con un análisis conjunto de su ecosistema, solo cuenta con investigaciones realizadas por asociaciones locales como el cabildo indígena Papallacta (Programa de Rehabilitación y conservación para el Macizo Colombiano (PROMACIZO, 2003), gubernamentales como el Parque Nacional Puracé (Parque Nacional Natural Puracé -PNN Puracé-, 2004) y proyectos como el Proyecto de Conservación de los Páramos y Bosques Montanos del Macizo Colombiano (BIOMACIZO) y PROMACIZO, (PROMACIZO, 2003; BIOMACIZO, 2004), que adelantadas de forma inconexa y sin un buen enfoque ecosistémico, brindan poca información acerca del estado actual del ecosistema.

Por esta razón, se deben fortalecer las iniciativas encaminadas a conocer su ecología, partiendo de la identificación de los componentes estructurales de este ecosistema y posteriormente su funcionalidad, así, ya conocidas las interrelaciones ecosistémicas, poder evaluar el impacto de los diferentes tensores a los que actualmente puede estar sometido, todo con el fin de generar planes de manejo participativos que permitan la recuperación (si es el caso), mantenimiento y conservación de este ecosistema.

En el presente estudio se realizó una aproximación al conocimiento de la estructura del ecosistema “laguna de La Magdalena” mediante la identificación de sus componentes e interrelaciones, así como los posibles tensores de tipo antrópico que podrían estar afectando actualmente su integridad.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La laguna de La Magdalena hace parte de un complejo sistema lagunar ubicado en el páramo de Las Papas a 3.467 m.s.n.m (IGAC, 1994) en el PNN Puracé. La laguna y el páramo asociado, conforman un sistema estratégico para el país pues allí nace el río Magdalena y es fuente de agua “potable” para las comunidades humanas residentes en sus alrededores, de riego para suelos agrícolas y base para la generación de energía hidroeléctrica en Betanía (Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MINAMBIENTE-, 2005).

El ecosistema es frágil a presiones naturales (cambio climático) y antrópicas (turismo mal dirigido, apertura de caminos y senderos, extracción de material vegetal) (Rangel 2000, MINAMBIENTE, 2005), hechos que pueden ocasionar la degradación y/o disminución de los servicios ambientales que actualmente proporciona y que podría redundar en la pérdida de importantes fuentes hídricas y de elementos estructurales de la biodiversidad del sector como la flora, la fauna, los escénicos, el ecoturismo (MINAMBIENTE, 2005).

Gracias a que la laguna de La Magdalena se encuentra dentro del Parque Nacional Puracé, el efecto de las presiones antrópicas, aparentemente ha sido mínimo; sin embargo, no hay información ecológica adecuada que permita apoyar o rechazar de forma objetiva la anterior afirmación.

El punto de partida para elaborar un marco de referencia que permita evaluar el efecto de diferentes conjuntos de variables sobre el ecosistema implica conocer al menos su estructura, elementos constitutivos e interrelaciones, y su función, por ello, como un primer paso es fundamental responder a las preguntas como ¿Cuál es la estructura del ecosistema laguna de La Magdalena? y ¿Qué tipo de tensiones – naturales o antrópicas- existen actualmente sobre los elementos que lo componen o sobre sus interrelaciones?

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General:

Realizar una aproximación al conocimiento de la estructura del ecosistema laguna de La Magdalena e identificar posibles tensores sobre sus componentes o interrelaciones.

### 2.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Mediante una caracterización ambiental del ecosistema laguna de La Magdalena, obtener información sobre su componente biótico, abiótico y antrópico, con el fin de realizar una aproximación a un modelo estructural del ecosistema.
- ✓ Identificar los tensores antrópicos más relevantes para el ecosistema y valorar su intensidad.
- ✓ Realizar un diagnóstico del nivel de vulnerabilidad del ecosistema frente a los tensores identificados.

### 3. JUSTIFICACIÓN

A través de su historia la laguna de La Magdalena y el páramo circundante han ejercido un profundo sentido de atracción, admiración y respeto sobre nativos y visitantes; fue reconocida como área natural de importante conservación quedando incluida en el PNN Puracé y en la última década la pérdida de biodiversidad y la crisis del agua han aumentado el valor natural y estratégico de este ecosistema. Las diferentes propuestas de uso y manejo de este ecosistema (recurso hídrico, biodiversidad, ecoturismo) deberán guiarse por los imperativos que las limitaciones ecológicas del sistema y las cambiantes condiciones del ambiente impongan.

Los diferentes estudios adelantados en la laguna de La Magdalena se han enfocado en conocer aspectos puntuales del ecosistema, pero ninguno de ellos ha procurado obtener una visión integral y dinámica del mismo. Esto constituye una limitación a la hora de intentar evaluar el efecto que diferentes actividades pueden estar ejerciendo sobre la integridad del ecosistema.

La presente investigación tiene como finalidad brindar a las autoridades ambientales, a las comunidades campesinas del Paramo de Las Papas y a la comunidad Indígena Papallaqta, una herramienta, que aunque preliminar y sujeta a mejoras, será muy útil para la apropiación, manejo y preservación de este ecosistema.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 El Ecosistema

Solo hasta los siglos XVII y XIX, los naturalistas empezaron a preocuparse por conocer formalmente los patrones de distribución geográfica de los organismos. Sin embargo, su visión de las comunidades naturales era espacial y estática, debido a que no existía una conciencia clara de que estas cambian en el tiempo. Fue a comienzos del siglo XX que se empezaron a considerar aspectos temporales en las descripciones de la distribución de los organismos (Maass y Yrizar, 1990).

Hacia 1916, Clements propuso el concepto de sucesión, en el que hizo notar que tanto la composición de especies como la estructura de una comunidad cambiaban en el tiempo. Clements concibió a las comunidades como súper-organismos formados por poblaciones de plantas y animales que interactuaban formando entidades integradas y dinámicas, las que respondían a gradientes ambientales. Propuso que los cambios sucesionales en las comunidades seguían en proceso análogo a la ontogenia de los organismos (Clements, 1916).

Esta visión súper-organísmica de las comunidades, contrasto fuertemente con la idea individualista de Gleason quien, en 1926, propuso que las comunidades están conformadas por poblaciones con arreglos aleatorios, producto de los patrones de distribución de cada especie, esto es, cada especie tiene patrones individuales de distribución y las comunidades son simplemente la resultante de la superposición de varias poblaciones con una distribución común (Gleason, 1926).

Este modelo o paradigma super-organísmico de Clements ha sido desechado por completo, mientras que el paradigma individualístico de Gleason se ha mantenido bajo la idea de comparar la distribución y abundancia de comunidades con la hipótesis nula de que la distribución de las poblaciones sigue un patrón aleatorio (Simberloff, 1980). En todo este periodo dominó la idea de que los organismos eran la parte esencial de las comunidades (Maass y Yrizar, 1990).

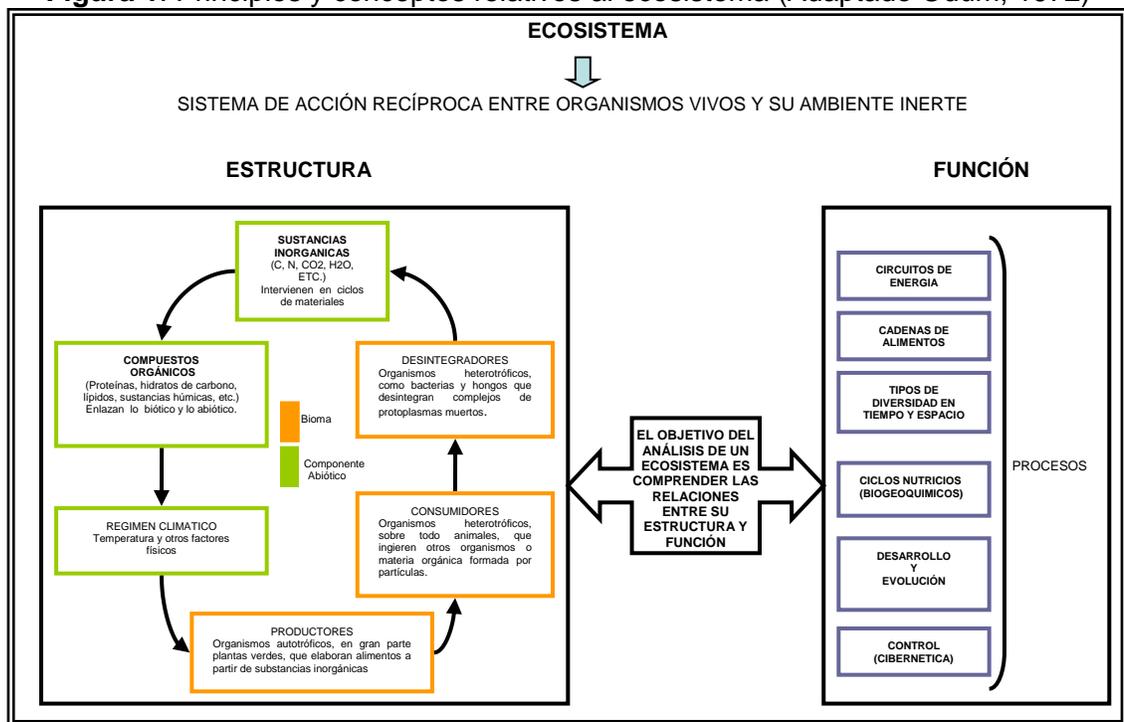
La definición original de ecosistema fue propuesta en 1930 por Roy Clapham para designar el conjunto de componentes físicos y biológicos de un entorno (Clapham, 1932), sin embargo Arthur Tansley en 1935 fue quien propuso por primera vez un enfoque ecosistémico, propuso el termino de "ecosistema" para designar a "un sistema completo que incluya no sólo el complejo de organismos, sino también todo el complejo de factores físicos que forman lo que llamamos medio ambiente" (Tansley, 1935), es decir la distribución de especies y su ensamblaje están fuertemente influidos por el ambiente asociado, por lo que la comunidad biótica constituía una unidad integral junto con su ambiente físico (Maass y Yrizar, 1990).

Linderman en 1942, apoyó la propuesta de Tansley al definir al ecosistema como un sistema compuesto de procesos físico-químico-biológicos que operan como parte de una unidad espacio-temporal (Linderman, 1942). Se considera que fue él quien introdujo el enfoque dinámico y funcional en el estudio de los ecosistemas. Este modelo trófico de Linderman aún se mantiene vigente, aunque ha sufrido algunas transformaciones (Wiegert y Owen, 1971).

Hasta la fecha, el ecosistema había sido reconocido por la mayoría de investigadores como una unidad fundamental de organización en ecología y una unidad estructural de la biosfera.

Howard T. Odum en 1972, denominó al ecosistema como una comunidad biótica o ambiente vivo con su medio abiótico o ambiente inerte, que funcionan juntos como un sistema ecológico. Presentó entonces su “teoría ecológica de ecosistemas” donde propuso dividir el ecosistema en **seis componentes**: 1-sustancias orgánicas, 2-compuestos orgánicos, 3-régimen climático, 4-productores, 5- consumidores y 6-desintegradores; **y seis procesos**: 1-circuitos de energía, 2-cadena de alimentos, 3-tipos de diversidad en tiempo y espacio, 4-ciclos nutricios, 5-desarrollo y evolución, y 6-control o cibernética. La anterior división proporciona una clasificación ecológica conveniente, aunque algo arbitraria, en la que los primeros proporcionan la estructura y los segundos la función (Odum, 1972), facilitando de este modo la comprensión de sus interrelaciones (Figura 1). Odum (1972), agrupa los 6 componentes que conforman la estructura de un ecosistema, los 3 primeros en un componente biótico (Bioma) y los 3 últimos un componente abiótico.

**Figura 1.** Principios y conceptos relativos al ecosistema (Adaptado Odum, 1972)



Posteriormente Likens, en 1992 afirmó que “un ecosistema es definido como una unidad espacialmente explícita de la Tierra que incluye todos los organismos, junto con todos los componentes del ambiente abiótico dentro de sus fronteras”. Afirmó además que no existía un criterio explícito y único para la delimitación de estas unidades ecológicas, sino que depende de la pregunta que se desea responder y del grupo de investigadores que la formula. Visto así, un ecosistema es un concepto constructivista, que sirve para organizar

el conocimiento y no un objeto de la naturaleza, ontológicamente objetivo, independiente del observador (Likens, 1992; O'Neill, 2001).

Actualmente los ecosistemas se pueden definir como sistemas funcionales estructurados jerárquicamente, formados por almacenes y flujos de materia y energía manifestándose en distintas escalas temporales y espaciales (Lomas *et. al.*, 2007).

## **4.2 Características del ecosistema**

Los ecosistemas presentan las siguientes características:

a) *Son sistemas abiertos a la entrada y salida de materia y energía*

Lo que constituye una salida para un ecosistema dado, representa una entrada para otro ecosistema colindante. Así por ejemplo, la pérdida (salida) de suelo y nutrientes por efectos de la erosión hídrica en un ecosistema boscoso bajo explotación, constituye el aporte (entrada) de sedimentos y nutrientes en el lago localizado río abajo (Jordan y Medina, 1978).

b) *Están formados por elementos tanto bióticos como abióticos*

Los ecosistemas son sistemas naturales en donde los componentes o elementos que lo conforman son tanto de origen biótico como abiótico. Los primeros incluyen a todos los seres vivos. Los componentes abióticos son entidades tales como el suelo, la atmosfera, la roca madre, el agua, etc. Estos pueden tener origen orgánico, como el humus o la capa de hojarasca sobre la superficie del suelo, u origen inorgánico como los minerales y arcillas que constituyen el suelo (Maass y Yrizar, 1990).

c) *Poseen componentes que interactúan estableciendo mecanismos de retroalimentación*

Cada elemento, componente o unidad de un sistema puede existir en diferentes estados, de tal forma que el estado seleccionado se determina basándose en las interacciones con los demás elementos del sistema. Estas interacciones recíprocas entre los elementos del sistema son conocidas como mecanismos de retroalimentación (Maass y Yrizar, 1990). Wiener en 1948, denominó como cibernéticos a aquellos sistemas con mecanismos de retroalimentación (Wiener, 1948).

d) *Presentan interacciones que establecen redes tróficas (alimenticias) e informacionales*

En los ecosistemas existe un subsistema primario en donde la interacción que se establece entre sus componentes es, generalmente (y no solamente), de tipo trófica (alimenticia). La energía fluye y los materiales circulan en torno del ecosistema por procesos que también son parte integral del mismo. Tal es el caso de la fotosíntesis, la herbivoría, la absorción de minerales por las plantas, la descomposición de residuos orgánicos, la intemperización de los minerales del suelo, la erosión, la translocación de minerales en la planta, etc (Maass y Yrizar, 1990).

e) *Están estructurados jerárquicamente*

La gran diversidad de procesos ecológicos ocurre dentro de un amplio espectro de escalas de tiempo y espacio y están asociados a diferentes niveles de organización del ecosistema. Para explicar eventos y fuerzas en un ecosistema, el investigador debe percibir estructura, orden y relaciones. La teoría jerárquica es una base sólida para lograrlo, pues debido a la complejidad inherente a los sistemas, ha sido necesario formar compartimentos y distinguir niveles jerárquicos dentro del mismo, abordando de una manera integrada cada nivel (Maass y Yrizar, 1990).

f) *Cambian en el tiempo*

Estrictamente hablando, los ecosistemas no evolucionan. El control genético de las poblaciones y la selección natural no operan a nivel de sistema, sino de sus componentes individuales (Pomeroy *et. al.*, 1988). Sin embargo, la vida y la evolución son sólo posibles dentro del contexto y restricciones que impone el ecosistema (Schulze y Zwolfer, 1987).

g) *Poseen propiedades emergentes*

Conforme se combinan componentes para formar sistemas más grandes y complejos, nuevas propiedades aparecen; esto es, el todo es más que la suma de sus partes. El oxígeno y el hidrógeno, por ejemplo, tiene propiedades muy diferentes a las del agua, que como sabemos resulta de la combinación de ambos elementos. Lo mismo sucede cuando un hongo y un alga se unen para formar un líquen. Frecuentemente estas propiedades son llamadas “propiedades emergentes” (Odum, 1986).

### **4.3 La gestión ambiental en el ecosistema**

A inicios de la década del setenta, el aumento de la población mundial, los derrames de petróleo en los océanos y las emisiones de dióxido de carbono, entre otros, constituían las principales amenazas al bienestar del hombre.

Al inicio de la década de los ochenta, la percepción de los problemas se amplió, ya se discutía el efecto invernadero, la contaminación de los océanos, la deforestación, la pérdida de la biodiversidad y la lluvia ácida. A finales de la misma década, otros factores eran incorporados como amenazas no solo para el hombre, sino también para el planeta. Entre ellos se destacaban: el agravamiento de los cambios climáticos globales, la reducción de la capa de ozono asociada a los CFC's (clorofluorocarbonados), los residuos tóxicos, la pérdida de hábitats, la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, la disponibilidad de agua dulce, la intensificación de la degradación ambiental de los países en desarrollo, el desperdicio de energía, las pérdidas de suelo y la desertificación, la marginalización (Arévalo, 2005).

Ante esta situación, los esfuerzos del hombre por percibir y entender los ecosistemas hicieron que también entendiese que el tipo de relación que exista entre él y el ecosistema determina las problemáticas ambientales, su intensidad y calidad. De este modo, al admitirse que toda actividad humana, económica y sociocultural tiene lugar en un contexto

biofísico e influye sobre la integridad del medio ambiente, hace necesario transformar la calidad e intensidad de estas relaciones.

En este contexto, la gestión ambiental, entendida, de manera amplia como el “campo que busca equilibrar la demanda de recursos naturales de la Tierra con la capacidad del ambiente natural, para responder a esas demandas de recursos en una base sustentable” (Colby, 1990), surge por lo tanto como el elemento fundamental en la búsqueda de la sustentabilidad ambiental.

El principal objetivo de la gestión ambiental es conciliar las actividades humanas y el medio ambiente, a través de instrumentos que estimulen y viabilicen esa tarea, la cual presupone la modificación del comportamiento del hombre en relación con la naturaleza, debido a su actual situación de degradación. Cuanto más complicada es la alteración y cuanto más rompemos las relaciones existentes en los ecosistemas, más complejos se convierten los mecanismos de gestión ambiental y exigen por lo tanto un conocimiento mucho mayor de los procesos ambientales, es decir, realizar investigación científica que brinde un mayor conocimiento del estado de las poblaciones o del funcionamiento de los ecosistemas se convierte en un requerimiento esencial para asumir la gestión ambiental para la conservación de la diversidad a diferentes niveles (Arévalo, 2005).

#### **4.4 El papel de la investigación en el estudio del ecosistema**

La necesidad de ligar la investigación a la toma de decisiones ambientales es cada día más importante. Algunos pasos se han dado ya y han tenido su reflejo: la sostenibilidad como objetivo en el tratado de Ámsterdam, la cumbre de Helsinki, la agenda 21, el cumplimiento del tratado de Kioto y dos décadas de gestión ambiental comunitaria, han permitido la reducción de algunas presiones naturales (calidad de aguas superficiales, control de la lluvia ácida, etc.), pero ciertamente han resultado insuficientes para dirigir los procesos socioeconómicos por la vía del desarrollo sustentable (Arévalo, 2005)

La investigación ambiental debe ir, por tanto, encaminada a dos objetivos básicos, por un lado a profundizar en el conocimiento de recursos y ecosistemas, su identificación y análisis funcional y por otro lado a la promoción del desarrollo tecnológico adecuado que permita avanzar por la senda del desarrollo sustentable. Es un proceso abierto a múltiples disciplinas tanto de las ciencias como de las humanidades (Arévalo, 2005).

Los supuestos previos con los cuales se ha abordado la investigación ambiental, se han analizado hasta el momento desde enfoque analítico y ecosistémico. El enfoque analítico se basa en las doctrinas reduccionista y mecanicista y en el procedimiento analítico.

El reduccionismo mantiene que todos los objetivos, eventos y propiedades están constituidos por elementos indivisibles. El mecanicismo postula que todas las interacciones se pueden reducir a una relación fundamental causa-efecto.

El procedimiento analítico consiste en explicar cualquier cosa aislando el fenómeno, dividiéndolo en partes independientes y por último tratando de entender el todo uniendo las explicaciones parciales. El enfoque sistémico, en cambio, se basa en la doctrina del expansionismo y el procedimiento sintético.

En el expansionismo, los objetos, eventos y fenómenos son partes de unidades más grandes. El procedimiento sistémico, en vez de aislar y dividir el objeto de estudio, ubica al fenómeno en un sistema mayor que lo contiene y trata de explicar la función que este tiene en el sistema más grande. En la relación causa-efecto, la causa se toma como necesaria pero no suficiente para el efecto, es decir se considera que el sistema está abierto a influencias de un ambiente mayor que lo contiene (Carbajal y Estrada, 1976).

#### 4.5 Enfoque ecosistémico

El análisis ambiental desde el punto de vista sistémico, fue propuesto por Tansley por primera vez en 1935 y ha ido evolucionando, modificando y robusteciendo, conforme ha mejorado nuestra percepción de la naturaleza a niveles superiores al de los organismos (Maass y Yrizar, 1990) y hace parte de las bases teóricas de la estrategia metodológica propuesta por Shepherd (2006) llamada **enfoque ecosistémico**.

Esta metodología ha sido implementada por convenios y entidades que se encargan de gestionar los recursos naturales a nivel mundial, como son el *Convenio sobre Diversidad Biológica -CDB-* (CDB, 2000) y la *Unión Mundial para la Naturaleza –UICN-* (Shepherd, 2006). Estos definen el ecosistema como *un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos (bioma) y su medio no viviente (factores abióticos) que interactúan como una unidad funcional* (CDB, 2000; Shepherd, 2006).

El enfoque ecosistémico es una estrategia para el manejo integrado de la tierra, el agua y los recursos vivos, promoviendo su conservación y uso sostenible de forma justa y equitativa. Se basa en la aplicación de metodologías científicas y en él se presta atención prioritaria a los niveles de organización biológica que abarcan los procesos esenciales, funciones e interacciones entre organismos y su medio ambiente (Shepherd, 2006). En dicho enfoque se reconoce que los seres humanos con su diversidad cultural, constituyen un componente integral de los ecosistemas, es el esquema principal para la acción bajo el CDB y comprende 12 principios (CDB, 2000) (Tabla 1)

**Tabla 1.** Principios del enfoque ecosistémico (Shepherd, 2006)

<b>Principio 1</b>	La elección de los objetivos de la gestión de los recursos de tierras, hídricos y vivos debe quedar en manos de la sociedad.
<b>Principio 2</b>	La gestión de los recursos naturales debe estar descentralizada al nivel más bajo.
<b>Principio 3</b>	Los administradores de ecosistemas deben tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de sus actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros ecosistemas.
<b>Principio 4</b>	Dados los posibles beneficios derivados de su gestión, es necesario gestionar el ecosistema en un contexto económico. Este programa gestión debería: <b>(a)</b> Disminuir distorsiones que repercuten negativamente en la diversidad, <b>(b)</b> Orientar los incentivos para promover la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, <b>(c)</b> Procurar o incorporar costos y beneficios del ecosistema de que se trate.
<b>Principio 5</b>	Con el fin de mantener los servicios de los ecosistemas, la conservación de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas debería ser un objetivo prioritario del enfoque ecosistémico.
<b>Principio 6</b>	Los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de su funcionamiento.
<b>Principio 7</b>	El enfoque debe aplicarse a las escalas espaciales y temporales apropiadas.

<b>Principio 8</b>	Habida cuenta de las diversas escalas temporales y los efectos retardados que caracterizan a los procesos de los ecosistemas, se deberían establecer objetivos a largo plazo en la gestión de los ecosistemas.
<b>Principio 9</b>	En la gestión debe reconocerse que el cambio es inevitable.
<b>Principio 10</b>	En Enfoque ecosistémico se debe procurar el equilibrio apropiado entre la conservación y la utilización de la diversidad biológica, y su integración.
<b>Principio 11</b>	En el enfoque ecosistémico deberían tenerse en cuenta todas las formas de información pertinente, incluidos los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades científicas, indígenas y locales.
<b>Principio 12</b>	En el enfoque ecosistémico deben intervenir todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas pertinentes.

La Comisión de Manejo Ecosistémico (CME) de la UICN ha agrupado en cinco pasos, los principios del enfoque ecosistémico para su implementación (Shepherd, 2006):

- **Paso A:** Determinación de los principales actores, definición del área del ecosistema, y desarrollo de las relaciones entre ellos.
- **Paso B:** Caracterización de la estructura y función del ecosistema y elaboración de mecanismos para su manejo y monitoreo.
- **Paso C:** Identificación de elementos económicos importantes que afectarán al ecosistema y sus habitantes.
- **Paso D:** Determinación de impactos probables sobre ecosistemas adyacentes.
- **Paso E:** Toma de decisiones sobre objetivos de largo plazo.

No existe una receta universal para aplicar los 5 pasos del enfoque ecosistémico. El Instituto de Recursos Mundiales (WRI) propone empezar por saber cuáles son los componentes estructurales de un ecosistema, cómo funcionan y cuál es su condición actual (WRI, 2000). El enfoque ecosistémico según la UICN, el CDB y el Proyecto “Conservación de la Biodiversidad en los Páramos del Norte y Centro de los Andes (CONDESAN) resulta fundamental para la formulación y aplicación de políticas para el manejo sostenible de los ecosistemas (Shepherd, 2006; CDB, 2000; Ponce, 2004).

Como estrategia adoptada a nivel global por el Convenio de Diversidad Biológica, CDB, existe solamente un enfoque ecosistémico. Sin embargo, cuando se pasa al campo de la estructuración puede ser aplicado de diferentes formas. Su aplicación debe reflejarse y orientarse hacia las diferentes situaciones ecológicas, sociales, culturales y políticas, en áreas geográficas específicas. En latinoamericana se ha venido aplicando desde hace tiempo, aunque en muchos casos ha sido de forma espontánea. Hay situaciones en que su aplicación esta institucionalizada. En la mayoría, se ha dado en el contexto de proyectos que están más orientados a la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad y en este momento se hace necesario el poder trascender hacia otros sectores claves como el agrícola, el pesquero y el forestal (Andrade, 2007).

## 4.6 Herramientas básicas para la investigación del ecosistema

### 4.6.1 La caracterización ambiental

Es un estudio que brinda información a diferentes niveles acerca de los componentes estructurales de un ecosistema. Permite desarrollar mediante metodologías, la investigación científica que requiere el enfoque ecosistémico y de este modo identificar sus características estructurales, brindando herramientas de protección y conservación.

Una caracterización ambiental puede ser diseñada de diferentes maneras por las entidades encargadas de gestionar los recursos naturales. A nivel local, en el caso del PNN Puracé, para efectos de gestión y manejo, sigue los parámetros del “**análisis de integridad ecológica del área protegida**” (Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales –UAESPNN-, 2005).

Este análisis divide los componentes de biodiversidad en los siguientes grupos: **ecosistemas** (páramo, selva húmeda, humedales), **especies** (fauna: aves, mamíferos, anfibios, flora: cobertura vegetal), **servicios ambientales** (recurso hídrico, suelos) y **cultura** (valor cultural de un ecosistema). Los elementos que lo conforman se determinan por bibliografía (listado de especies y servicios ambientales del área protegida, estudios ecosistémicos, libros rojos, Apéndices CITES, Categorización BirdLife Internacional, Plan de Manejo del año 1998) y por investigación en campo (PNN Puracé, 2004).

Tales insumos son discriminados según su estado actual y presión (por factores naturales o antrópicos) evidenciando un nivel de vulnerabilidad, amenaza o riesgo a perder su integridad ecológica, siendo denominados por el análisis de integridad como **VOC – Valor Objeto de Conservación**. Los VOC pueden ser especies o ecosistemas objetivo principal de investigación y monitoreo en un área protegida (UAESPNN, 2005). Este tipo de caracterización ambiental nos permite obtener información importante para posteriormente ser organizada en un componente biótico y abiótico y de este modo conservar el enfoque ecosistémico.

### 4.6.2 La Evaluación de Impacto Ambiental – E.I.A

E.I.A es un método que permite predecir las consecuencias ambientales y el grado de vulnerabilidad de los ecosistemas ante actividades antrópicas o procesos de desarrollo humano y que podrían llegar a causar problemas, conflictos o limitaciones de algunos de sus recursos naturales.

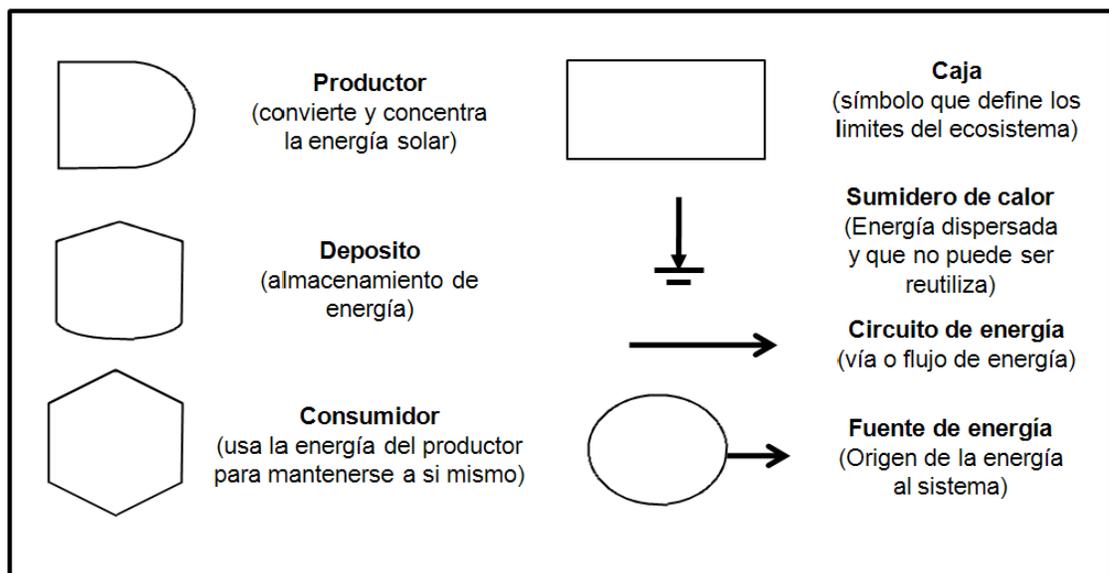
La E.I.A permite que el administrador encuentre o sugiera posibles alternativas para reducir impactos inaceptables de proyectos y los adapta a condiciones locales, convirtiéndose en una herramienta gerencial, al presentar los resultados a quienes toman decisiones sobre el futuro manejo de un ecosistema, mostrándose como una importante herramienta para lograr la gestión y buen manejo de los recursos naturales (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 1988).

#### 4.6.3 Métodos básicos de evaluación ambiental

a) **Matriz de influencias/dependencias:** consiste en consignar las actividades registradas en una lista (lista de chequeo), la cual permite obtener un inventario de actividades realizadas en un proyecto y el posible impacto generado sobre un ecosistema. Esta información de la lista de chequeo se consigna en una matriz (**Matriz de influencias/dependencias**), la cual permite mostrar las actividades que presentan mayor motricidad o indicadores de mayor influencia y que condicionan al resto del ecosistema. La matriz también muestra las variables claves, variables reguladoras y las variables resultantes o muy dependientes (González, 2002).

b) **Matriz de Coeficientes de Importancia Relativa – CIR:** consiste en consignar las actividades registradas en una lista (lista de chequeo), la cual permite obtener un inventario de actividades realizadas en un proyecto y el posible impacto generado sobre un ecosistema. La información de la lista de chequeo se consigna en una matriz (Matriz de CIR), la cual permite discriminar dichas actividades según el nivel y posible impacto sobre el medio ambiente. Asignándoles porcentajes (0.0, 0.5 y 1.0) obteniendo un orden de mayor a menor de los porcentajes y por lo tanto de las actividades que presentan mayor impacto sobre un ecosistema en particular (Pérez y Labrada, 2006).

c) **Modelación ecológica del ecosistema:** Consiste en la elaboración de un modelo fenomenológico del ecosistema, basado en el sistema de flechas y símbolos propuesto (Odum, 1972), con el fin de visualizar la distribución y organización de los diferentes factores bióticos y abióticos que componen este ecosistema, como también las interrelaciones y dependencias ecológicas entre componentes.



**Figura 2.** Símbolos del lenguaje energético de H. T. Odum que se emplearon en la elaboración del modelo fenomenológico realizado para este trabajo (Odum, 1972).

## 5. ANTECEDENTES

En la primera mitad del siglo XX tienen lugar numerosas exploraciones al paramo de Las Papas. En 1920, Joaquín Emilio Cardoso es el primero en explorarlo desde las exploraciones realizadas por Agustín Codazzi en 1857 (Cardoso, 1938), luego en los años 30 el Alemán Emile Grosse explora la región en el marco del levantamiento geológico de partes del país para la Comisión Científica Nacional (Grosse, 1947).

En el año 1947, el Hermano Justo Ramón y hermano Camilo (de las escuelas Cristianas) efectuaron exploraciones al páramo de Las Papas y aportaron información básica para el conocimiento de la fauna y flora de este ecosistema (Hno Antonio Camilo, 1947; Hno Justo Ramón, 1947).

En el año 1958, El Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, representado por los doctores Helene Bischler, Jesús Idrobo y Polidoro Pinto Escobar, efectuaron una expedición botánica a través del Paramo de Las Papas y el sector del camino nacional que une los municipios de San Agustín (Departamento del Huila) y San Sebastián (Departamento del Cauca).

En el año 2001 Donato brindó información sobre batimetría y físico-química en el campo del análisis de la calidad del recurso hídrico puntual para la laguna de La Magdalena en su trabajo *“Fitoplancton de los lagos andinos del norte de Sudamérica (Colombia): Composición y factores de distribución”*.

En el año 2001, con la participación del cabildo indígena Papallaqta, la Oficina Regional Sur Andina de Parques Nacionales, C.R.C, CORMAGDALENA, la Corporación Autónoma del Alto Magdalena (CAM) y las autoridades municipales (proyectos BIOMACIZO y PROMACIZO), concretaron el proyecto *“rehabilitación ecológica de la Laguna de La Magdalena y fortalecimiento del corredor ecoturístico- Puerto Quinchana - Valencia, Departamentos del Cauca y Huila”*.

En el año 2003, el proyecto de investigación *“Caracterización ambiental del territorio indígena Papallaqta, en el marco del desarrollo sostenible y la consolidación de la misión de vida”* (PROMACIZO, 2003), fue un estudio de importancia pero no en particular para los humedales del páramo de las Papas.

En el año 2004, el PNN Puracé y el proyecto BIOMACIZO realizaron una expedición a los sectores de Valencia y Quinchana atravesando el Camino Nacional con el fin de realizar la construcción del mapa de unidades de paisaje del PNN Puracé (BIOMACIZO, 2004). Este trabajo obtuvo información sobre geomorfología y cobertura vegetal e información bibliográfica más puntual para la laguna de La Magdalena.

En el año 2007, el PNN Puracé empezó un proceso de premonitoreo del área del páramo de “Las Papas” con el fin de aplicar el análisis de integridad ecológica que propone su plan de manejo presentado en el 2004 (PNN Puracé, 2007).

Andrade en el año 2007 publicó una recopilación algunos proyectos ambientales en Latinoamérica en los cuales se ha aplicado el enfoque ecosistémico, los cuales se exponen de a continuación:

*Corredor de Conservación Chocó – Manabí:* ubicado en un hotspot para la conservación de la biodiversidad en un área de 200000 km<sup>2</sup> entre Colombia y Ecuador. Su aplicación permitió la planificación de la estrategia de intervención del corredor como en la estructuración de la mayoría de los proyectos a nivel de sitio.

*Gestión Ecorregional del bosque Chiquitano en Bolivia y Paraguay:* El bosque Chiquitano ubicado en Bolivia, Paraguay y Brasil y ocupa un área de 24 millones de ha. Desde hace 7 años se promueven estrategias para su conservación y desarrollo sostenible.

*Estrategia integrada de manejo y conservación de la Biodiversidad en el Corredor de Robles, ubicado en Colombia en los departamentos de Boyacá y Santander en la vertiente occidental de la Cordillera Oriental:* El EE ha sido una herramienta de enfoque en la construcción del desarrollo sostenible, pero más aún en su estructuración.

*El Proyecto Páramo Andino:* Permite entender la complejidad social, ecológica, geográfica y política de estos paisajes. Los páramos ofrecen múltiples beneficios e involucran intereses de actores diferentes, con actividades a diferente escala y beneficio.

*Sistema de Humedales Paraguay – Par:* Los avances efectuados hasta ahora muestran que es necesario demostrar la aplicación práctica del EE para hacer frente a los enfoques sectoriales de manejo del recurso hídrico prevalecientes. Los principios del EE se han aplicado de forma implícita y parcial, con diferentes grados de intensidad, aunque todavía es poco frecuente su uso como conjunto completo y articulado.

*Estrategia de Conectividad de la Reserva de la Biosfera y el Bosque de Mbaracayú y el enfoque Ecosistémico en Paraguay:* esta iniciativa busca conectar la RB de 300000 ha con el bosque de 64000 ha en una región habitada por varias culturas aborígenes, así como grandes y pequeños productores. Se ha visto la importancia de individualizar a los actores locales y generar iniciativas acordes con los requerimientos de cada uno de ellos.

*El Enfoque Ecosistémico Aplicado a la Gestión del Agua: Una Perspectiva desde América Latina:* Presenta avances en la gestión sostenible del agua en la región, sustentados tanto en el EE como en el manejo integrado del recurso hídrico y de las cuencas hidrográficas.

*Principios Ecológicos Culturales indígenas y el Enfoque Ecosistémico en la Amazonia Colombiana:* este estudio presenta el desarrollo de los principios 11 y 12 del EE, basado en investigación participativa y diálogo saberes en comunidades indígenas amazónicas.

*El Enfoque Ecosistémico como Guía para la Acción. El caso del complejo de humedales de Fúquene en los Andes Orientales de Colombia:* La aplicación del EE ha demostrado que el manejo sostenible requiere tanto hacer un uso eficiente del agua para la industria lechera como hacerlo compatible con la multiplicidad de valores y funciones del ecosistema.

## 6. AREA DE ESTUDIO

### 6.1 El Páramo de “Las Papas” y el Ecosistema “laguna de La Magdalena”

El páramo de “Las Papas” ubicado en su mayoría en el PNN Puracé, corresponde según la clasificación de Sturm y Rangel (1995) a un área que va desde subpáramo de 3.200-3.500 m.s.n.m hasta páramo medio de 3.500-4.000 m.s.n.m. La estabilidad e integridad del ecosistema paramuno responde a condiciones ambientales que lo hacen posible: clima, suelo, vegetación, fauna etc. Estas condiciones lo convierten en un ecosistema tan frágil como especializado y si alguno llega a alterarse, su potencial de almacenamiento y regulación hídrica, puede afectarse de modo irreversible generando consecuencias sobre procesos de desarrollo humano y de regulación natural (Rangel, 2000).

Su potencial de almacenamiento de agua se refleja en la presencia de numerosas lagunas y lagunillas llamadas humedales que dan origen a los ríos Magdalena y Caquetá; una de ellas es la laguna de La Magdalena ubicada a una altura de 3.467 m.s.n.m (cartografía IGAG, 1994), en zona limítrofe entre los departamentos del Cauca y Huila, a los 1° 55' 40' Lat. Norte y long. 76° 35' 8' W. de Greenwich (Figura 2).

Esta laguna juega un rol vital en el potencial hídrico nacional, ya que sus aguas abastecen al río Magdalena, el principal río de nuestro país. Estos ecosistemas se caracterizan por una baja temperatura, pronunciadas variaciones climáticas durante el día y humedad relativa superior al 80% durante todo el año, esto hace que tengan una elevada regulación del ciclo hídrico superficial y que por lo tanto participen, entre otras, en el control de la erosión y estabilización microclimática.

Estas condiciones naturales mantienen una diversidad biológica única y se caracteriza por un alto nivel de endemismo de plantas y animales, además son refugio de una gran cantidad de especies que se encuentran con problemas de conservación. Actualmente están considerados como ecosistemas frágiles y esta fragilidad está asociada a causas naturales y antrópicas, muchos humedales paramunos se están perdiendo de manera acelerada sobre todo por el mal manejo generado por desconocimiento de su importancia económica y ecológica. En este punto el camino hacia el buen manejo de este ecosistema tiene que partir del conocimiento de su ecología a través de investigaciones que identifiquen la estructura de su ecosistema y la función de cada uno de sus componentes (Convención Sobre Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR, 2005).

Los límites que conforman el ecosistema “laguna de La Magdalena” propuestos para este estudio se definieron mediante visitas a la zona de estudio, las propiedades morfométricas de la laguna (área y longitud), hicieron parte de esta investigación y se presentarán en los resultados de este trabajo. Propongo para este trabajo llamar como ecosistema “Laguna de La Magdalena” al área conformada por la laguna de La Magdalena y el área de páramo circundante comprendido al nor-occidente por la cuchilla “*Las Tres Tulpas*”, al nor-orienté por el área del camino nacional conocida como “*el camino nuevo*” que es una rama de este mismo camino que pasa por el páramo “*Del letrado*”, al norte por el cerro “*Vigías*” y el nacimiento del río Magdalena y al sur-occidente por el cerro “*La Placa*”, el cerro “*Los Remedios*” y el sector conocido como “*depresión del río Boquerón*” (Figura 2).

## 6.2. Contexto Biofísico:

- **Clima:**

El ecosistema “laguna de La Magdalena” pertenece según la clasificación de Caldas/Lang al piso térmico páramo bajo húmedo, caracterizado por áreas de subparamos con alturas entre 2800-3400 m.s.n.m, con predominio de laderas de montaña, valles glaciales, colinas y vegas de superficies aluviales, generalmente pertenecientes a temperaturas de 6 a 12 °C (Schaufelberguer, 1962).

Según la clasificación de Holdridge (1979) corresponde a la zona de vida bosque muy húmedo montano (bmh-M). El medio natural se caracteriza por permanente nubosidad, continuas lluvias y bajas temperaturas. La evapotranspiración potencial es menor que la precipitación pluvial, determinando un notable sobrante de agua que mantiene un ambiente altamente húmedo (Campos y Velasco, 2005).

Las temperaturas varían y con frecuencia descienden a menos de 0 °C. La precipitación fluctúa entre 800 y 1200 mm/año, tendencia unimodal, con tiempo lluvioso de junio a noviembre y épocas relativamente secas de diciembre a marzo y algunos “veranillos” durante junio y agosto. Los meses con temperaturas mínimas son diciembre, enero y febrero, periodo durante el cual se presentan heladas (Campos y Velasco, 2005).

- **Geomorfología:**

Corresponde a un relieve montañoso erosional de origen glacio-volcánico, es decir se caracteriza por su formación a partir de procesos volcánicos y presenta procesos de erosión o denudación por factores como el agua, el viento y actividades humanas entre otros, frecuentes procesos de inestabilidad en taludes, movimientos en masa y escurrimiento superficial donde interviene directamente la gravedad. Éstos procesos configuran un relieve de montañas ramificadas con alturas entre los 3000-3400 m.s.n.m, con cimas redondeadas, semi-redondeadas y ancho-convexas (Campos y Velasco, 2005).

La laguna se ubica en una depresión glaciofluvial, olla u ombligo glaciar que son “áreas centrales de circos y artesas que fueron sobreexcavadas y más tarde ocupadas por un lago o un pantano” (BIOMACIZO, 2004).

- **Hidrografía:**

CORMAGDALENA, determinó que en la laguna de La Magdalena nace el río Magdalena (Acevedo-Latorre, 1981). Este sector del páramo de Las Papas cuenta con más de 50 lagunas de origen glaciar como Cusiyaco, Sucubun, Cutanga, Santiago, San patricio, Aguillillas, Presentación, entre otras, que además de ser aportantes del río Magdalena, aportan aguas al río Caquetá cuyo origen se encuentra limitando la zona de estudio (BIOMACIZO, 2004).

- **Edafología:**

Se presentan suelos Andisoles con un alto contenido de materia orgánica, colores que varían entre pardo y café oscuros, desde muy húmedos hasta húmedos, con profundidades que varían entre 10 centímetros hasta 40 centímetros es decir suelos muy superficiales y superficiales; con texturas arcillo-limosas y franco-limosas mayormente (BIOMACIZO, 2004), además de gran cantidad de materiales geológicos (esquistos, diabasas, rocas ácidas intermedias y tobas). Se observan hacia las partes altas, afloramientos de las unidades de depósitos de ceniza y bloques los cuales cubren depósitos de lava andesítica con topografía abrupta, el alto nivel freático forma un colchón de agua que sirve como alimento a estas lagunas (Campos y Velasco, 2005).

- **Cobertura vegetal:**

Según el mapa de unidades de paisaje del PNN Puracé (2004), el área de estudio corresponde a páramo en montañas glaciovolcánicas (PMGV) (BIOMACIZO, 2004). Se encuentran especies de frailejones como *Espeletia* sp. y *Oritrophium peruvianum*, así como especies en su mayoría de porte pequeño, arbustos y herbáceas pertenecientes a la familia Asteraceae como *Xenophyllum humile*, *Pentacalia vaccinioides*, *Loricaria* sp, *Lasiocephalus* sp, *Diplostephium* sp. Son abundantes, como también las especies de familias Cyperaceae: *Rinchospora* sp., Poaceae: *Calamagrostis* sp y Bromeliaceae: *Puya* sp y Helechos como *Blechnum* sp. En menor abundancia se encuentran especies como *Epidendrum torquatum* (Orquídea), *Ilex myricoides* (naranjillo), *Valeriana* sp. (valeriana) y *Hypericum* sp. (romerillo) y musgos como *Sphagnum* sp (BIOMACIZO, 2004).

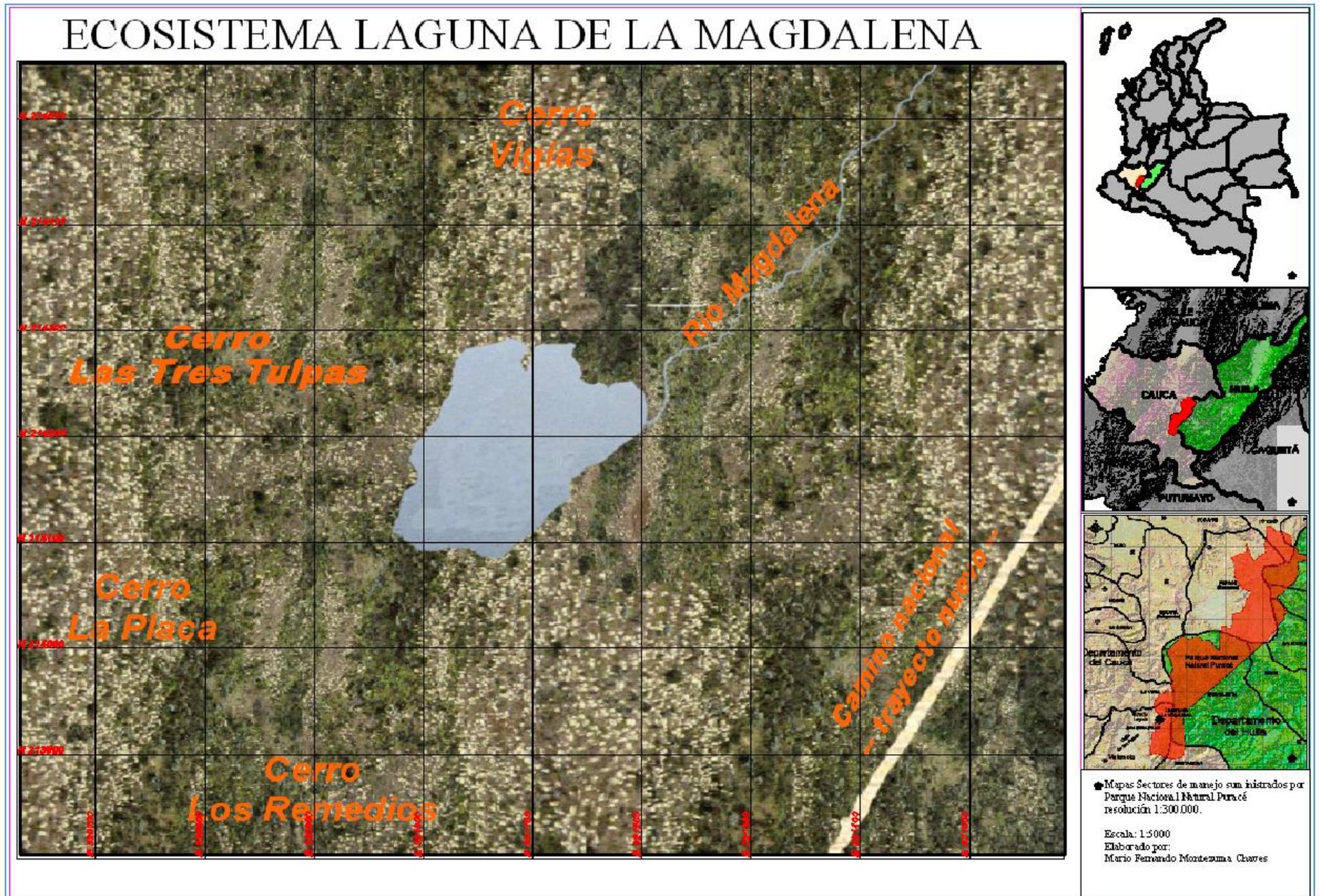
- **Fauna:**

En vertebrados predominan las aves como el perico paramero *Lepttositaca branicki*, águila real de montaña *Oroaetus isidori* y el tucán andino *Andigena hipoglauca*; anfibios como ranas del genero *Atelopus* y mamíferos como el oso de anteojos *Tremarctos ornatus* y la danta *Tapirus pinchaque*. En invertebrados hay aproximadamente 131 especies de mariposas y 4 de simúlidos (Rangel, 2000, PNN Puracé, 2004).

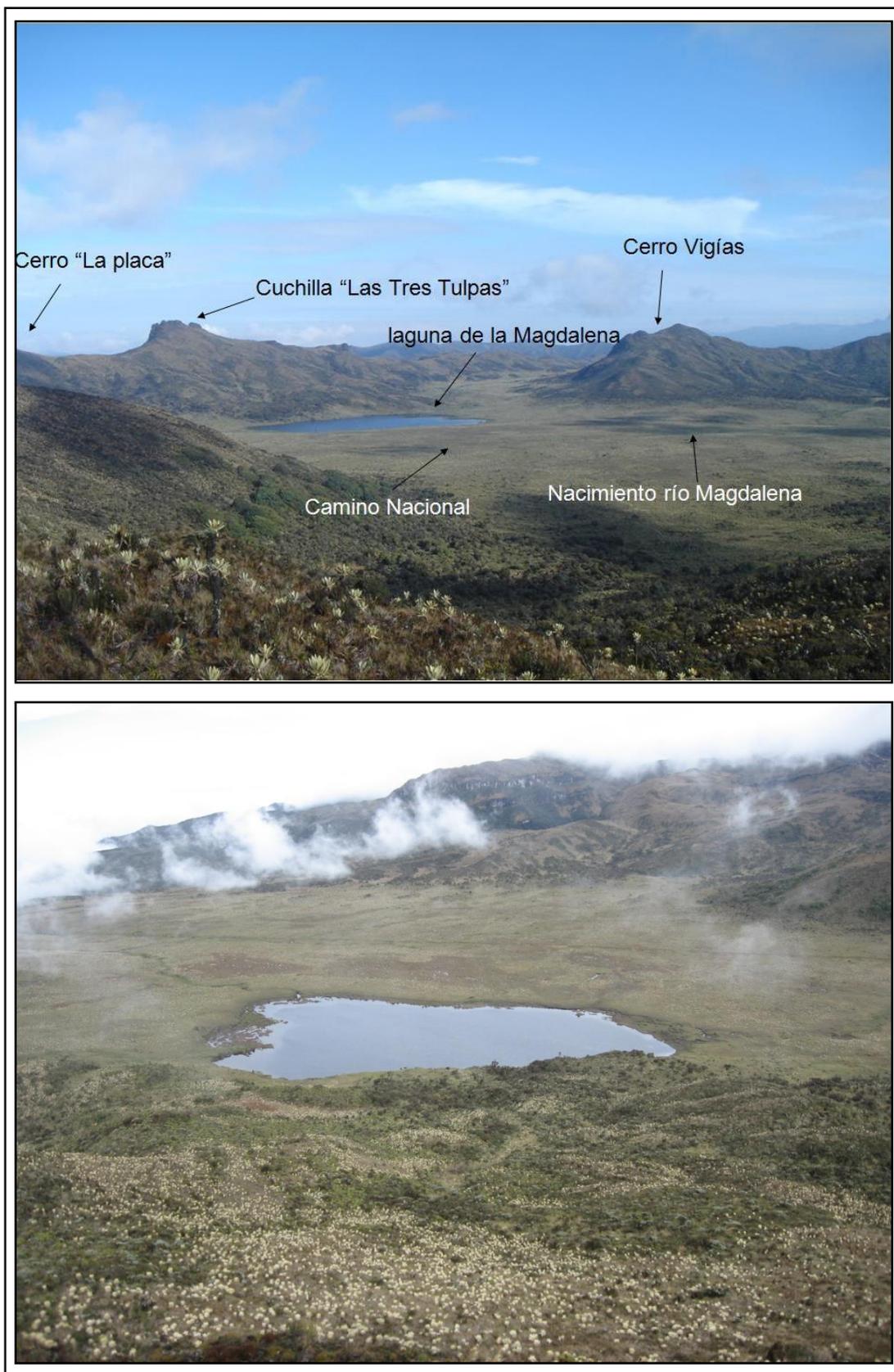
### **6.3 Contexto sociocultural:**

Según estudios arqueológicos realizados en la zona, este sector constituía un área de paso y encuentro de comunidades indígenas provenientes de la Amazonía, Nariño, Bota Caucana y Huila, entre otros. Los hallazgos de cultura material permiten observar una sociedad estratificada y con creencias mágicas en torno a la muerte. Así mismo se han encontrado herramientas de uso cotidiano en cerámica y símbolos petrográficos cuyos significados aún se están analizando (PROMACIZO, 2003). Actualmente la comunidad indígena Papallaqta a través de la conformación del cabildo vienen trabajando en la reconstrucción y fortalecimiento de su identidad étnica y cultural basados en la recuperación de la historia, creencias, valores, usos, costumbres, forma de gobierno, prácticas ancestrales de cultivo y manejo del ambiente, dirigidos hacia la proyección de las nuevas generaciones (PROMACIZO, 2003).

Figura 3. Área de estudio



**Figura 4.** Área de estudio  
Fotos: Mario Montezuma



## 7. METODOLOGIA

El enfoque ecosistémico en el paso B para la caracterización estructural del ecosistema, considera la investigación científica como una de las metodologías más productivas para identificar las características de la estructura de un ecosistema (Shepherd, 2006).

Teniendo en cuenta lo anterior y con el fin de aplicar los parámetros del enfoque ecosistémico propuesto por la CME de la UICN y el CDB en el ecosistema Laguna de La Magdalena, efectué 5 salidas de campo entre los meses de mayo y noviembre de 2008 y obtuve información que me permitiera hacer una aproximación al conocimiento de su estructura e identificar los posibles tensores sobre sus componentes estructurales y/o sus interrelaciones. Para ello use la siguiente metodología:

- *Caracterización ambiental del ecosistema “Laguna de La Magdalena”*, con el fin de recolectar información primaria y secundaria en su componente biótico y abiótico.
- *Modelo fenomenológico del ecosistema*, con el fin de visualizar sus componentes estructurales y sus interrelaciones.
- *Evaluación de impacto ambiental*, para identificar posibles tensores sobre componentes e interrelaciones.
- *Identificación del nivel de vulnerabilidad del ecosistema*, con el fin de aproximarse a una medida de la mayor o menor propensión al deterioro y susceptibilidad cuando el sistema se expone a los tensores identificados.
- Lineamientos generales para abordar la posible problemática ambiental detectada en el ecosistema laguna de La Magdalena.

**A continuación se explica cada paso de forma detallada:**

### 7.1 Caracterización ambiental

Con el fin de atender al paso A para la implementación del enfoque ecosistémico (Shepherd, 2006), obtuve la información en los componentes biótico y abiótico mediante revisión bibliográfica (citada en la descripción de cada componente) y trabajo de campo. Donde se sugiere determinar los principales actores, incluí la caracterización del componente antrópico.

#### 7.1.1. Componente biótico

Tomé los grupos identificados por el Parque Nacional Natural Puracé (PNN Puracé, 2004) para realizar sus estudios de investigación y monitoreo de diversidad. Estos grupos fueron aves, mamíferos, anfibios y cobertura vegetal.

### 7.1.1.1. Fauna

◆ **Aves:** Realicé una salida de campo de 10 días de duración, 4 días para observaciones de aves y 6 días para muestreo con redes de niebla. Adelanté los muestreos en 3 sectores (biotopos) del ecosistema: 1) laguna 2) bosque achaparrado y 3) frailejonal, matorral y pajonal. Con estos datos elaboré un inventario preliminar de la avifauna del ecosistema de la laguna de La Magdalena, una curva de acumulación de especies, de igual forme obtuve información acerca de la riqueza de especies por biotopo, identificación de especies endémicas y con problemas de conservación.

**a) Registro por observaciones:** durante 4 días realicé detección visual y auditiva de las aves presentes en los tres biotopos seleccionados en el área de estudio, basándome en el método empleado por el Grupo de Exploración y Monitoreo Ambiental (GEMA) del Instituto Alexander von Humboldt (Villareal *et. al.*, 2004). La detección visual la efectué mediante el uso de binoculares TASCOS 7 x 35 mm, desde aproximadamente las 5:30 a.m. en la mañana hasta las 17:30 p.m. en la tarde. Determiné familia, género y especie de cada ave registrada así como el número de individuos registrados por cada observación.

**b) Captura de aves con redes de niebla:** instalé una serie de 12 redes de niebla (ECOTONO de 10 x 3 m), operadas en cada uno de los tres biotopos durante 3 días. Las redes fueron abiertas al amanecer desde las 5:30 a.m. (antes de la hora oficial del amanecer local, es decir 6:00 a.m.) y cerradas al atardecer (5:30 p.m.) o en situaciones donde se presentó lluvia, viento y frío intensos, con el fin de evitar la muerte de las aves capturadas (Ralph *et. al.*, 1996). El reconocimiento de las aves registradas lo realicé mediante la guía de campo de las aves de Colombia (Hilthy y Brown, 1986). No realicé colectas.

La estación de monitoreo fue el área denominada como ecosistema Laguna de La Magdalena en un rango altitudinal entre los 3.467 y 3560 msnm.

◆ **Mamíferos:** efectué un muestreo con el fin de obtener un inventario y descripción de las especies de grandes mamíferos presentes en este ecosistema así como información sobre su hábitat, estado de conservación e historia natural. Tomé como base el premonitoreo de mamíferos realizado por el grupo de monitoreo e investigación del PNN-Puracé conformado por los guardaparques voluntarios y funcionarios del Parque, en el marco de la propuesta preliminar para la estructuración del subprograma de monitoreo del PNN-Puracé en el año 2007 (PNN-Puracé, 2007).

Por ser animales difíciles de observar por sus hábitos y además son fácilmente perturbables, el monitoreo de grandes y medianos mamíferos lo realicé por métodos indirectos como rastros de actividad (huellas, excrementos, comederos, entre otros), con el fin de detectar la presencia y uso de una zona en particular (Aranda, 1981; Navarro y Muñoz, 2000).

Para identificar estas señales de actividad seguí a Navarro y Muñoz (2000) y los parámetros del Programa de Monitoreo Oso Andino y Danta de Montaña, del PNN-

Puracé. En cada paraje o sitio de muestreo, identifiqué el tipo de rastro y tomé algunas medidas de variables del entorno que me permitieran realizar una descripción del hábitat (SPNN, WWF y CAM, 2005) (Tabla # 2). Según el rastro encontrado, utilicé dos unidades de muestreo, la primera, una parcela circular de 5 m de diámetro (SPNN, WWF y CAM, 2005) para rastros como heces y comederos; la segunda unidad fue el uso, en los caminaderos identificados, de una banda de 7 x 3 m (una línea recta de 7 m muestreando 1.5 m a cada lado de la línea), guardando las proporciones de área de la parcela circular. Los rastros identificados los registré mediante fotografías y tomé algunas muestras de heces para su posterior análisis de laboratorio.

**Tabla 2.** Variables de hábitat medidas en cada unidad de muestreo

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
<b>Ecosistema dominante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Bosque:</b> puede ser primario o secundario</li> <li>- <b>Páramo</b></li> <li>- <b>Cultivos:</b> si es posible averiguar que había antes en lugar del cultivo</li> <li>- <b>Potrero:</b> si es posible averiguar que había antes en lugar del cultivo</li> <li>- <b>Rastrojo:</b> alto o bajo, dependiendo de las características de la regeneración.</li> </ul>
<b>Estrato dominante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Arbóreo:</b> Plantas superiores a 5 m de altura, con tronco bien definido y leñoso.</li> <li>- <b>Arbustivo:</b> Plantas entre 50 cm y 5 m de alto, con ramificación basal y leñosos.</li> <li>- <b>Herbáceo:</b> Plantas con tamaño entre 50 cm y 1 m de altura, no lignificadas o apenas lignificadas de manera que tienen consistencia blanda en todos sus órganos.</li> <li>- <b>Rasante:</b> tapete sobre el suelo con plantas de menos de 10 cm de alto, formado por hojarasca, troncos descompuestos, musgos, hepáticas y líquenes (Ramírez, 1995).</li> </ul>
<b>Conectividad</b>	<b>Alta, Media y Nula</b> , dependiendo del grado de fragmentación del ecosistema.
<b>Distancia a fuentes hídricas</b>	Distancia en metros a fuentes de agua más cercana, medida con la ayuda del GPS.
<b>Cobertura por estratos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura baja o escaso, con &gt; cobertura, de 0 a 10%.</li> <li>- Muy abundante, con cobertura entre el 10 y 25%.</li> <li>- Cubre entre el 25 y 50%. Número de individuos variable.</li> <li>- Cubre entre el 50 y 75%. Número de individuos variable.</li> <li>- Cubre del 75 al 100%. Número de individuos variable</li> </ul>
<b>No. individuos en estrato arbóreo/arbustivo</b>	Se cuentan los individuos encontrados en cada unidad de muestreo.
<b>No. bromelias por estratos</b>	No. de individuos en cada uno de los estratos presentes en la unidad de muestreo.
<b>Pendiente del terreno</b>	Inclinación del terreno con respecto a un plano horizontal.

- ◆ **Anfibios:** realicé un inventario de las especies de anfibios presentes en el ecosistema mediante la técnica de búsqueda libre y sin restricciones (Angulo *et. al.*, 2006). Para ello hice caminatas durante el día y la noche, realicé la búsqueda y colecta de anfibios revisando minuciosamente todos los microhábitats disponibles. Identifiqué familia,

género y especie de los individuos colectados y registré el sustrato donde encontré el ejemplar. El esfuerzo de muestreo fue de 3 días.

Los ejemplares colectados fueron identificados en el laboratorio de anfibios del Instituto de Ciencias Naturales (ICN) de la Universidad Nacional de Colombia y depositados en esta colección. Algunos fueron descritos de forma específica y otros de forma general ya que para algunas especies no se encontró información en la bibliografía y su descripción requería esfuerzos que sobrepasan los alcances de este estudio.

#### **7.1.1.2 Flora**

Realicé un inventario florístico general de la vegetación presente en el ecosistema empleando la colecta libre como eje principal metodológico. El material vegetal lo colecté, monté y prensé según la metodología para colección de muestras de herbario implementada por el grupo GEMA del instituto Alexander Von Humboldt (Villareal *et. al.*, 2004); la identificación del material vegetal lo realicé comparando con los ejemplares del Herbario CAUP de la Universidad del Cauca.

#### **7.1.2 Componente abiótico**

Para la caracterización ambiental del componente abiótico del ecosistema, obtuve información bibliográfica sobre los siguientes elementos considerados como componentes abióticos de un ecosistema (IDEAM, 2004):

- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| A. Ubicación geográfica | B. Temperatura ambiente. |
| C. Relieve              | D. Humedad.              |
| E. Altitud.             | F. Precipitación.        |
| G. Suelo.               | I. Recurso Hídrico.      |
| H. Presión atmosférica  |                          |

En el componente de recurso hídrico realicé un análisis fisicoquímico de la laguna de La Magdalena con el fin de evaluar las características positivas o negativas de la calidad del agua de esta laguna. Tomé datos de los siguientes parámetros:

- |                                    |                          |
|------------------------------------|--------------------------|
| A. Temperatura del agua y ambiente | C. Dureza total.         |
| B. Oxígeno disuelto.               |                          |
| D. Fosfatos (P-PO <sub>4</sub> )   | E. Dureza de carbonatos. |
| F. Nitratos                        | G. pH.                   |
| H. Calcio                          | I. Acidez                |
| J. Amonio.                         | K. Alcalinidad           |

El oxígeno disuelto lo determiné mediante el método winkler; fosfatos (P-PO<sub>4</sub>), nitratos (N-NO<sub>3</sub>), calcio, amonio, dureza total, dureza de carbonatos mediante el método aquaquant de Merck, y el Ph, acidez y alcalinidad mediante colorimetría (American Public Health

Association APHA, 1985). Los equipos (kit de reactivos **AQUAMERCK** y disco Secchi) fueron facilitados por el Grupo de Estudios en Recursos Hidrobiológicos Continentales de la Universidad del Cauca.

Con el fin de delimitar la laguna de La Laguna y obtener datos sobre sus propiedades morfométricas (Área total del espejo de agua, zona fótica, perímetro, ancho y longitud máxima) construí un mapa base de la laguna de La Magdalena mediante georeferenciación con GPS y utilizando el software arcGis 9.x (Environmental Scientific Research Institute -ESRI-, 2006). Este programa es un desarrollo de Sistemas de Información Geográfica Desktop, utilizado para el análisis de mapas temáticos (Montenegro, 2006). La zona fótica la establecí mediante el disco Secchi (Henao, 1987).

### **7.1.3 Componente antrópico**

Mediante el dialogo con las comunidades e instituciones locales, identifique los actores sociales que giran en torno al ecosistema laguna de La Magdalena y efectué una descripción general de su papel dentro del ecosistema.

### **7.2 Modelación ecológica del ecosistema**

Elaboré un modelo fenomenológico del ecosistema, basado en el sistema de flechas y símbolos (Odum, 1972), con el fin de visualizar la distribución y organización de los diferentes factores bióticos y abióticos que componen este ecosistema, como también las interrelaciones y dependencias ecológicas entre componentes.

### **7.3 Evaluación de impacto ambiental**

Realicé una descripción de los posibles impactos derivados de actividades humanas que podrían estar a corto y/o largo plazo alterando los componentes e interrelaciones de este ecosistema y mediante la implementación de la matriz de FEARO (Oficina Federal de Revisión y Análisis Ambiental de Canadá – FEARO; Figueroa et al., 1998) y Matriz de CIR (Figueroa et al., 1998) visualicé los posibles impactos y las actividades generadoras de mayor impacto.

### **7.4 Nivel de vulnerabilidad del ecosistema**

Para mostrar el posible nivel de vulnerabilidad del ecosistema a los tensores identificados implementé el análisis de influencias dependencias, el cual consiste en la elaboración de una matriz y un plano que permiten realizar un análisis de variables influyentes y dependientes y evaluar de manera cualitativa las que más alteran el ecosistema (Figueroa et al., 1998).

### **7.5 Pautas y estrategias generales de gestión ambiental para el ecosistema laguna de La Magdalena**

Mediante el análisis de los resultados obtenidos en el estudio realizado para este trabajo, propuse algunos lineamientos a tener en cuenta para el mantenimiento a corto y largo plazo de la integridad de este ecosistema.

## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1 CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL ECOSISTEMA LAGUNA DE LA MAGDALENA

#### 8.1.1 Componente biótico:

Para la caracterización ambiental del componente biótico del ecosistema “laguna de La Magdalena” obtuve información de especies de fauna (aves, mamíferos, anfibios) y flora (cobertura vegetal) del ecosistema, obteniendo los siguientes resultados:

##### 8.1.1.1. Fauna

- ◆ **Aves:** Mediante los métodos propuestos: detecciones visuales y auditivas y captura con redes de niebla, obtuve un inventario preliminar de la avifauna del ecosistema laguna de La Magdalena, compuesto por 75 especies pertenecientes a 29 familias, el cual relaciono a continuación en la tabla 3 y figura 4.

**Tabla 3.** Listado de especies de aves presentes en el ecosistema laguna de la magdalena. Indico además el biotopo o ambiente más frecuente en el que fueron detectadas (A: Laguna; B: Bosque Achaparrado; C: Frailejónal, matorral y pajonal) y el método de registro de la especie (Visual = V, Auditivo = A, Captura = C).

ORDEN/especie	Nombre local	Familia	Biotopo			Método de registro
			A	B	C	
TINAMIFORMES <i>Nothocercus Julius</i>	Charchara	Tinamidae		*		A
ANSERIFORMES <i>Anas flavirostris</i>	Pato	Anatidae	*			V
GALLIFORMES <i>Penélope montagnii</i>	Pava	Cracidae		*		V
<i>Chamaepetes goudotii</i>	Pava	Cracidae		*		V
PODICIPEDIFORMES <i>Podiceps occipitales</i>	Pato	Podicipedidae	*			V
FALCONIFORMES <i>Buteo polyosoma</i>	Aguila	Accipitridae		*	*	V
<i>Falco sparverius</i>	Halcón	Falconidae		*	*	V
<i>Phacoboenus carunculatus</i>	Curiquinga	Falconidae		*	*	V
CHARADRIIFORMES <i>Tringa melanoleuca</i>		Scolopacidae	*			V
<i>Gallinago sp.</i>	Guchana	Scolopacidae	*		*	V
COLUMBIFORMES <i>Patagioenas fascista</i>	Collareja	Columbidae		*		V

PSITTACIFORMES					
<i>Leptositaca branickii</i>	Perico de páramo	Psittacidae	*		V
<i>Bolborhynchus ferrugineifrons</i>	Cotorra	Psittacidae	*		V
<i>Pionus seniloides</i>	Cotorra	Psittacidae	*		V
STRIGIFORMES					
<i>Ciccaba albitarsus</i>	Coscongo	Strigidae	*		A
APODIFORMES					
<i>Streptoprogne zonaris</i>		Apodidae	*	*	V
<i>Heliangelus exortis</i>		Trochilidae	*	*	C
<i>Coeligena torquata</i>		Trochilidae	*		C
<i>Coeligena lutetiae</i>		Trochilidae	*		C
<i>Lafresnaya lafresnayi</i>		Trochilidae	*		C
<i>Opisthoprora euryptera</i>		Trochilidae	*		C
<i>Eriocnemis mosquera</i>		Trochilidae	*	*	C
<i>Eriocnemis derbyi</i>		Trochilidae	*	*	C
<i>Eriocnemis vestitus</i>		Trochilidae	*	*	C
<i>Metallura williami</i>		Trochilidae	*	*	C
<i>Metallura tyrinathina</i>		Trochilidae	*	*	C
<i>Chalcostigma herrani</i>		Trochilidae	*		C
<i>Aglaeactis cupripennis</i>		Trochilidae	*		C
TROGONIFORMES					
<i>Trogón personatus</i>	Soledad	Trogonidae	*		V
PICIFORMES					
<i>Andigena hypoglauca</i>	7 colores	Ramphastidae	*		V
<i>Campephilus melanoleucos</i>	Carpintero	Picidae	*		V
PASSERIFORMES					
<i>Schizoeaca fuliginosa</i>		Furnariidae	*	*	C
<i>Margarornis squamiger</i>		Furnariidae	*		C
<i>Synallaxis sp.</i>		Furnariidae	*	*	C
<i>Hellmayrea gularis</i>		Furnariidae	*	*	C
Sp. 1	Mulita	Dendrocolaptidae	*		V
<i>Grallaria rufula</i>	Tororoi	Formicariidae	*		C
<i>Grallaria nuchalis</i>	Tororoi	Formicariidae	*		A
<i>Grallaria quitensis</i>	Tororoi	Formicariidae	*		C
<i>Scytalopus sp.</i>		Rhinocryptidae	*		C
<i>Pyrrhomyias cinnamomea</i>		Tyrannidae	*	*	C
<i>Myioborus ornatus</i>	Monjita	Tyrannidae	*		C
<i>Mecocerculus leucophrys</i>		Tyrannidae	*		C
<i>Anairetes agilis</i>		Tyrannidae	*		C
<i>Ochthoeca frontales</i>		Tyrannidae	*	*	C
<i>Ochthoeca fumicolor</i>		Tyrannidae	*	*	C
<i>Ochthoeca rufipectoralis</i>		Tyrannidae	*	*	C
<i>Myiotheretes fumigatus</i>		Tyrannidae	*	*	C
<i>Pseudotriccus ruficeps</i>		Tyrannidae	*		C
<i>Cyanolyca viridicyana</i>	Quinquina	Corvidae	*		V
<i>Notiochelidon murina</i>	Golondrina	Hirundinidae	*	*	C
<i>Cistothorus platenses</i>	Cucarachero	Troglodytidae	*	*	C
<i>Troglodytes solstitialis</i>	Cucarachero	Troglodytidae	*	*	C
<i>Turdus fuscater</i>	Mirla	Turdidae	*	*	C
<i>Turdus serranus</i>	Mirla	Turdidae	*	*	C
<i>Basileuterus nigrocristatus</i>		Parulidae	*		C
<i>Urothraupis stolzmani</i>		Thraupidae	*		C
<i>Anisognathus igniventris</i>		Thraupidae	*		C
<i>Anisognathus lacrimosus</i>		Thraupidae	*		C
<i>Iridosornis rufivertex</i>		Thraupidae	*		C
<i>Chlorospingus sp.</i>		Thraupidae	*		C
<i>Buthraupis montana</i>		Thraupidae	*		C
<i>Buthraupis wetmorei</i>		Thraupidae	*	*	V
<i>Tangara vassorii</i>	Azulejo	Thraupidae	*	*	C
<i>Atlapetes schistaceus</i>		Emberizidae	*	*	C
<i>Atlapetes pallidinucha</i>		Emberizidae	*	*	C

<i>Atlapetes torquatus</i>	Emberizidae	*	*	C
<i>Conirostrum sitticolor</i>	Coerebidae	*	*	C
<i>Diglossa cyanea</i>	Coerebidae	*	*	C
<i>Diglossa albilatera</i>	Coerebidae	*	*	C
<i>Diglossa humeralis</i>	Coerebidae	*	*	C
<i>Catamenia homochroa</i>	Fringillidae	*	*	C
<i>Carduelis spinescens</i>	Fringillidae	*	*	C
<i>Haplospiza rustica</i>	Fringillidae		*	C
<i>Phrygilus unicolor</i>	Fringillidae		*	C

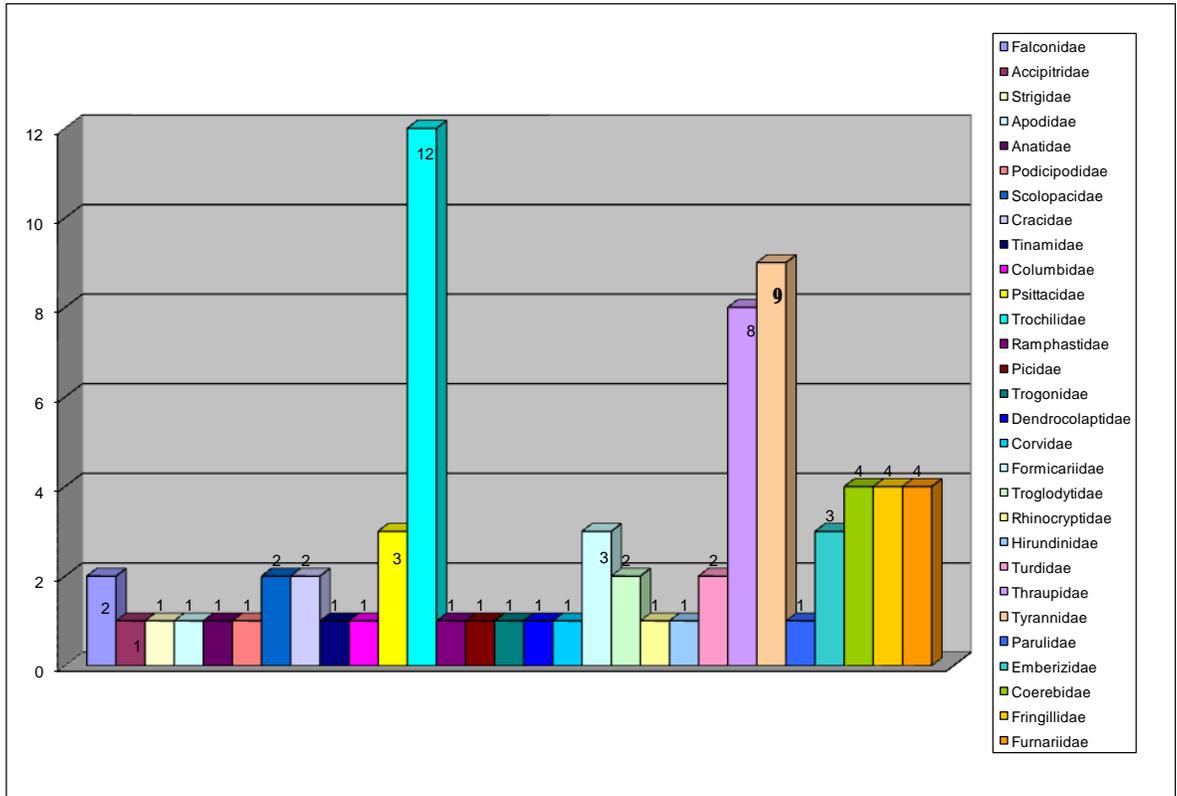


**Figura 5.** Avifauna del ecosistema laguna de La Magdalena. De izquierda a derecha, arriba: *Haplospiza rustica*, *Chalcostigma herrani*, *Iridosornis rufivertex*; en el medio: *Grallaria rufula*, *Notiochelidon murina*, *Carduelis spinescens*; abajo: *Catamenia homochroa* (hembra), *Basileuterus nigrocristatus*, *Diglossa humeralis*. (Fotos: Mario Montezuma).

**Discusión:**

Las familias con mayor número de especies fueron Trochilidae (12), Tyrannidae (9) y Thraupidae (8) para el resto de familias el número de especies varió entre 1 y 4 (Figura 5).

**Figura 6.** Número de especies de aves registradas por familias para el ecosistema laguna de La Magdalena



El inventario (tabla 3) mostró que la mayor riqueza de especies se registró en el sector del bosque achaparrado con 61 especies, mientras que la menor riqueza de especies se obtuvo en el área de la laguna donde se registraron 5 aves acuáticas. En sector de frailejón, matorral y pajónal se registraron 32 especies. En cuanto a la ocupación de los distintos biotopos o ambientes (Laguna, Bosque achaparrado y área de Frailejón, matorral y pajónal), el 46% de las especies las observé en más de un biotopo o ambiente y el 53 % restante las observé con especialización en un cierto tipo de hábitat, indicando claramente el alto grado de afectación que sobre la avifauna tendría la disminución de la cobertura vegetal de los diferentes sectores del ecosistema.

Del total de las especies observadas, 5 corresponden a aves de humedal o asociadas a su margen, como *Anas flavirostris*, *Podiceps occipitalis*, *Tringa melanoleuca*, *Gallinago* sp. y *Cistothorus platensis* (Hilty y Brown 1986). De estas especies *Tringa melanoleuca* es migratoria boreal (Morales, 2007).

De las 75 especies inventariadas 7 especies están consideradas bajo categorías de amenaza (Renjifo *et. al.*, 2002, BirdLife International, 2000) (Tabla 4) y podrían utilizarse como especies indicadoras para la protección de este ecosistema (Flórez *et. al.*, 2004).

**Tabla 4.** Avifauna con cierto grado de amenaza (según criterios de BIRDLIFE y UICN) presente en el ecosistema laguna de La Magdalena.

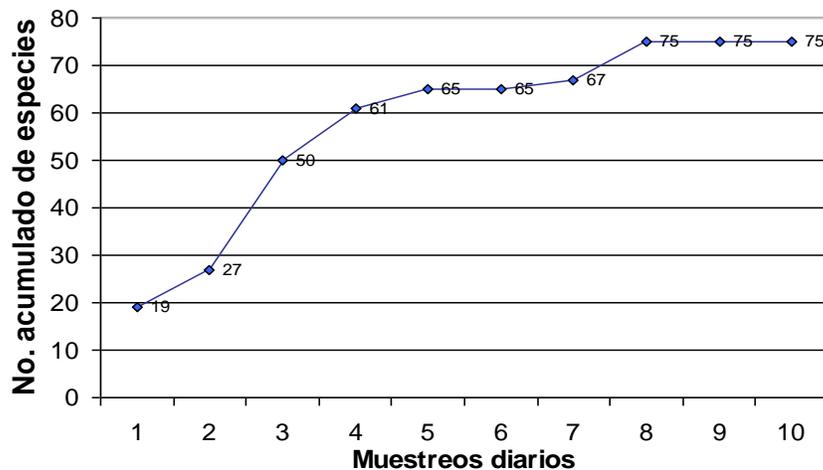
FAMILIA	ESPECIE	Categoría de amenaza (Birdlife, UICN)
Podicipedidae	<i>Podiceps occipitalis</i>	EN
Psittacidae	<i>Leptosittaca Branickii</i>	VU
Psittacidae	<i>Bolborhynchus ferrugineifrons</i>	VU
Thraupidae	<i>Buthraupis wetmorei</i>	VU
Ramphastidae	<i>Andigena hypoglauca</i>	VU
Trochilidae	<i>Eriocnemis derbyi</i>	NT
Thraupidae	<i>Iridosornis rufivertex</i>	NT

EN: En peligro; VU: Vulnerable; NT: Casi amenazado (UICN, 2004)

Se observó solo una especie acuática: *Podiceps occipitalis*, las demás se encuentran asociadas a ecosistemas de alta montaña a más de 2700 m.s.n.m (Hilthy y Brown, 1986).

Basándome en el Libro de Aves de Colombia (Hilthy y Brown, 1986), En el listado encontré 8 especies con extensión de rango altitudinal, estas son *Falco sparverius*, *Buteo polyosoma*, *Ciccaba albitarsus*, *Tringa melanoleuca*, *Pionus seniloides*, *Cyanolyca viridicyana*, *Nothocercus julius* y *Haplospiza rustica*. Esta última especie se destacó por estar registrada en la bibliografía solo hasta 2500 m.s.n.m y se registró en este muestreo a 3553 m.s.n.m. Las demás especies se encontraban referenciadas en la bibliografía hasta una altura de 3100 m.s.n.m. y las registré en este muestreo a 3467 m.s.n.m. Para verificar la representatividad del muestreo construí una curva de acumulación de especies (Figura 6), la cual evidencia que en los últimos 3 días de muestreo no hubo aumento en el número de especies registradas, indicando un posible punto de inflexión en la curva que lleve a pensar que el inventario es representativo.

**Figura 7.** Curva de acumulación de especies de aves para el ecosistema laguna de La Magdalena



Este inventario efectuado en la zona de estudio permite establecer datos generales sobre la avifauna del ecosistema laguna de La Magdalena, además permite confrontar la efectividad de los métodos de muestreo que utilice para su realización, resultando el método de detección visual y auditiva como el más efectivo, ya que comparado con el método de captura mediante redes de niebla, requirió un menor esfuerzo de muestreo y obtuve un mayor número de especies identificadas (Tabla 5)

**Tabla 5.** Número de familias, especies y registros de aves según método de muestreo

METODO	TAXÓN		TOTAL ESFUERZO DE MUESTREO	TOTAL REGISTROS
	Familias	Especies		
observaciones	28	62	48 h/observ.	307
Redes	13	41	144 h/red	199
<b>Total registros</b>				506

Adaptado de Casas y López, 2006.

Este inventario efectuado en la zona de estudio me permitió establecer datos generales sobre la avifauna del ecosistema Laguna de La Magdalena y evidenciar la necesidad de continuar con los trabajos de inventario y así poder lograr inferencias más detalladas.

◆ **Mamíferos:**

Mediante la metodología planteada obtuve una descripción de las especies de grandes mamíferos presentes en el ecosistema laguna de La Magdalena, la cual expongo en la tabla 6.

**Tabla 6.** Descripción de las especies de grandes mamíferos presentes en el ecosistema laguna de La Magdalena

ESPECIE	PARAJE	RASTRO	DESCRIPCIÓN DE HÁBITAT
<b>OSO DE ANTEOJOS</b> <i>Tremarctos ornatus</i>	Sector sur de la laguna de La Magdalena, subiendo en Dirección al cerro La Placa	Se encontró un camino formado por las huellas que sigue paralelo a la laguna en dirección al cerro, además se encontraron a lo largo del camino varias bromelias mordidas y despedazadas (Figura 7).	Frailejonal; conectividad escasa teniendo en cuenta que el bosque achaparrado se encuentra bien alejado y el camino Nacional está relativamente cerca. Distancia a la laguna 15m; cobertura del estrato herbáceo 75%, principalmente pastos genero <i>Calamagrostis</i> y <i>Chusquea tesellata</i> ; frailejón <i>Espeletia hartwegiana</i> de 1 m. y hierbas más pequeñas; cobertura del estrato rasante del 100% totalmente cubierto por musgo, hepáticas y hojas de frailejón descompuestas; pendiente suave de 4° aproximadamente.
	Mitad del ascenso al cerro "La Placa". 3.553msnm	Cantidad de residuos de frailejón <i>Espeletia hartwegiana</i> , especie de la cual se alimenta.	Páramo, área de Frailejón; conectividad escasa debido a la lejanía del bosque; cobertura del estrato herbáceo 60%, con frailejones de 1 a 1,5 m, pastos de 50cm; estrato rasante con cobertura del 100% con musgo y frailejones caídos; distancia a la laguna 500m; pendiente quebrada con 25°.
	Orilla alrededor laguna La Magdalena. 3467msnm	Varios caminos formados por las huellas, algunos de subida que van hacia diferentes puntos de la cuchilla "Las Tres Tulpas" y otros de bajada que llegan a la laguna, en uno de los caminos se encontraron heces de esta especie. Altitud: 3468 msnm.	Arbustos de 3m, con cobertura del 60%; hierbas con algunos helechos, cobertura 30%; 5m de la Laguna; pendiente ondulada de más o menos 17°.

<b>DANTA DE MONTAÑA</b> <i>Tapirus pinchaque</i>	<p>Área de humedal afluyente a la laguna de La Magdalena, ubicada entre la cuchilla Las Tres Tulpas y el cerro Vigías conocida como "Valle de Las Dantas". 3470msnm.</p>	<p>Se visualizan varios caminos con gran cantidad de huellas superpuestas.</p>	<p>Páramo, Pastizal; conectividad media, si nos referimos a que había un bosque mediano cerca del humedal, cobertura del estrato arbustivo 20%; cobertura del estrato rasante 85% debido a las zonas de agua y a las zonas de barro, el resto dominado por hepáticas y musgos; distancia a la laguna 500 m; pendiente suave de 6° aproximadamente.</p>
	<p>Orilla alrededor laguna La Magdalena. 3467msnm</p>	<p>Varios Caminos con gran cantidad de huellas. 3473 msnm</p>	<p>Sitio muy pantanoso; a menos de 3m. de la Laguna, se caracteriza por estar rodeada de Pastos de 2m de altura aproximadamente. Perdida parcial del estrato rasante por el barro que se forma por pisoteo del animal y el agua que se filtra de la laguna; pendiente suave de 3°.</p>
<b>VENADO CONEJO</b> <i>Pudu mephistopheles</i>	<p>Cuchilla Las Tres Tulpas en dirección al cerro Vigías.</p>	<p>Registro visual directo de un individuo que huyó al sentir presencia extraña. Se lograron divisar sus cornamentas, lo que indica que es un macho, el acercamiento a la zona donde estaba el individuo corroboró sus huellas.</p>	<p>La zona se caracterizó por ser un pajonal pequeño de conectividad nula, son algunos arbustos no mayores a 2 m. y muchas plantas herbáceas.</p>

<p><b>VENADO</b> <i>Mazama spp.</i></p>	<p>Orilla alrededor laguna La Magdalena. 3467msnm</p>	<p>Varios caminos de huellas. Altitud: 3470msnm.</p>	<p>Sitio muy pantanoso; a menos de 50 centímetros del espejo de agua de la laguna, se caracteriza por estar rodeada de Pastos de 2m de altura aproximadamente. Perdida parcial del estrato rasante por el barro que se forma por pisoteo del animal y el agua que se filtra de la laguna; pendiente suave de 3°.</p>
<p><b>PUMA O LION</b> <i>Puma concolor</i></p>	<p>Cuchilla “Las Tres Tulpas”. 3515msnm</p>	<p>10 excretas de felino de color blancuzco por su rápida degradación, característico en felinos; posiblemente. Se encontraron a lo largo del filo de la cuchilla.</p>	<p>Vegetación de Páramo, principalmente frailejones y pastos, y el suelo cubierto casi en un 90% por musgos, hepáticas material vegetal en descomposición y hierbas de menos de 10 cm. algunas de las muestras se notaban frescas de menos de 1 mes o menos y otras más viejas de 2 o 3 meses atrás, en las heces se encontró abundante pelo, fragmentos de huesos y pesuñas de venado; se recolectaron para su posterior análisis.</p>

## Análisis:

**Tabla 7.** Listado de especies de grandes mamíferos presentes en el ecosistema laguna de La Magdalena y que muestran cierto grado de amenaza (según categoría global UICN 2003)

ESPECIE	Nombre común	Categoría de amenaza (UICN)
<i>Tapirus pinchaque</i>	Danta de montaña	EN
<i>Tremarctos ornatus</i>	Oso de anteojos	VU
<i>Pudu mephistopheles</i> *	Venado conejo	NT
<i>Mazama sp.</i>	Venado de páramo	NT
<i>Puma concolor</i> *	Puma o lion	NT

EN: En peligro; VU: Vulnerable NT: Casi amenazado; \* categoría global UICN 2005.

- **Oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*):** encontré varios caminos en este ecosistema, las huellas en ambas direcciones entre la cuchilla Las Tres Tulpas y la orilla de la laguna. Un camino en particular, sigue toda la cima de la cuchilla Las Tres Tulpas, el cerro La Placa y cerro Los Remedios y según el guardaparque voluntario y guía de la comunidad, gran conocedor de la zona, Gustavo Papamija, es un camino que viene desde el sector de Sotará, cruza el páramo de las papas pasando por este ecosistema y sigue en dirección a las lagunas de Santiago y Cusiyaco. Posteriormente sigue su trayecto hacia el sector de humedales como Sucubum.

Encontré además un camino que pasa por el cerro Vigías y desciende hacia un sector conocido como el “valle de Las Dantas” que es un sector con un alto nivel freático y que forma un colchón de agua que sirve como afluente a la laguna de La Magdalena, este camino se dirige hacia el flanco occidental de la cuchilla Las Tres Tulpas.

En numerosos sectores del ecosistema encontré frailejones pertenecientes a la especie *Espeletia hartwegiana*, tumbados y desgarrados. Según el guía de la comunidad, el oso de anteojos hace esto para alimentarse del tallo, así como también una bromelia del género *Puya*, conocida por la comunidad como “Uña de gato”, de la cual según el guía de la comunidad, también se alimenta esta especie.

En el excremento de *Tremarctos ornatus* encontré semillas de la especie conocida comúnmente como “Jigua” esta especie se encuentra a menor altura en el bosque altoandino y no se encuentra en el área de estudio, al parecer la consume en otro sector (Figura 7).



**Figura 8.** Hábitos alimenticios de *Tremarctos ornatus*. **arriba:** bromelia del genero *Puya*, conocida como “uña de gato” desgarrada por *Tremarctos ornatus* y a la derecha su inflorescencia. **abajo:** excremento de *Tremarctos ornatus* con semillas de la especie conocida comúnmente como “jigua”. Huellar: señales de *Tremarctos ornatus*. Fotos: Mario Montezuma.

Por los rastros que observé en campo, se podría pensar que de este camino principal, por así decirlo, que pasa por la cima de la cuchilla Las Tres Tulpas, el cerro La Placa y cerro Los Remedios, se desprenden caminos secundarios que descienden a la orilla de la laguna y ascienden de nuevo hacia el camino principal, convirtiendo a este ecosistema en un sector de paso, donde se alimenta esta especie.

- **Danta de montaña (*Tapirus pinchaque*):** encontré varios caminos con huellas en doble sentido alrededor de la orilla de la laguna, en más cantidad del lado de la cuchilla Las Tres Tulpas, ya que de esta zona encontré varios caminos que descienden y ascienden a esta cuchilla. Observé gran cantidad de huellas en todos los sectores del ecosistema.

Existe una zona conocida como el “valle de Las Dantas” donde se visualiza un amplio camino con muchas huellas superpuestas y restos de heces fecales (Figura 8).



**Figura 9.** Rastros de *Tapirus pinchaque*. Excremento de danta de montaña y un rastro de huellas (superpuestas). Fotos: Mario Montezuma

- **Venados:** obtuve un registro visual de venado conejo *Pudu mephistopheles*, este registro es de gran importancia ya que esta especie es insignia del Parque Nacional Natural Puracé y no se encontraba referencia de su presencia puntual para este ecosistema. Encontré caminos con rastros de huellas y heces (Figura 9) de venados del genero *Mazama* spp. ubicados a las orillas de la laguna.



**Figura 10.** Rastros de *Mazama* sp. Excremento de venado, posiblemente del genero *Mazama*. Foto. Mario Montezuma.

- **Puma o Lion (*Felis concolor*):** encontré un camino a lo largo de la cima de la cuchilla Las Tres Tulpas, camino que según el guía de la comunidad, sigue su recorrido hacia la serranía de Peñas Blancas. En este camino se encontraron huellas y rastros de excretas que al ser analizadas en el laboratorio del Museo de Historia Natural de la Universidad

del Cauca, se encontró rastros de pelo perteneciente al mismo individuo y además otros pelos posiblemente de venados.

Encontré también fragmentos de huesos que solo pudieron separarse como pertenecientes a mamíferos y de aves. Encontré una uña de ave que podría pertenecer a *Nothocercus julius*, un tinamú conocido en la zona como “Charchara” y las pesuñas de un venado que luego de compararlas con un individuo de la colección del Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca determiné que pertenecía a *Pudu mephistopheles* conocido como venado conejo (Figura 10).



**Figura 11.** Rastros de *Felis concolor*. Restos de excretas de puma, se observa cascotes de venado y pelos pertenecientes a el mismo individuo y a otras especies. Fotos: Mario Montezuma, Ricardo García.

### Discusión:

Es importante aclarar que hacia esta zona del PNN Puracé, a pesar de los indicios de la fauna nativa que se ha recopilado con la ayuda de guardaparques como Parmenides Papamija y Gustavo Adolfo Papamija y sabedores indígenas como Milo Anacona, no se tiene información en campo que confirme los registros.

Todas las especies identificadas tienen varios puntos en común, todas estas especies tienen en la cima de la cuchilla Las Tres Tulpas caminos principales que comunican diferentes sectores del noroccidente al suroriente del páramo de Las Papas.

Encontré registros reales y actuales de oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) y danta de montaña (*Tapirus pinchaque*), especies valores objeto de conservación para el Parque Nacional Natural Puracé.

Además de los registros mencionados encontré también rastros de actividad de otras especies muy importantes tanto biológica como ecológicamente para este ecosistema como son el venado conejo (*Pudu mephistopheles*), venados y el puma (*Puma concolor*).

La presencia y el uso del hábitat de estos mamíferos son muy importantes para la conservación y el balance de los ecosistemas, se podría obtener una relación planta-animal-ecosistema, más específica para esta región del país.

Se evidencia la necesidad de hacer análisis más profundos de los rastros encontrados como heces fecales, para ver la antigüedad de los rastros y de los caminos utilizados por estas especies.

Para futuros planes de manejo se recomienda saber bien cuáles son los caminos principales de estos animales para evitar construir senderos o estructuras que crucen o corten estos caminos y terminen fragmentando los caminos construidos y utilizados desde hace mucho tiempo por estos animales.

### Anfibios:

Realicé búsquedas durante el día y la noche, sin embargo todos los especímenes los colecté de día. Los días presentaron abundante y baja neblina. Los individuos los encontré todos en reposo bajo sustrato rocoso, a excepción de *Hyloscirtus tigrinus* que fue colectado mientras se desplazaba dentro de la Laguna. Los resultados obtenidos de las colectas arrojaron especímenes solo pertenecientes al orden Anura o Salientia (ranas y sapos) los cuales relaciono a continuación en la tabla 8 y figura 11.

**Tabla 8.** Especies de anuros colectadas en el ecosistema laguna de La Magdalena

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	sustrato donde se encontró el ejemplar	No. Individuos colectados	Número colección - ICN -
LEPTODACTYLIDAE	<i>Pristimantis</i>	<i>Pristimantis myersi</i> (Goin y Cochran, 1963)	Bajo sustrato rocoso/ hojarasca	4	ICN 54636 a 54638
LEPTODACTYLIDAE	<i>Pristimantis</i>	<i>Pristimantis buckleyi</i> (Boulenger, 1882)	Bajo sustrato rocoso/Barro	2	ICN-54639 a 54640
LEPTODACTYLIDAE	<i>Pristimantis</i>	<i>Pristimantis sp.</i> (Lynch, 1972)	Bajo sustrato rocoso	4	ICN-54645 a 54648
LEPTODACTYLIDAE	<i>Niceforonia</i>	<i>Niceforonia sp.</i> (Peters, 1873)	Bajo sustrato rocoso/Barro	2	ICN-54649 a 54650
BUFONIDAE	<i>Osornophryne</i>	<i>Osornophryne talipes</i> (Peracca, 1904)	Bajo sustrato rocoso/ riachuelo	3	ICN-54636 a 54638
HYLIDAE	<i>Hyloscirtus</i>	<i>Hyloscirtus tigrinus</i> (Mueses-Cisneros y Anganoy-Criollo, 2008)	orilla de la laguna, límite suelo/agua	1	ICN-54635

Ninguna de las especies encontradas esta reportada con algún problema de conservación (Rueda-Almonacid *et. al.*, 2004), sin embargo, es pertinente anotar que no se han realizado anteriormente estudios con anfibios en el ecosistema Laguna de La Magdalena y por lo tanto no existe información ecológica que permita conocer el estado de sus poblaciones, sobre todo *Hyloscirtus tigrinus*, especie recientemente descubierta y en la que en este estudio se reporta una ampliación de rango de distribución geográfica para el Parque Nacional Natural Puracé (departamentos de Cauca y Huila) (Montezuma y Mueses-Cisneros, 2009).

## Descripción de especies de anuros colectadas:

***Pristimantis* sp:** Lynch, 1972. Especie perteneciente al género *Pristimantis*, descrito por Duméril y Bibron en 1841. Se colectaron 4 especímenes, 1 hembra de 34.0 mm y 3 machos adultos, de 29.6 mm 31.4 mm y 32 mm. Se caracterizan por las verrugas achatadas en su dorso (Lynch, 1981).

***Niceforonia* sp:** Peters, 1873. Genero típico de hábitats de bosques de niebla, subparamo, paramo y puna de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. Altitud: entre 1000 – 4400 msnm. Colecté 2 especímenes de 7.2 mm y 3.2 cm.

***Pristimantis myersi*:** Goin y Cochran, 1963. Conocido en Colombia del flanco occidental de la Cordillera central en el departamento de Cauca (Termales de San Juan y Municipio de Puracé) y Nariño (Km 12 E Pasto, Paramos del nudo de los Pastos, Laguna de la Cocha, Paramo del Tabano, Pasto). Altitud entre 2900-3180 msnm.

Colecté 4 especímenes, tres machos de 5.1 mm, 4.5 mm, 7,2 mm y una hembra de 9.8 mm colectados el 26 de abril de 2008.

Esta especie no tiene dientes vomerinos, presenta manchas ligeras en la ingle y axila y en algunos casos manchas amarillas pálidas en la superficie posterior de los muslos, poco desarrollo de los dientes maxilares; lengua tres cuartos tan ancha como la apertura de la boca, casi redondo, el lado posterior libre y dentado; el hocico ampliamente redondeado, perfil estrechamente truncado, *Canthus rostralis* parece afilado debido a un espinazo glandular a lo largo del párpado hasta casi el orificio nasal; los dedos bastante largos, con los discos en los tres exteriores, el dedo interno no agrandó a la punta, los tubérculos metacarpianos desarrollaron bien. (Cochran y Goin 1970).

***Pristimantis buckleyi*:** Boulenger, 1882. Conocido de la Cordillera Central de Colombia hasta el Nudo de los Pastos; Cordillera Occidental del Ecuador Norte; Cordillera Oriental del Ecuador hasta el Nevado Cayambe entre 2400-3700 m, pero principalmente arriba de 3200 m en páramo y bosque nublado (Frolich *et. al.*, 2003).

Colecté 2 especímenes, 1 hembra adulta de 38.2 mm y 1 macho adulto de 25.1 mm. Colectados el 24 de abril de 2008. Esta especie presenta una coloración Gris-café claro hasta amarillo-café, café oscuro, café rojizo y negro. Dorso moteado de blanco; costados, ingles y superficies escondidas de las extremidades amarillo-cremoso o, a veces, crema. Vientre frecuentemente crema oscura con puntitos cafés que le den una apariencia gris o negro Iris café oscuro con reticulaciones negras, parte media presenta una franja horizontal bronce -chocolate con una patina colorado o bronce-cobre y un rayo horizontal de café (Frolich *et. al.*, 2003).

***Osornophryne talipes*:** Peracca, 1904. Conocida en el sur de Colombia en los departamentos de Cauca, Huila, Nariño y Putumayo y de los altos páramos y bosques del Norte de Ecuador. Altitud entre los 2800 y 4700 msnm (Acosta 2000, Frolich *et. al.*, 2003).

Colecté 3 especímenes, una hembra juvenil de 24 mm LRC y dos machos adultos de 27.5 y 28 mm LRC. Colectados el 24 de abril de 2008. Esta especie presenta movimientos

distintivos de cámara-lenta, Forma gorda y plana, piel extremadamente tuberculosa y pies completamente membranados (Frolich *et. al.*, 2003), un rostro no terminado en una probóscide y no abruptamente truncado, piel del dorso rugosa o lisa, sin coloración ventral amarillo y negro, machos con almohadillas nupciales con o sin pigmentación, abultadas, con numerosas ornamentaciones delgadas en el dedo I y en menor grado en el dedo II (Mueses-Cisneros, 2003).

***Hyloscirtus tigrinus***: Mueses-Cisneros y Anganoy-Criollo, 2008. Localidad típica: Colombia, Departamento de Nariño, Municipio de Pasto, corregimiento El Encano, Reserva Natural Privada Castelvi, 01°10'55.18"N, 77°09'44.45W, 3060 m (Mueses-Cisneros y Anganoy-Criollo, 2008).

**Distribución**: Conocida en Colombia, en el departamento de Nariño, municipio de Pasto, Corregimiento El Encano, Reserva Natural Privada Castelvi (Mueses-Cisneros y Anganoy-Criollo, 2008) y en la Laguna de La Magdalena, Parque Nacional Natural Puracé, zona limítrofe entre los departamentos del Cauca y Huila. Altitud entre 3060-3467 msnm.

El espécimen que colecté corresponde a una hembra adulta de 62.9 mm SVL, con numerosos huevos y el oviducto bien enroscado, colectado el 26 de abril de 2008.

Esta especie presenta (1) tamaño grande, (2) grandes manos y pies con grandes discos terminales y con algo de membranas, (3) cráneo bien osificado, con un esfenetmoides extensivamente bien osificado y una pequeña fontanela fronto-parietal, (4) cuadratojugal presente, (5) odontoforos vomerinos largos, transversos, posteriores a las coanas y terminando medialmente, (6) tubérculo prepolico soportado por un amplio, elíptico y osificado preplex, (7) renacuajos grandes con larga cola muscular, (8) boca larval ventral, con una o dos hileras completas de papilas marginales y tantos como ocho hileras superiores y diez hileras inferiores de denticulos, un tubérculo calcar carnoso y prominente y su distintivo patrón de coloración dorsal amarillo-verde a verde, con barras transversales negro, flancos blanquecinos y discos mayormente negro (Montezuma y Mueses-Cisneros, 2009).

### **Análisis:**

Los anfibios son un componente importante de los ecosistemas y en el caso de los anuros, algunas poblaciones poseen densidades y abundancias relativamente altas por lo que su aporte como biomasa a los flujos de energía, los convierte en pieza fundamental del ecosistema, al actuar como depredadores de invertebrados y como elementos importantes en la dieta de otros vertebrados.

Los anfibios han sido considerados excelentes modelos para establecer el nivel de deterioro de los hábitats, dado que figuran como uno de los grupos más sensibles a la alteración y pérdida de hábitats naturales, introducción de especies exóticas, sobreexplotación, contaminantes atmosféricos, uso de agroquímicos y cambios climáticos globales. Lo anterior se atribuye en gran medida a sus características fisiológicas, comportamentales y ecológicas, como por ejemplo su piel permeable y ciclo de vida típicamente dependiente de hábitats acuáticos y terrestres las cuales los distinguen de otros organismos (Galeano *et. al.*, 2006).

Según Crump (1971), la abundancia y distribución de anuros depende de aspectos de microhábitats y microclimas determinados por un cierto tipo de fisonomía vegetal relacionada con la estructura y madurez del bosque, cambios en esta estructura, pueden según Grant *et. al.*, (1994), producir efectos directos e indirectos sobre las comunidades locales y regionales (p.ej. pérdida directa de hábitats, cambios microclimáticos, reducción de microhábitats disponibles, pérdida de nichos tróficos).

Gracias a que la laguna de La Magdalena se encuentra dentro del Parque Nacional Natural Puracé, las actividades agrícolas, ganaderas y la tala de especies nativas que afectan actualmente la zona de traslape, hasta el momento no se presentan en este ecosistema paramuno, sin embargo la fragmentación del bosque producida por el turismo mal dirigido y la apertura de caminos y senderos (y por otros factores a los que se hará referencia posteriormente en la Evaluación de Impacto Ambiental de este ecosistema) podrían de seguir así, según los estudios con anuros de Marsh y Pearman (1997), estar modificando su componente biótico y aumentando el efecto de borde, alterando su distribución y dinámica poblacional.

Según los estudios efectuados por Duellman y Thomas (1996) y Osorno-Muñoz (1999), la fragmentación del bosque producida en este tipo de ecosistemas puede volver sensibles las poblaciones y comunidades de anuros, ya que alteraciones en sus características fisiológicas y etológicas, junto con cambios ambientales producidos por altibajos en la temperatura, la precipitación y la humedad relativa del aire, alterarían su integridad ecológica dentro del ecosistema.

Por otro lado, se sabe que la heterogeneidad en la composición vegetal del bosque hace que exista una alta diversidad de microhábitats y recursos, que permiten la existencia de una variada gama de especies (Vargas y Castro 1999). Sin embargo, para las poblaciones y comunidades de anfibios del ecosistema Laguna de La Magdalena no existe datos que puedan poner a prueba estas hipótesis, en este sentido hay que tener en cuenta recomendaciones de autores como Grant *et. al.*, (1994), los cuales resaltan la necesidad de estudios que dilucidan la diversidad en estos ecosistemas, en particular estudios de campo de los mecanismos base de la dinámica de las poblaciones de anfibios, en respuesta a la diversidad estructural del bosque.

Espero que este muestreo preliminar de anfibios que realicé en este ecosistema genere nuevas expectativas que permitan ampliar rápidamente el conocimiento del estado actual de sus poblaciones y comunidades de anfibios, sobre todo ante los estudios realizados por Merino-Viteri (2001) y Ron *et. al.*, (2003), quienes en las décadas de los 80s y 90s evidenciaron fuertes declinaciones de anfibios durante una inusual combinación de altas temperaturas, días secos y bajas precipitaciones en los Andes del norte de Ecuador, además descartar la presencia o no de entes causantes de pérdida de anfibios como patógenos, en particular del hongo quitridio *Batrachochytrium dendrobatidis*, con el fin de sugerir nuevas técnicas de manejo que minimicen la pérdida de biodiversidad.



**Figura 12.** Anuros presentes en el ecosistema laguna de La Magdalena. **Arriba.** *Hyloscirtus tigrinus* (Mueses-Cisneros y Anganoy-Criollo, 2008) y *Pristimantis* sp. (Buméril y Bibrón, 1841). **Medio.** *Pristimantis buckleyi* (Boulenger, 1882) y *Pristimantis myersi* (Goin y Cochran, 1963). **Abajo:** *Niceforonia* sp. (Peters, 1873) y *Osornophryne talipes* (Peracca, 1904). Fotos: Mario Montezuma.

### 8.1.1.2 Flora

El inventario florístico que obtuve en el ecosistema laguna de La Magdalena muestra una riqueza específica de 77 especies y lo relaciono a continuación en la tabla 9. Es pertinente comentar que la colección florística realizada para este trabajo no se incluyó en una colección.

**Tabla 9.** Inventario florístico del ecosistema laguna de La Magdalena

<i>FAMILIA/especie</i>	<i>Nombre local*</i>	<i>FAMILIA/especie</i>	<i>Nombre local*</i>
<b>ANGIOSPERMAS</b>			
<b>ASTERACEAE</b>		<b>CUNNONIACEAE</b>	
<i>Pentacalia andicola</i>	Paramayuyo	<i>Weinmannia sp.</i>	Encino
<i>Pentacalia vaccinioides</i>	Guasguin	<i>Weinmannia brachystachya</i>	Encenillo de páramo
<i>Oritrophium peruvianum</i>		<b>ORCHIDACEAE</b>	
<i>Loricaria lagunensis</i>		<i>Odontoglossum sp.</i>	Orquídea
<i>Senecio sp.</i>		<i>Epidendrum torquatum</i>	Orquídea
<i>Senecio sp2.</i>		<b>POLYGALACEAE</b>	
<i>Diplostephium sp.</i>	Paramayuyo	<i>Monnina sp.</i>	Monnina
<i>Diplostephium hartwegii</i>	Chilca de paramo	<i>Monnina rupestris</i>	
<i>Bidens sp.</i>	Barbasco	<b>MELASTOMATACEAE</b>	
<i>Espeletia sp.</i>	Frailejón	<i>Tibouchina sp.</i>	Sanguépaba
<i>Espeletia hartwegiana</i>	Frailejón	<b>ERIOCAULACEAE</b>	
<i>Chevreulia sp.</i>		<i>Paepalanthus sp.</i>	
<i>Xenophyllum humile</i>		<b>MYRTACEAE</b>	
<i>Lasiocephalus sp.</i>		<i>Myrteola nummularia</i>	Guayabilla de páramo
<i>Ageratina tinifolia</i>	Ayabara	<b>PTERIDACEAE</b>	
<b>ERICACEAE</b>		<i>Jamesonia sp.</i>	
<i>Disterigma empetrifolium</i>	Paramoyuyo	<b>CARIOPHYLLACEAE</b>	
<i>Disterigma sp.</i>	Quereme	<i>Drymaria sp.</i>	
<i>Vaccinium floribundum</i>	Mortiño	<b>JUNCACEAE</b>	
<i>Plutarchia angulata</i>		<i>Luzula gigantea</i>	
<i>Bejaria sp.</i>	Carbonero	<b>FABACEAE</b>	
<i>Pernettya prostrata</i>	Mortiño	<i>Lupinus sp.</i>	Arverjilla
<b>POACEAE</b>		<b>AQUIFOLIACEAE</b>	
<i>Chusquea tesellata</i>	Chusque	<i>Ilex myricoides</i>	
<i>Cortaderia nítida</i>	Pasto	<b>VALERIANACEAE</b>	
<i>Calamagrostis sp.</i>	Cortadera	<i>Valeriana bracteata</i>	Pecueca
<b>CYPERACEAE</b>		<b>LOGANIACEAE</b>	
<i>Carex sp.</i>	Chulco	<i>Desfontainia parvifolia</i>	
<i>Rhynchospora sp1.</i>	Cortadera	<b>VISCACEAE</b>	
<i>Rhynchospora sp2.</i>	Cortadera		
<i>Rhynchospora sp3.</i>	Cortadera		
<i>Oreobolus goeppingeri</i>			
<b>CLUSIACEAE</b>			
<i>Hypericum ruscooides</i>	Romerillo		
<i>Hypericum laricifolium</i>	Romerillo		
<i>Hypericum aciculare</i>	Romerillo		
<i>Hypericum sp.</i>	Romerillo		
<b>ROSACEAE</b>			

<i>Arcytophyllum nitidum</i>		<i>Dendrophthora</i> sp.	Granicillo
<i>Lachemilla</i> sp.			
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Arrayán de paramo		
		<b>OXALIDACEAE</b>	
		<i>Oxalis</i> sp.	
<b>LORANTHACEAE</b>		<b>SCROPHULARIACEAE</b>	
<i>Gaiadendron punctatum</i>	Arrayán de páramo	<i>Bartsia orthocarpiflora</i>	
		<b>FAMILIA</b>	
		sp. 1	Paridera
<b>GERANIACEAE</b>		<b>CLETHRACEAE</b>	
<i>Geranium</i> sp.		<i>Clethra ovalifolia</i>	Cerote
<i>Geranium</i> sp2.			
<i>Geranium rhomboidale</i>		<b>ALSTROEMERIACEAE</b>	
		<i>Bomarea</i> sp.	mama guasca/ Cinaguata
<b>GENTIANACEAE</b>		<b>BROMELIACEAE</b>	
<i>Gentiana sedifolia</i>	Dormidera	<i>Puya</i> sp.	Uña de gato
<i>Halenia weddelliana</i>			
<i>Gentianella dacrydioides</i>			
<b>LYCOPODIOS</b>			
<b>LYCOPODIACEAE</b>			
<i>Lycopodium clavatum</i>	Licopodio		
<i>Huperzia hystrix</i>	Licopodio		
<b>HELECHOS</b>			
<b>BLECHNACEAE</b>			
<i>Blechnum auratum</i>	Helecho		
<i>Blechnum cordatum</i>	Helecho		
<i>Blechnum loxense</i>	Helecho		
<b>BRIÓFITAS</b>			
<b>MUSGOS</b>			
<b>DICRACINACEAE</b>		<b>SPHAGNACEAE</b>	
<i>Campylopus</i> sp.		<i>Sphagnum</i> sp1.	Musgo
<i>Campylopus richardii</i>		<i>Sphagnum</i> sp2.	Musgo
<i>Breutelia</i> sp.			
<b>HEPATICAS</b>			
<b>HERBERTACEAE</b>			
<i>Herbertus</i> sp.			

\*Nombres locales según Campos y Velasco, 2005., Villaquirán *et. al.*, 2004 e investigación realizada para este trabajo.

## Análisis:

La vegetación de esta zona pertenece según el mapa de unidades de paisaje del PNN Puracé (PNN Puracé, 2004) a páramo en montañas glaciovolcánicas (PMGV) y tiende en cierto modo hacia la homogeneidad, es decir la mayoría de las especies se encuentran distribuidas por toda el área de estudio. Sin embargo, se presentan zonas con mayor representatividad de ciertas especies. De este modo, tomando como eje central la laguna de La Magdalena, encontré 3 tipos fisonómicos propuestos para zonas de páramo por Rangel (2000):

- *Frailejonales:*

Ocupan la mayor parte del área de estudio. Se ubican al sur, entre los cerros La Placa y Los Remedios y la orilla de la laguna; al oriente, entre la orilla de la laguna y el camino nacional; y al norte entre la orilla de la laguna y el cerro Vigías. En estas zonas encontré principalmente especies como el frailejón *Espeletia hartwegiana*, de la familia Asteraceae, pastos del género *Calamagrostis* y *Chusquea tesellata* y ciperáceas como *Oreobolus goeppingeri*. Helechos de la familia Blechnaceae como *Blechnum auratum*, *Blechnum cordatum* y *Blechnum loxense*. Encontré ampliamente distribuida por la zona una especie perteneciente al género *Puya* de la familia Bromeliaceae conocida en la localidad como Uña de gato.

Encontré también especies con flores características de esta zona pertenecientes a la familias Fabaceae del género *Lupinus* (Arverjilla), Gentianaceae como *Gentiana sedifolia* (Dormidera) y especies de asteráceas del género *Senecio*. Se encuentran musgos del género *Sphagnum* y *Breutelia* y especies como *Campylopus richardii*, además una hepática perteneciente al género *Herbertus* en conjunto con las anteriores encontré *Xenophyllum humile* una especie de la familia asteraceae. Encontré varias especies del género *Hypericum* de la familia Clusiaceae como *Hypericum ruscoides*, *Hypericum laricifolium*, *Hypericum aciculare*, Conocidos como romerillo.

Son comunes también las siguientes especies: *Lycopodium clavatum* (Licopodio), *Gaiadendron punctatum* (Loranthaceae), *Valeriana bracteata* (Valerianaceae), conocida como *Pecueca* llamada así por su olor característico. Son comunes *Jamesonia* sp. (Rosaceae), *Pentacalia andicola*, *Pentacalia vaccinioides* (conocidas respectivamente como paramayuyo y guasquin), la chilca de paramo *Diplostephium hartwegii*, *Loricaria lagunensis*, y generos como *Bidens* (*Barbasco*) y *Chevreulia* (Asteraceae). Igualmente, son comunes *Disterigma empetrifolium* (Ericaceae), *Geranium rhomboidale* (Geraniaceae), *Bartsia orthocarpiflora* (Scrophulariaceae), *Drymaria* sp. (Cariophyllaceae) y *Ageratina tinifolia* conocida como Ayabara (Asteraceae).

- *Pajonales y matorrales:*

Ubicados alrededor de la orilla de la laguna. Esta zona presenta una gran dominancia de especies de pastos como *Chusquea tesellata* y *Calamagrostis*, que encontré incluso representando pequeñas zonas eutrofizadas de la laguna. Encontré especies de ciperáceas del genero *Rhynchospora* y *Carex*, una especie de junco como *Luzula gigantea* (Juncaceae) y una especie del genero *Paepalanthus* perteneciente a la familia Eriocaulaceae, distribuida ampliamente por la orilla.

- *Bosque achaparrado:*

Áreas de bosque arbustivo ubicados al occidente, entre la orilla de la laguna y la cima de la cuchilla Las Tres Tulpas y al norte, entre la laguna y la cima del cerro Vigías. Son espesas y de difícil acceso, se caracterizan por especies de la familia Clusiaceae como el encenillo *Weinmannia brachystachya*, romerillos como *Hypericum ruscooides*, *Hypericum laricifolium* y *Hypericum aciculare*, *Pernettya prostrata* y *Vaccinium floribundum* de la familia Ericaceae conocidos como mortiño.

Encontré también especies como *Disterigma empetrifolium* y *Plutarchia angulata* de la familia Ericaceae conocidas en la localidad con el nombre de paramayuyo, *Clethra ovalifolia* de la familia Clethraceae conocido con el nombre de cerote, encontré ocasionalmente la ayabara *Ageratina tinifolia* (Asteraceae), *Arcytophyllum nitidum* (Rosaceae), *Desfontainia parvifolia* (Loganiaceae), una bromelia del genero *puya* (Bromeliaceae) conocida también como uña de gato, igualmente encontré una especie del genero *Bomarea* que presenta un tipo de flor característica de este bosque, pasto como *Cortaderia nitida* y un junco *Luzula gigantea* (Juncaceae) distribuidos en las zonas que se acercan más a la orilla de la laguna. Se encuentran de igual forma *Gentianella dacrydioides* (Gentianaceae), *Loricaria lagunensis* (Asteraceae), *Hesperomeles obtusifolia* y *Lachemilla* de la familia Rosaceae y *Myrteola nummularia* de la familia Myrtaceae.

## **8.2 Componente abiótico:**

Los resultados que obtuve en el muestreo realizado se expresan en la tabla 10.

**Tabla 10.** Características generales del componente biótico del ecosistema laguna de La Magdalena

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	01° 55'' 40'N, 76° 35'' 8' W
ALTITUD	3.467 m.s.n.m
RELIEVE	<p>Relieve montañoso erosional de origen glacio-volcánico, formado a partir de procesos volcánicos y presenta procesos de erosión o denudación por factores como el agua, el viento y actividades humanas entre otros, los cuales podrían generar inestabilidad en taludes, movimientos en masa y escurrimiento superficial donde interviene directamente la gravedad, estos procesos configuran un relieve de montañas ramificadas, con cimas redondeadas, semi-redondeadas y anchoconvexas (Campos y Velasco, 2005). La laguna se ubica en un área central de circos y artesas que fue sobreexcavada, denominada depresión glaciofluvial, olla u ombligo glaciar (BIOMACIZO, 2004).</p>
SUELO	<p>Suelos andisoles con un alto contenido de materia orgánica, colores que varían entre pardo y café oscuros, desde muy húmedos hasta húmedos, con profundidades que varían entre 10 centímetros hasta 40 centímetros es decir suelos muy superficiales y superficiales; con texturas arcillolimosas y franco-limosas mayormente (BIOMACIZO, 2004) además de gran cantidad de materiales geológicos (esquistos, diabasas, rocas ácidas intermedias y tobas). Se observan hacia las partes altas, afloramientos de las unidades de depósitos de ceniza y bloques los cuales cubren depósitos de lava andesítica con topografía abrupta, el alto nivel freático se encuentra formando un colchón de agua que sirve como alimento a estas lagunas (Campos y Velasco, 2005).</p>
TEMPERATURA AMBIENTE	<p>Varía entre 3.5 °C y 14.7 °C (media de 9.1 °C) (meses de septiembre y octubre), siendo la madrugada el instante donde las temperaturas logran sus niveles más bajos y con frecuencia descienden a menos de 0 °C (Pinto-Escobar, 1964). La distribución temporal de la temperatura media multianual, alcanza sus máximos valores en el mes de febrero y la fluctuación es mínima de noviembre a abril. Sus valores multianuales mínimos se presentan entre los meses de julio y agosto, siendo mínimos en el mes de julio. En esta zona se presentan los valores mínimos de temperatura media multimensual de todo el sector del macizo colombiano, se alcanzan temperaturas inferiores a cero grados centígrados, durante el mes diciembre, enero y febrero periodo durante el cual se presentan heladas (Campos y Velasco, 2005, IDEAM, 2001).</p>

HUMEDAD	88% de humedad (Pinto-Escobar, 1964) (meses de septiembre y octubre) y evaporación se considera por debajo de 66 mm (Campos y Velasco, 2005).
PRECIPITACIÓN	La distribución temporal de la lluvia presenta un régimen monomodal que va desde el mes de marzo hasta septiembre, alcanzando su valor máximo en el mes de junio. Los períodos secos se presentan entre mediados de diciembre y comienzos de marzo, el primero y entre finales de junio y comienzos de septiembre, el segundo (IDEAM, 2001).
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	550 mm de Hg en promedio para los meses de septiembre y octubre (Pinto-Escobar, 1964)
<b>RECURSO HIDRICO</b>	
<b>Parámetros físicos Laguna de La Magdalena</b>	
Temperatura del agua	12 grados centígrados
Área total del espejo de agua	2,8 Hectáreas (27.927 m <sup>2</sup> )
Profundidad Máxima	2, 9 m (Donato-Rondón, 2001).
Perímetro	732 m
Ancho	100 – 168 m
Longitud máximo	244 m
<b>Parámetros químicos Laguna de La Magdalena</b>	
O2 disuelto	5.1 mg/L
CO2	1.8 - 2.0 mmol/L
Fosfatos	1mg/L
Dureza total	0.2 mmol/L
Dureza de carbonatos	0.2 mmol/L
pH	5.5 - 6.0
Acidez	0.2 mmol/L
Alcalinidad	0.2 mmol/L
Nitratos	10 mg/L NO <sub>3</sub>
Calcio	4 mg/L Ca
Amonio	0 mg/L NH <sub>4</sub>
Cloruros	2 mg/L de Cl

### **Análisis:**

Teniendo en cuenta la clasificación de Humedales Naturales de la convención RAMSAR (MINAMBIENTE, 2001), la laguna de La Magdalena es un humedal continental de ámbito interior, sistema palustre, subsistema permanente, clase emergente y subclase humedal de montaña. Se encuentra según su altura, sus características ecológicas y sus sistemas de producción en su cuenca de drenaje, en un piso térmico glacial y es el producto de la

alternancia entre la fase fría de la última glaciación en el Pleistoceno y la fase de deshielo ocurrida hace 10000 a 12000 años, en el holoceno (Donato-Rondón, 2001).

El suelo Andosol (del japonés que significa "tierra negra") presente en ecosistemas paramunos como el ecosistema laguna de La Magdalena es resultante de la interacción de factores de formación como el clima, edafofauna, vegetación, relieve, materiales parentales o regolita (roca madre o material geológico inalterado en donde se forman los horizontes del suelo) y el tiempo, los cuales desencadenan una serie de procesos generales de ganancias, pérdidas, transformaciones y transferencias, siendo las tres primeras las que más han contribuido, en los páramos, a la diferenciación de los horizontes y a la evolución de los suelos<sup>1</sup>.

Adicionalmente tienen lugar procesos específicos como la pardificación (transformaciones de hierro, colores pardo a pardo amarillentos, síntesis de minerales arcillosos y horizontes B de alteración), andolización (producción de alofana o aluminosilicato amorfo, coloidal, anfótero y muy electronegativo, el cual confiere a los suelos de páramo derivados de cenizas volcánicas, un horizonte A grueso y rico en materia orgánica, horizonte B de alteración moderada, colores pardo amarillentos y baja densidad aparente), paludización (acumulación de materiales orgánicos para la formación de Histosoles), melanización (oscurecimiento de los materiales edáficos a causa de sustancias húmicas) y en algunos sectores ocurren también procesos de óxido-reducción (Pulido, 1988).

Estos factores y procesos de formación, generan componentes que al interactuar dotan de características únicas e irremplazables a este tipo de ecosistemas.

Una característica muy importante la genera el aluminio de la ceniza volcánica presente en este tipo de ecosistemas y el alto contenido de materia orgánica (al cual debe su color negro característico), los cuales, debido a las bajas temperaturas no se descomponen rápidamente y se combinan para formar vesículas muy resistentes a la descomposición por edafofauna, estas se llenan de agua; la cual es retenida por un periodo relativamente largo y liberada lenta y constantemente (Hofstede *et. al.*, 2003), convirtiendo este ecosistema no en un productor de agua que viene de la lluvia y la neblina, sino en una reserva de agua potable que recoge y regula su flujo.

Los estudios realizados por Donato-Rondón en el año 2001 en esta laguna, la incluyeron entre las más desmineralizadas del mundo, al poseer valores de conductividad menores  $< 20 \mu\text{S cm}^{-1}$  (microSiemens/  $\text{cm}^{-1}$ ). Según Donato-Rondón, esto significa que el agua de la laguna posee cantidades muy bajas de iones no deseados disueltos, en cambio tiende a poseer mayores proporciones de iones hidrógeno e hidroxilo, que se combinan, formando partículas de agua pura.

Teniendo en cuenta los estudios realizados por Donato-Rondón en el año 2001 y el análisis químico que realicé para esta investigación al espejo de agua de la laguna, el cual arrojó como resultado una deficiencia de minerales y una alta concentración de oxígeno, me permiten clasificar esta laguna como una laguna oligotrófica (baja en nutrientes) y por lo tanto como un cuerpo de agua con baja productividad primaria (medida de la cantidad

---

<sup>1</sup> Publicación digital en la página web de la Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la República. <http://www.lablaa.org/blaavirtual/humboldt/bio.htm>. Búsqueda realizada el 16 de mayo de 2005

de materia orgánica producida por las plantas a partir de dichos nutrientes) en el cual el aporte antrópico de nutrientes y materia orgánica que pueda generar un proceso de eutrofización hasta el momento es nulo.

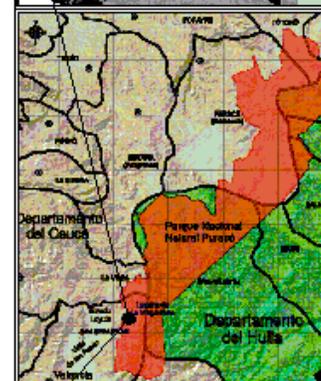
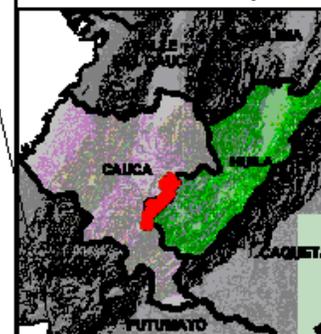
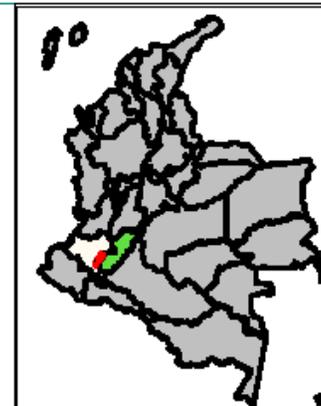
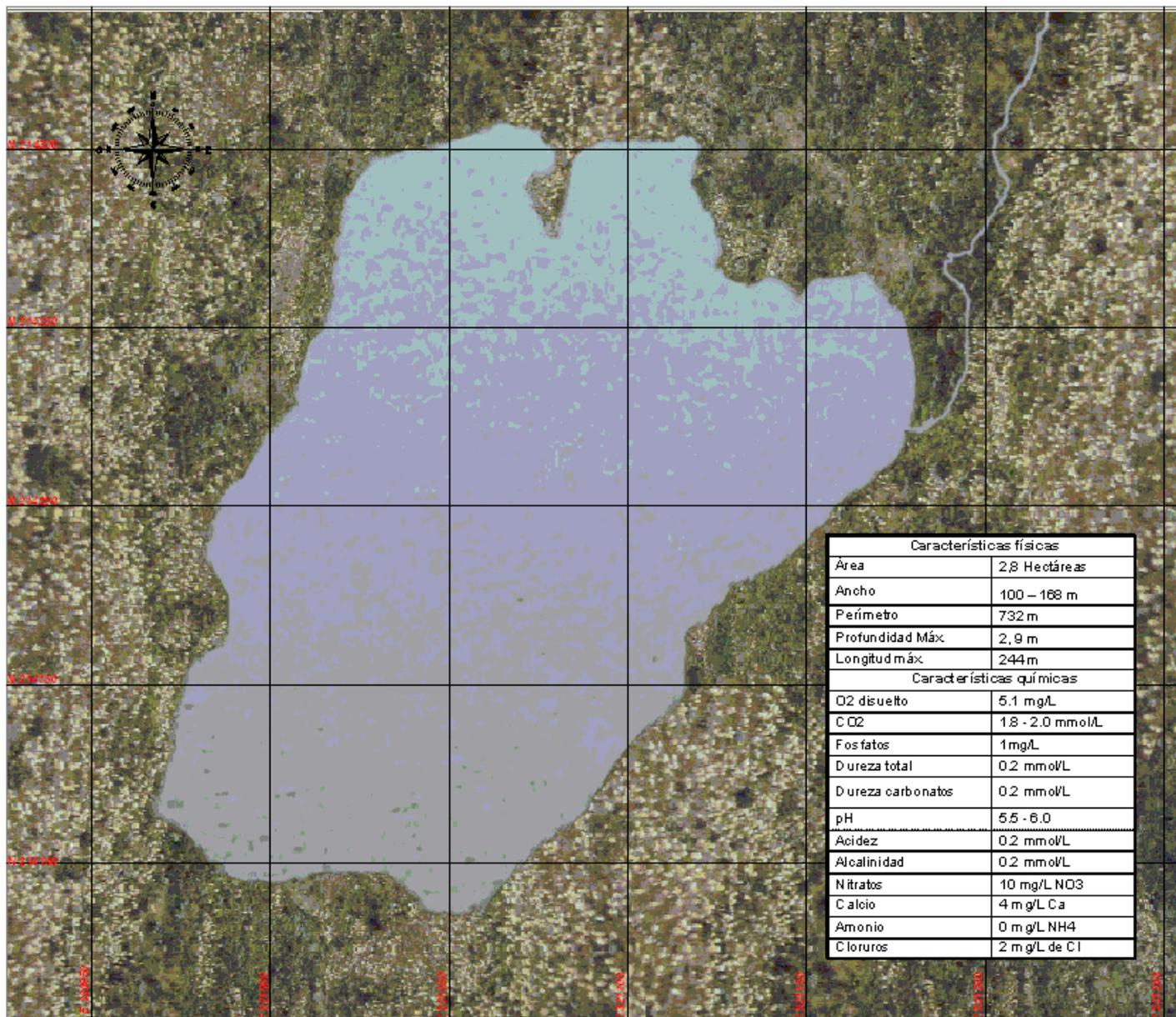
Durante el desarrollo del trabajo se observó que los aportantes principales de recurso hídrico a la laguna provienen de una pequeña quebrada formada por escorrentía superficial desde la cuchilla Las Tres Tulpas y la zona de turberas conocida como el valle de Las Dantas ubicada entre el cerro Vigías y la cuchilla Las Tres Tulpas. La quebrada que desciende de la cuchilla a la laguna, alcanza a formar un cauce aproximado de 300 mts y un ancho promedio de 1 metro, por lo que el futuro de esta laguna se ve condicionado en gran medida a la conservación de estas áreas.

Debido a que en este estudio observé por primera vez datos de propiedades morfométricas de la Laguna la Magdalena, no pude obtener comparaciones que me permitieran determinar si las dimensiones de la laguna han variado sin embargo este dato, aunque preliminar, permitirá dar inicio a un análisis multitemporal de estas propiedades que permitirán a futuro responder a estas interrogantes.

La forma y propiedades físicas de la laguna las presento de mejor manera en el plano cartográfico base del ecosistema laguna de La Magdalena, representado en la figura # 12 y elaborado mediante georeferenciación y los programas arcgis 9.1 (Environmental Scientific Research Institute -ESRI-, 2006) y autocad 2008 (Autodesk, 2007).

Figura 13. Cartografía básica del ecosistema laguna de La Magdalena

# LAGUNA DE LA MAGDALENA



● Mapas Sectores de manejo suministrados por Parque Nacional Natural Puracé resolución 1:300.000.

Escala: 1:500

Elaborado por:  
Mario Fernando Montezuma Chaves

### 8.3 Componente antrópico:

Durante el desarrollo del trabajo de campo, identifiqué los actores sociales que podrían presentar algún tipo de influencia sobre el ecosistema laguna de La Magdalena, los cuales relaciono a continuación:

- Comunidad campesina de la vereda La Hoyola.
- Corregimiento de Valencia.
- Cabildo Indígena Papallaqta.
- Parque Nacional Natural Puracé.
- Batallón de alta montaña del Ejército Nacional.

Actualmente no existe algún tipo de asentamiento humano sobre el ecosistema laguna de La Magdalena, esto se debe a que hace parte de las áreas protegidas del Parque Nacional Natural Puracé y en parte, a los ideales de preservación del medio ambiente expresada en la cultura del indígena Papallaqta y de las comunidades campesinas que habitan la zona de traslape con este ecosistema. Sin embargo es relevante comentar que estos ideales no son tan arraigados y no se visualizan en la práctica, sin embargo ofrecen una posibilidad al momento de tratar temas ambientales con estas comunidades.

Sin embargo, este ecosistema a través de la historia ha sido una zona de paso y encuentro de comunidades indígenas provenientes de la Amazonia, Nariño, Bota Caucana y Huila, según lo expresado en estudios y prospecciones arqueológicas realizadas en la zona.

Los hallazgos de cultura material en las zonas de traslape de este ecosistema, permiten observar que los primeros hombres que se asentaron sobre este territorio vivían en el Valle y Páramo de las Papas y la Loma de Los Humus. Al parecer no tenían afiliaciones étnicas con sus vecinos y hablaban una lengua llamada “Haxa” que se presume que tiene origen Andaki, diferente a la hablada por los demás habitantes del Macizo.

Los Andakies eran grupos que habitaban las vertientes de las cordilleras Central y Oriental que dan al Caquetá; poseían una sociedad estratificada y con creencias mágicas en torno a la muerte, los entierros se hacían de manera ritual, pues se han encontrado urnas funerarias; así mismo se han encontrado herramientas, objetos de uso cotidiano en cerámica y símbolos petrográficos cuyo significado continua siendo estudiado<sup>2</sup>.

En la actualidad existe un enorme conflicto de intereses entre los diferentes actores sociales, generado principalmente por las posibilidades económicas que generaría a futuro la riqueza hídrica de la zona.

---

<sup>2</sup> Información disponible en internet en [www.raicesdeidentidadpapallacta.blogspot.com](http://www.raicesdeidentidadpapallacta.blogspot.com)

A continuación presento una descripción general de los actores que giran en torno al ecosistema laguna de La Magdalena y su relación directa con el ecosistema, la cual podría presentar a diferentes niveles algún tipo de influencia sobre este ecosistema.

### **Comunidad de la vereda Loyola<sup>3</sup>:**

La vereda Loyola o La Hoyola como suele llamarse también por sus colonos, se encuentra aproximadamente a 3200 metros sobre el nivel del mar. Es el sector poblado más cercano al ecosistema Laguna de La Magdalena, la cual se encuentra a aproximadamente a 45 minutos de camino a través del camino nacional. La vereda actualmente está conformada por 25 familias campesinas e indígenas (figura # 13). En esta vereda se encuentra ubicada la cabaña del guardaparque del Parque Nacional Natural Puracé Gustavo Adolfo Papamija.

Actualmente esta comunidad no extrae materiales de este ecosistema ya que esta laguna a diferencia de otras lagunas del paramo de Las Papas (como el caso de la laguna de Cusiyaco), no posee trucha para la pesca, además la disponibilidad de madera para ser usada como leña todavía es abundante en esta vereda.

Quizá la única actividad de extracción de materiales de este ecosistema por parte de esta comunidad corresponde a plantas de usos medicinales como el granicillo y la guayabilla, pero su extracción es mínima y no es un material exclusivo del ecosistema laguna de La Magdalena, por lo tanto no genera mayores impactos.

A través de su historia se han encontrado en sus asentamientos gran cantidad de huecos en la tierra, los cuales eran utilizados para cazar animales y alimentarse, estos huecos fueron trampas mortales para el oso y la danta de páramo. Actualmente estos métodos ya no son utilizados por los colonos, sin embargo se mantiene como una posibilidad no descartable al momento de presentarse una carencia de alimento.

Esta vereda es una comunidad clave para la gestión ambiental participativa, ya que es muy pequeña, cuenta con un grupo pequeño de menores de edad con cierto grado de educación ambiental y puede ser fácilmente adaptable a proyectos de educación ambiental con recursos limitados.

---

<sup>3</sup> La información utilizada para elaborar este punto, fue suministrada verbalmente por el presidente de la junta de acción comunal de esta vereda y guardaparque del Parque Nacional Natural Puracé, Gustavo Adolfo Papamija.

**Figura 14.** Habitantes de la vereda La Hoyola



**Corregimiento de Valencia:**

Los habitantes de este corregimiento poseen una identidad ambiental muy fuerte hacia este ecosistema, conciben al ecosistema laguna de La Magdalena como una fuente muy importante de recurso hídrico la cual debe tener un cuidado especial, sobre todo ante el hecho de que entre un 70 y 80% de las fuentes hídricas de este corregimiento presentan problemas de contaminación por agroquímicos provenientes de los cultivos de papá (Promacizo, 2003).

Lo anterior, ha generado bastante interés en torno a la necesidad de conservar este ecosistema, sin embargo estas buenas intenciones no han sido aprovechadas por los gestores de proyectos socioambientales en la zona, ya que solo han podido participar en proyectos con fines ecoturísticos los cuales durante su implementación han reflejado fines y objetivos diferentes a la educación ambiental y conservación del ecosistema.



**Figura 15.** Corregimiento de Valencia - Municipio de San Sebastián (Cauca)

### **Cabildo indígena Papallaqta**

Su nombre proviene del quechuismo que alude a lo prolífico del tubérculo de la papa, cuya denominación en lengua Quechua era amkha (*Solanum spp*), el término *Llacta*, también del Quechua, se adapta a la palabra española pueblo o aldea, denominándose entonces Papallaqta a los asentamientos humanos cultivadores de la Papa<sup>4</sup>.

El cabildo Papallaqta está conformado aproximadamente por 1800 indígenas y se presenta como una organización sociopolítica tradicional, es la autoridad competente y representa los intereses de la comunidad (Promacizo, 2003).

El indígena Papallaqta concibe al ecosistema laguna de La Magdalena como la *Mama Cocha* o "*Mama Qucha*", la cual es una diosa presente en las lagunas o *Cochas* de paramo a la que le rinden culto, representando de este modo un espacio sagrado para los Papallaqtas, por los beneficios ambientales de los cuales son beneficiarios.

De esta manera se convierte en un sitio de celebración de diferentes fiestas y prácticas ancestrales, como por ejemplo los rituales de toma de Yage y las 4 fiestas o *Raymis* de adoración a la madre tierra, en donde el indígena Papallaqta ofrenda algunos ejemplares de sus cosechas obtenidas con el fin de conseguir la fertilidad de la madre tierra<sup>5</sup>.

Estas celebraciones en algunos casos concentran una cantidad significativa de personas generando algunos impactos los cuales serán descritos más adelante en la evaluación de impacto ambiental realizada para esta investigación.

<sup>4</sup> Información disponible en internet en [www.raicesdeidentidadpapallacta.blogspot.com](http://www.raicesdeidentidadpapallacta.blogspot.com)

<sup>5</sup> Información obtenida en *dialogo con indígenas Papallaqta*



**Figura 16.** Comunidad Indígena Papallaqta. *Arriba y centro.* Ceremonia del Killa Raymi. *Abajo* trueque y danzas tradicionales.

## Parque Nacional Natural Puracé<sup>6</sup>

En 1968 es creado el Parque Nacional Natural Puracé con el objetivo de conservar el ecosistema natural y sus recursos genéticos, al igual que a la mayor estrella hidrográfica del país. Está ubicado entre los departamentos del Cauca y Huila con una extensión de 83.000 hectáreas y con alturas sobre el nivel del mar desde los 2.500 a 5.000 m.

Gracias al PNN Puracé, el ecosistema laguna de La Magdalena dejó de ser intervenido hace 30 años (1970), para convertirse en un sector de manejo del Parque.

Para el sector de la laguna de La Magdalena la dirección del PNN, mediante la implementación del Plan de Manejo Ambiental del Parque, ha establecido la protección y mantenimiento de procesos de regulación hídrica y calidad bioquímica natural de este humedal así como la educación y concientización a la comunidad local adyacente de la importancia del mantenimiento de este ecosistema (PNN-Puracé, 2004).

Con el fin de realizar investigación científica en este ecosistema, el PNN determinó la formación de grupos de monitoreo e investigación conformados por estudiantes y profesionales del medio ambiente, con el fin de iniciar con la implementación del llamado *“Análisis de Integridad del Área Protegida”* el cual corresponde a la ruta de planificación diseñada por la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, con el fin de definir las acciones de manejo del Área Protegida y por ende, medir su impacto potencial a nivel nacional, regional y local en un periodo de 5 años.

Sin embargo, la falta de presupuesto para la investigación y educación ambiental en el sector de la laguna de La Magdalena, no ha permitido el desarrollo de investigaciones relacionadas con la determinación del estado de las poblaciones animales existentes en el PNN Puracé y la calidad de hábitat que este ofrece, al igual que la ausencia de un sistema de monitoreo son las principales limitantes para establecer con mayor precisión la integridad de las especies registradas en este ecosistema.

Actualmente, el PNN-Puracé cuenta en este sector de manejo con una cabaña ubicada a 45 minutos de la laguna, en la vereda Loyola. El señor Gustavo Adolfo Papamija, oriundo de esta vereda, ha sido capacitado por el PNN-Puracé como guardaparque de este sector y actualmente ha sido gestor de ideas muy importantes en torno a la gestión ambiental de este ecosistema, sin embargo, no posee las herramientas adecuadas para implementarlas, como por ejemplo, un computador, impresora, papelería, GPS, binoculares, cámara, entre otros, los cuales le impiden aprovechar al máximo los continuos recorridos de monitoreo a este ecosistema.

---

<sup>6</sup> La información expuesta en este componente ha sido extraída del Plan de Manejo Ambiental del Parque Nacional Natural Puracé, documento disponible en internet en la página [www.parquesnacionales.org](http://www.parquesnacionales.org)



**Figura 17.** Grupo de monitoreo e investigación del Parque Nacional Natural Puracé. Conformado por funcionarios y guardaparques voluntarios. Fotos: Mario Montezuma

### **Batallón de alta Montaña del ejército Nacional**

En diciembre de 2003 fue creado el Batallón de Contraguerrillas No. 37 “Macheteros del Cauca” adscrito a la vigésima novena brigada del ejército nacional<sup>7</sup> y es el encargado del control militar en el ecosistema laguna de La Magdalena. Las practicas resultantes de las estrategias militares junto a la carencia de educación ambiental del personal que las ejecuta, ha generado fuertes impactos a este ecosistema, los cuales serán expuestos posteriormente en la evaluación ambiental realizada para este trabajo.

Debido a que la presencia de este batallón en la zona ha generado conflictos con las comunidades locales, esta institución no ha podido hacer parte de procesos ambientales que se desarrollen en la zona.

<sup>7</sup> Disponible en internet en [www.mindefensa.gov](http://www.mindefensa.gov)

## 9 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Los ecosistemas paramunos como el ecosistema laguna de La Magdalena, son altamente dinámicos y sujetos a factores naturales que determinan su cambio en el tiempo, causando variaciones en sus funciones y determinando la calidad de los servicios ambientales que presta a la sociedad. Sus atributos físicos, hidrográficos, topográficos y edáficos son moldeados por procesos endógenos como la sedimentación y la desecación y por fenómenos de naturaleza exógena como deslizamientos, tormentas y vendavales, actividad volcánica y las inundaciones. Además, sus propiedades químicas y biológicas varían en el tiempo por evolución biocenótica o por procesos originados en otros puntos de la zona de captación cuyos efectos se expresan en la dinámica del humedal; es éste el caso de la acumulación de material orgánico, los procesos de eutrofización y acidificación y el surgimiento de especies invasoras que atraviesan barreras biogeográficas accidentalmente (MINAMBIENTE, 2001) o por efectos de cambio climático.

Estos factores de cambio requieren un buen entendimiento de estos procesos naturales y tienen como resultado una larga secuencia de modificaciones que solamente pueden rastrearse en períodos prolongados y sobrepasan los alcances de este trabajo, sin embargo existen posibles impactos derivados de actividades humanas que en su conjunto si perjudicarían a corto y/o largo plazo los componentes e interrelaciones de este ecosistema y que se podrían en parte subsanar con la implementación de buenas prácticas de gestión y manejo en este ecosistema.

De manera preliminar, con el fin de evidenciar el impacto ambiental existente sobre el ecosistema laguna de La Magdalena, realicé en campo una lista de chequeo de posibles actividades antrópicas que se presentan actualmente sobre este ecosistema y de manera general posible impacto causado (tabla 11).

**Tabla 11.** Lista de chequeo de actividades antrópicas desarrolladas en torno al ecosistema laguna de La Magdalena

<b>LISTA DE CHEQUEO</b>
Celebración de rituales indígenas
Cacería de fauna
Construcción del Camino nacional - trayecto nuevo
Construcción del Camino nacional - trayecto viejo
Implementación sistema de drenaje hídrico
Turismo
Gestión y manejo del PNN-Puracé
Actividades de inspección militar

## 9.1 Descripción de las actividades antrópicas en torno al ecosistema laguna de La Magdalena:

**Inclusión del ecosistema dentro del sistema de áreas protegidas del PNN-Puracé:** es el impacto positivo más importante dentro del ideal de conservación y protección de este ecosistema, debido a este logro, los fuertes impactos causados por las actividades agrícolas y ganaderas no han llegado a este ecosistema. Sin embargo, puede evidenciarse durante el desarrollo del trabajo, que esta entidad a pesar de haber implementado varios proyectos en la zona, hasta el momento no ha podido conciliar o confrontar en la práctica los intereses y preferencias de los diversos actores alrededor de este ecosistema.

Cada ente o institución, tales como el PNN-Puracé, como la comunidad indígena Papallacta, las comunidades campesinas del corregimiento de Valencia, la vereda La Hoyola y del municipio de San Agustín y el batallón de alta montaña del ejército Nacional, mantiene una visión ó un ideal particular, a veces encontrados, que han impedido la cooperación para lograr una mejor gestión ambiental de este ecosistema.

Aunque la investigación científica en este ecosistema ha sido mínima, el hecho de que este incluido dentro del PNN ha permitido el acceso a proyectos de investigación como el proyecto BIOMACIZO, proyectos socioculturales efectuados por el cabildo indígena Papallacta como el proyecto PROMACIZO, investigaciones en torno a la elaboración del Plan de Manejo del PNN-Puracé y trabajos de grado de estudiantes universitarios.

Esas investigaciones han fortalecido el conocimiento de este ecosistema en sus diferentes niveles de organización, así como también a comunidades indígenas y campesinas en lo que concierne a la identidad ambiental con su territorio, además se ha involucrado personal de estas comunidades como guías de campo.

Durante la fase de campo de esta investigación, evidenció los bajos recursos disponibles para la gestión ambiental de este ecosistema, el cual impide un proceso de enseñanza y aprendizaje de prácticas de manejo acordes con el medio ambiente destinado a las comunidades locales, así como metodologías y técnicas de investigación comunitaria y quizá lo más importante, la posibilidad de emitir publicaciones que afiancen sus conocimientos científicos y ancestrales así como la identidad con su territorio, permitiendo a estas comunidades una mejor gestión ambiental de su territorio.

Basado en experiencias de campo que obtuve por este y otros trabajos de investigación realizados en este ecosistema, el ruido generado al realizar estas investigaciones, podría estar colaborando en el desplazamiento de algunas especies de mamíferos.

Hasta el momento el hecho de que este ecosistema pertenece a un área protegida, el impacto causado por científicos cazadores y amantes de las colecciones de especímenes no ha sido significativo, quizá la única colecta de especímenes de flora y fauna en este ecosistema corresponde a la colecta de anuros y flora realizada para este trabajo.

**Camino nacional – (trayecto viejo y nuevo):** La existencia del camino nacional data de tiempos antiguos, remontándose por lo menos a la época de la Civilización Agustiniense

(llamada así por Agustín Codazzi en 1857) y también fue utilizado por gentes del *Tihuantisuyo* o imperio de las cuatro regiones (Imperio Inca), en sus esporádicas relaciones con “Cundurumarca” hoy el departamento de Cundinamarca y por el invasor español Sebastián de Belalcázar, cuando en busca de “El Dorado” se dirigió desde Quito hasta la Sabana de Bogotá (Pinto-Escobar, 1964).

Actualmente el camino nacional que pasa por el páramo de Las Papas, comunica las poblaciones de Valencia (San Sebastián, Cauca) y Puerto Quinchana (Huila), el tramo principal de este camino, denominado por las comunidades locales “trayecto viejo del camino nacional”, pasa por el sitio denominado “Piedra del Letrero” es un camino que cumple con su función de vía de comunicación entre las comunidades del departamento del Cauca y Huila sin causar impactos graves a este ecosistema. Sin embargo a través del tiempo, estas comunidades con el fin de acortar el trayecto de este camino, evitar sus tramos empinados, bajas temperaturas y fuertes vientos, formaron uno alternativo a este tramo principal, el cual pasa paralelo a la Laguna de La Magdalena y fue conocido como el camino nuevo.

Inicialmente este camino fue un sendero y fue tomando mayores dimensiones a medida que su uso se hacía más necesario, de este modo, a través de su existencia, cuadrillas de trabajo de las comunidades de los dos departamentos le han realizado mantenimiento con apoyo de las gobernaciones de ambos departamentos, sin embargo la poca conciencia ecológica de la época no permitió tener en cuenta un concepto ambiental en su desarrollo, obteniendo una construcción antitécnica y perjudicial para la el mantenimiento de la integridad del humedal, ya que lo fragmentó y causó la pérdida de gran cantidad del recurso hídrico aportante a la Laguna, además facilitó al ser humano el acceso descontrolado y desordenado a sus recursos naturales, fragmentación del bosque natural, pisoteo excesivo sobre la superficie del suelo, la generación de residuos sólidos y la apertura de caminos y senderos, además del desplazamiento de fauna <sup>8</sup>.

**Sistema de drenaje hídrico:** las actividades de apertura y mantenimiento del camino de herradura o 'camino nuevo' realizadas a través de la historia, trajeron consigo la implementación de un sistema de drenaje hídrico construido paralelamente a lo largo de más o menos un kilómetro de camino, con el fin de mantener secas las partes transitadas.

Este sistema se implementó paralelamente a las actividades de construcción del camino y entidades como el INDERENA y COORMAGDALENA realizaron su mantenimiento en algunas ocasiones, según lo expresado por el guardaparque del sector Parmenides Papamija<sup>8</sup>.

Según Paz en 2005, teniendo en cuenta las características geográficas del entorno 'tipo batea' que rodean el espejo de la laguna, con el paso del camino nuevo, se aísla un área de terreno esponjoso y de captación de aguas de precipitación y producción misma de agua de unos 8 kilómetros cuadrados, los cuales mediante el sistema de drenaje son desviados hacia el cauce inicial del río Magdalena, alterando el flujo de drenaje natural del

---

<sup>8</sup> Descripción basada en entrevista efectuada con Parmenides Papamija, habitante de la vereda La Hoyola y Guardaparque del Parque Nacional Natural Puracé.

agua que alimenta el cuerpo de la laguna y ocasionado posiblemente el descenso vertiginoso del espejo de agua.

El hecho de eliminar un gran porcentaje de entrada de agua a la laguna, también ha implicado una disminución progresiva del área de espejo que a la fecha, por falta de estudios técnicos y científicos, no ha sido cuantificada. El perder área de espejo permite que la vegetación contigua a las orillas de la laguna, como Licopodios, Equisetos y Selaginelas, entre otras, ganen espacio y proliferen, generando procesos sucesionales, dados los mayores tiempos de exposición a la luz solar sin la cobertura de lámina de agua. De esta manera, la capacidad reguladora - retenedora y productora de agua de la laguna, se encuentra alterada repercutiendo en la estabilidad del flujo de caudales y en la sedimentación de la parte alta del río Magdalena (Paz, 2005).

**Turismo:** Aunque las actividades ecoturísticas se practican bajo supervisión de los guardaparques del PNN-Puracé, al ser una zona de traslape, durante el desarrollo de este trabajo observé un turismo mal dirigido que da vía libre al pisoteo desordenado y sin control por senderos no establecidos por los funcionarios del PNN-Puracé. Estas actividades son efectuadas por las comunidades locales, guías de la comunidad y visitantes, en gran medida por la carencia de estrategias de educación ambiental comunitaria que permita su conocimiento de la ecología paramuna y de los efectos de las actividades que realizan.

Un aumento progresivo del área de este ecosistema afectada por pisoteo del suelo, destruiría progresivamente su capa orgánica y provocaría la compactación de su parte mineral, ocasionando que sus partículas queden con menos poros capaces de retener agua y aire (análogo a apretar una esponja), afectando negativamente sus propiedades e impidiendo el crecimiento de cobertura vegetal y por ende, la pérdida de la protección superficial del suelo y la alteración y exposición de sus horizontes. Esto ocasionaría cambios estructurales irreversibles, ya que además de incrementar los procesos erosivos, debido a la alta elevación y baja latitud, la radiación en este tipo de ecosistemas es una de las más elevadas en el mundo, produciendo su secado, aún cuando la cobertura de nubes sea elevada (Pinaud, 2008; Nanzzyo et al., 1993; Buytaert, 2004).

En este sentido es pertinente citar los estudios efectuados por Rousseaux and Warkentin, 1976, los cuales demostraron la pérdida irreversible de retención de agua de los suelos Andosoles luego de ser secados. La extrema capacidad de retener agua es generalmente atribuida a la geometría de poros y a la naturaleza química de la superficie de alófanos (Al), un mineral común en muchos Andosoles. Un contenido alto de Al resulta en un contenido más alto de microporos y por lo tanto en una capacidad de retención de agua más alta. Un proceso de secado de ellos provoca un encogimiento progresivo y drástico, resultando en una pérdida de microporos y una reducción en esta capacidad reguladora.

De igual manera, producto del desarrollo de estas actividades, observé en este ecosistema una cantidad considerable de residuos sólidos como plásticos, vidrios y metales provenientes de botellas de refrescos, palos plásticos de chupetas y bombones, paquetes y envolturas de golosinas, baterías inservibles de cámaras fotográficas etc.

Estos desechos superan considerablemente la velocidad de degradación de materiales por la naturaleza, además al encontrarse en sectores puntuales del hábitat de algunas especies de fauna endémica de este ecosistema, podrían estar entorpeciendo su desarrollo normal, como es el caso de los residuos sólidos encontrados en los caminos de la danta, oso de anteojos y puma y los encontrados en las riveras de la laguna, los cuales como se pudo observar durante el muestreo, se acumulan en sectores de nidación de el pato que habita esta laguna *Anas Flavirostris* y el hábitat de la rana *Hyloscirtus tigrinus*, entre otros.

Es de gran importancia resaltar que la presencia constante de los guardaparques del PNN- Puracé Gustavo Adolfo Papamija y Parmenides Papamija, ha permitido minimizar sus impactos, ya que se mantienen continuamente realizando labores de limpieza en este ecosistema junto con los guardaparques voluntarios e invierten grandes esfuerzos en explicar de manera muy didáctica a turistas y visitantes las razones para evitar la generación de basuras en este ecosistema.

**Cacería de fauna:** debido a que este ecosistema se encuentra dentro de un área protegida, actividades de cacería están restringidas, sin embargo quizá el único inconveniente que podría traer su disminución corresponde a que dentro de la cultura Runa, cosmología y concepción de vida del cabildo indígena Papallacta, conceptos como la extinción de especies o en peligro de extinción no ocurren en la naturaleza y la cacería de especies como la Danta y El Oso son posibles y esenciales para su desarrollo cultural, pero no es una práctica continua, solo se realiza en determinadas etapas del ciclo natural de sus creencias y cosmología, creando un equilibrio con la naturaleza<sup>9</sup>.

Hay que tener en cuenta que hasta el momento, las técnicas de educación ambiental a comunidades indígenas y campesinas utilizadas por el PNN-Puracé en la práctica no han sido efectivas, esto se debe posiblemente a la falta de recursos del Parque para realizar estas actividades, generando como consecuencia la implementación de estrategias de prohibición del acceso a zonas de conservación, que en la práctica resultan nocivas a la hora de buscar acuerdos y entendimiento entre el Parque y las comunidades.

**Extracción de material vegetal:** las comunidades campesinas e indígenas que habitan las zonas de traslape con las zonas del PNN-Puracé visitan continuamente este ecosistema para obtener plantas medicinales. Quizá la especie de flora local más afectada es el Frailejón *Espeletia hartwegiana*, ya que las personas que visitan continuamente este ecosistema arrancan sus hojas para calentarse debido al frío extremo que experimentan al circular por este ecosistema.

**Actividades de inspección militar:** estas actividades requieren la instalación de campamentos temporales y por lo tanto la apertura de espacios en el bosque conservado, se realizan quemas de vegetación endémica para hacer fogatas nocturnas, además por falta de educación y conciencia ambiental el personal del ejercito no es consciente del daño producido y genera gran cantidad de residuos sólidos de enlatados y paquetes

---

<sup>9</sup> Información obtenida con en dialogo con indígenas Papallaqta

plásticos de sus suministros de raciones alimenticias militares, hay que tener en cuenta que su presencia en grandes grupos, genera fuertes impactos por el pisoteo y el ruido generado, causa desplazamientos de fauna endémica de este ecosistema.

**Celebración de rituales indígenas:** El complejo lagunar del Paramo de Las Papas representa un lugar de profundo respeto y adoración por parte del indígena Papallacta y anualmente se celebran las cuatro fiestas de adoración a la tierra, las cuales se celebran sobre el área de las lagunas que lo conforman y convocan a un grupo numeroso de asistentes, superando su capacidad de carga y dejando caminos que se observan incluso después de largo tiempo.

Para establecer el nivel de impacto causado por las actividades antrópicas identificadas, implemente la matriz de FEARO (tabla 12) la cual me permitió confrontar estas actividades con los posibles impactos causados, del mismo modo, implemente la matriz de CIR (tabla 13) la cual me permitió compararlas entre sí e identificar las que generan un mayor o menor impacto.

**Tabla 12.** Matriz de FEARO para la identificación del nivel y de impacto en el ecosistema laguna de La Magdalena asociados a actividades antrópicas

CONVENCIONES		POSIBLES IMPACTOS	Actividad										
NO HAY IMPACTO			Cacería de fauna endémica	Extracción de material vegetal	Actividades de inspección militar	Celebración de rituales indígenas	Inclusión dentro del PNN-Puracé	Implementación sistema de drenaje hidráulico	Turismo mal diruido	Camino nacional – travecto viejo	Camino nacional – travecto nuevo		
FALTA INFORMACIÓN	I												
EFEECTO SIGNIFICATIVO ADVERSO													
EFEECTO ADVERSO													
EFEECTO SIGNIFICATIVO BENÉFICO													
EFEECTO BENÉFICO													
COMPONENTES	FACTORES	PROCESOS											
		SUBFACTORES O POSIBLES IMPACTOS											
ABIOTICO	AIRE	Emisión de gases (CO <sub>2</sub> )	I	I		I	I	I	I	I	I	I	
		Ruido	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	AGUA	Cambios en escorrentías, percolación (Alteración recarga de acuíferos)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
		Incremento en el aporte de material de arrastre	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
		Modificación de las características físicas, químicas y biológicas	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
		Perdida de ecotonos (Arbustales, bosques)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
		Variación en las dinámicas tróficas (Perdida de nichos)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	Alteración de las comunidades acuáticas (flora y fauna)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		
	SUELO	Perdida de la protección superficial	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
		Alteración, exposición modificación de los horizontes del suelo	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
		Incremento de procesos erosivos	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
		Modificación de las características Físicas, químicas y Biológicas	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
		Perdida de nutrientes – Perdida de capacidad productiva	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	BIÓTICO	FLORA	Transformación y/o remoción de la cobertura vegetal	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
			Perdida de hábitat y nichos (Fragmentación y homogeneización)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Extracción selectiva (especies de interés)			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Cambios en la evapotranspiración/humedad relativa			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Alteración del proceso sucesional			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Modificación/perdida de la diversidad vegetal			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	

Continuación:

CONVENCIONES		POSIBLES IMPACTOS	Actividad										
NO HAY IMPACTO			Cacería de fauna endémica	Extracción de material vegetal	Actividades de inspección militar	Celebración de rituales indígenas	Inclusión dentro del PNN-Puracé	Implementación sistema de drenaje hídrico	Turismo mal dirigido	Camino nacional – travecto viejo	Camino nacional – travecto nuevo		
FALTA INFORMACIÓN	I												
EFEECTO SIGNIFICATIVO ADVERSO													
EFEECTO ADVERSO													
EFEECTO SIGNIFICATIVO BENÉFICO													
EFEECTO BENÉFICO													
COMPONENTES	FACTORES	PROCESOS											
		SUBFACTORES O POSIBLES IMPACTOS											
BIOTICO	FAUNA	Desplazamiento de especies	I	I									
		Perdida de hábitat y nichos	I	I									
		Modificación de relaciones interespecíficas	I	I									
		Cambios y alteración en las comunidades/ aparición de especies oportunistas	I	I									
		Perdida de especies nativas y/o endémicas	I										
PERCEPTUAL	PAISAJE	Alteración del patrón visual	I	I									
		Perdida de estética y calidad escénica	I	I									
POBLACIÓN Y ACTIVIDADES	POBLACIÓN	Incremento en la apropiación del recurso	I										
		Empleo o posibilidad laboral (autosostenimiento)	I	I									
		Aumento de aéreas ocupadas (transformadas)	I	I									
		Cultura		I									
	ECONOMÍA	Organización comunitaria	I	I									
		Mayor producción	I	I									
		Potenciamiento de la comercialización	I	I									
INFRAESTRUCTURA Y ASENTAMIENTOS HUMANOS	ASENT. HUMANOS	Demanda de servicios Básicos y sociales	I	I									
		Contaminación	I	I									
		Nuevas vías e infraestructura	I	I									
		Incremento en la migración	I	I									

En la matriz de FEARO (tabla 12), se muestra el grado de adversidad o beneficio, que sobre componentes y factores, tendrían los procesos o posibles impactos derivados de actividades antrópicas que se desarrollan en torno al ecosistema laguna de La Magdalena. Es pertinente comentar que tanto los objetivos como el tipo de investigación que planteo para este trabajo no me permitieron determinar con seguridad si las actividades antrópicas identificadas me están produciendo o no ciertos impactos, por tal razón la matriz en gran parte se encuentra diligenciada bajo la convención que expresa la carencia de información científica adecuada.

**Tabla 13.** Matriz de CIR para la identificación de actividades antrópicas que generan mayor o menor grado de impacto sobre el ecosistema laguna de La Magdalena

COMPONENTES	ACTIVIDADES										SUMA	% CIR
	NOMINAL	Cacería de fauna	Extracción de material vegetal	Actividades de inspección militar	Celebración de rituales indígenas	Inclusión dentro del PNN-Puracé	Implementación Sistema de drenaje hidrico	Ecoturismo mal dirigido	Camino nacional – trayecto viejo	Camino nacional – trayecto nuevo		
Construcción Camino nacional – T. nuevo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	X	9	0.225
Construcción Camino nacional – T. viejo	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	X	0.0	1.0	0.022
Turismo	1	1	1	0.5	0.5	1	0.5	X	1	0.0	6.5	0.144
Implementación Sistema de drenaje	1	1	1	1	1	1	X	0.5	1	0.0	7.5	0.166
Inclusión dentro del PNN-Puracé	1	0.0	0.0	0.0	0.0	X	0.0	0.0	1	0.0	2.0	0.044
Celebración de rituales indígenas	1	0.5	1	0.0	X	1	0.0	0.5	1	0.0	5.0	0.111
Actividades de Inspección militar	1	1	1	X	1	1	0.0	0.5	1	0.0	6.5	0.144
Extracción de material vegetal	1	0.5	X	0.0	0.0	1	0.0	0.0	1	0.0	3.5	0.077
Cacería de fauna	1	X	0.5	0.0	0.5	1	0.0	0.0	1	0.0	4.0	0.088
NOMINAL	X	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL												1.0

En la matriz de CIR (tabla 13), el porcentaje CIR muestra, según la investigación que realicé, con un valor más cercano a 1.0 las actividades que posiblemente estén generando un mayor impacto, del mismo modo, muestra con un porcentaje menor las actividades que posiblemente se encuentren generando impactos menores al ecosistema.

### Análisis:

Durante la realización de este trabajo pude evidenciar que la riqueza hídrica de este ecosistema genera dificultades en su manejo debido a la presencia de conflictos de intereses entre los diferentes actores sociales (Comunidad Indígena Papallaqta,

Comunidades Campesinas del Corregimiento de Valencia en el Departamento del Cauca y Comunidades del municipio de San Agustín en el Departamento del Huila) y estatales (Parque Nacional Natural Puracé y batallón de alta montaña del ejército nacional).

La inclusión de este ecosistema dentro de las áreas protegidas del Parque Nacional Natural Puracé, ha evitado significativamente que las actividades antrópicas con mayor impacto como las actividades agrícolas y pecuarias impacten este ecosistema, actividades que según Donato-Rondón en 2001, marcan el acelerado proceso de colmatación y la eutrofización en lagunas ubicadas en áreas de sedimentación y depositación glacial como la laguna de La Magdalena, Además al ser un área poco accesible, alejada de la acción antrópica directa de las comunidades campesinas e indígenas que habitan la zona, lo convierte en un excelente sensor, a escala regional, de los cambios pasados y actuales, así como de la biodiversidad (Psenner y Schmidt, 1992; Psenner y Catalan, 1994 en Donato-Rondón, 2001).

Las actividades antrópicas en torno al ecosistema Laguna de La Magdalena, presentaron según los resultados obtenidos en las matrices de FEARO y CIR, un mayor o menor impacto (tabla 14), dependiendo de su capacidad para generar residuos sólidos, alteración del paisaje por fragmentación del bosque natural, apertura de caminos y senderos, pisoteo excesivo del suelo y alteraciones en sus componentes estructurales (perdida de flora, fauna y fuentes aportantes de recurso hídrico, etc.).

**Tabla 14.** Jerarquización del nivel de impacto negativo de las actividades antrópicas desarrolladas en torno a ecosistema laguna de La Magdalena.

<b>ACTIVIDADES ANTRÓPICAS ORDENADAS DE ACUERDO A MAYOR IMPORTANCIA RELATIVA</b>	
<b>ACTIVIDAD ANTRÓPICA</b>	<b>%</b>
<b>Construcción Camino nacional – trayecto nuevo</b>	<b>23</b>
<b>Implementación Sistema de drenaje hídrico</b>	<b>17</b>
<b>Turismo mal dirigido</b>	<b>14</b>
<b>Actividades de inspección militar</b>	<b>14</b>
<b>Celebración de rituales indígenas</b>	<b>11</b>
<b>Casería de fauna</b>	<b>8</b>
<b>Extracción de material vegetal</b>	<b>7</b>
<b>Inclusión dentro del PNN – Puracé</b>	<b>4</b>
<b>Camino nacional – trayecto viejo</b>	<b>2</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>

Según los resultados que obtuve, el impacto negativo más relevante sobre este ecosistema es el trayecto nuevo del camino nacional (% CIR de 0.225), ya que permitió al ser humano el acceso a sus recursos naturales, además debido a esta construcción, se produjo el segundo impacto negativo, El sistema de drenaje (% CIR de 0.166) que permite la canalización del agua generada en el flanco nor-oriental del ecosistema hacia el cauce principal del río (según límites del ecosistema propuestos para este estudio) ocasionando la disminución del volumen de agua aportante a la laguna.

Por otro lado, el resto de los impactos generados se deben a la carencia de estrategias efectivas de educación ambiental para las comunidades campesinas e indígenas que habitan en la zona de traslape del parque. En comunicación verbal con comunidades locales, líderes comunales y del cabildo se visualizan ideales ancestrales de cuidado y respeto a las lagunas de paramo, sin embargo en la práctica no se observan hábitos sencillos como el manejo de basuras, la prohibición de actividades de cacería de fauna local y normas para el acceso ordenado a la laguna durante el desarrollo de rituales. Del mismo modo, las fuerzas militares presentes en la zona, aunque también son conocedoras de la riqueza ambiental local, carecen de una conciencia ambiental estructurada que permita crear hábitos de cuidado de los recursos cada vez que acceden a este ecosistema.

La experiencia en campo que obtuve para el desarrollo de este trabajo, me permitió evidenciar que posiblemente tanto comunidades como fuerzas militares desconocen el nivel de impacto causado por algunas de sus actividades, evitando que puedan ya sea replicar estos conocimientos a turistas y visitantes, como eliminar hábitos nocivos para el medio ambiente, en este punto es donde el papel del PNN-Puracé (impacto de carácter positivo) como entidad encargada de la gestión ambiental en este ecosistema, se vuelve clave en la planeación de estrategias de mitigación a los impactos negativos generados por estas actividades.

## **9.2 Modelo fenomenológico del ecosistema**

Se elaboró un modelo fenomenológico estático del ecosistema (figura 18) mediante la simbología de H. T. Odum propuesta en la figura 2. En este modelo visualiza la distribución y organización de los diferentes componentes bióticos y abióticos identificados dentro de este ecosistema, así como sus interrelaciones y dependencias ecológicas entre componentes.

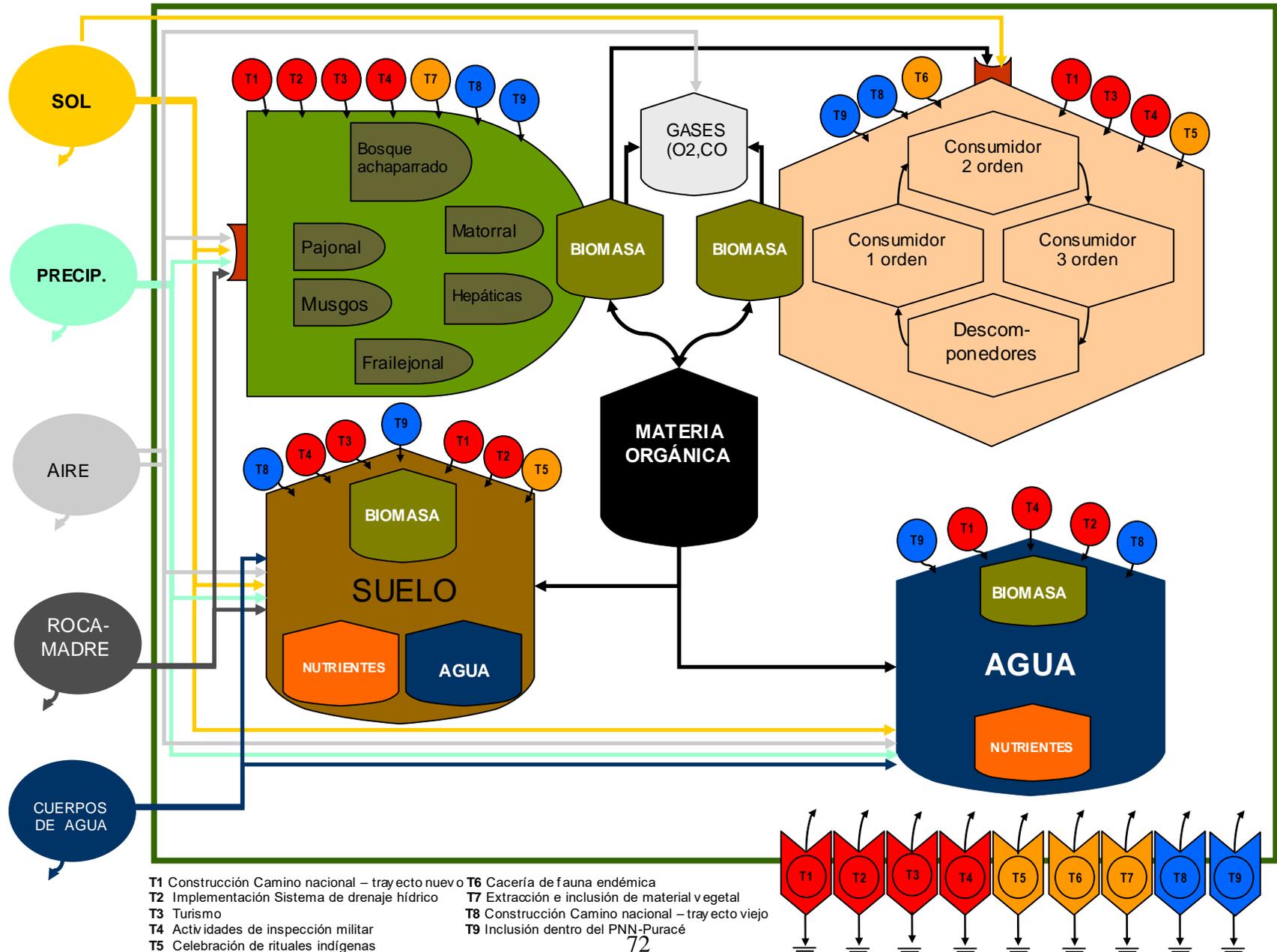
Se pueden apreciar los diferentes factores abióticos que son la fuente de energía que da origen el establecimiento de un sistema de transformación energética generador del suelo, flora, fauna, recurso hídrico y por ende, de los servicios ambientales prestados por el ecosistema.

Se visualizan además, los diferentes tensores ( $T_0$ ) sobre el ecosistema, identificados en la lista de chequeo (tabla 11) y los componentes a los cuales se encuentran impactando, el nivel de impacto está representado con las convenciones que maneja la matriz de FEARO realizada para este trabajo (tabla 12).

El modelo muestra como el suelo y la cobertura vegetal son los elementos más afectados por los tensores identificados, los cuales según Odum, 1986, ocasionan la dispersión de la energía del sistema y esta finalmente no puede ser reutilizada. Estos elementos a su vez son esenciales en la producción y almacenaje de agua, por lo que un incremento en el nivel de impacto sobre estos componentes se traduciría en una pérdida directa del volumen hídrico aportante al cause principal del río Magdalena.

Figura 18. Modelo fenomenológico del ecosistema

MODELO FENOMENOLOGICO DE POSIBLES TENSIONES SOBRE EL ECOSISTEMA LAGUNA DE LA MAGDALENA ASOCIADAS A ACTIVIDADES ANTROPICAS \*



## 10 VULNERABILIDAD DEL ECOSISTEMA A LOS TENSORES IDENTIFICADOS

La vulnerabilidad de un ecosistema se refiere a las características de susceptibilidad inherentes al mismo, indicando una medida de la mayor o menor tendencia al deterioro cuando éste se expone a una actividad humana (Yunez *et al.*, 2005).

Si bien el ecosistema laguna de La Magdalena no se encuentra en este momento altamente perturbado, su esencia como ecosistema paramuno lo convierte de antemano en un ecosistema frágil y altamente vulnerable a cambios en su estructura, además la falta de planeación y ejecución anticipada de estrategias de manejo en la práctica, ante un turismo creciente y en potencia y un creciente apetito, mas de tipo económico que ambiental, por la gestión del recurso hídrico, puede desencadenar en un uso poco sustentable de sus componentes estructurales y funcionales.

Con el fin de evaluar de forma cualitativa, cuáles de las actividades antrópicas identificadas generan un mayor impacto (influencia) sobre el ecosistema laguna de La Magdalena y del mismo modo, las que tiene un mayor grado de dependencia, realicé el análisis de influencias-dependencias (tabla 15 y figura 18), el cual me permite confrontar entre sí estas actividades e identificar cuales generan una mayor o menor influencia en el deterioro del ecosistema.

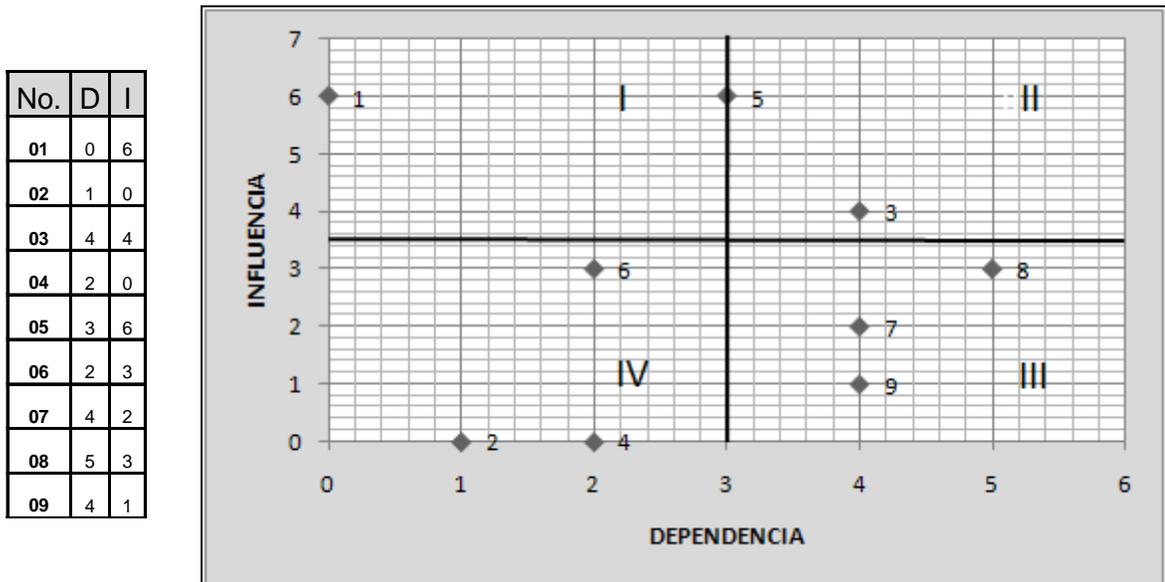
En los resultados obtenidos, se observa que las variables antrópicas más influyentes sobre el ecosistema son la existencia del camino nacional, el sistema de drenaje hídrico, el turismo mal dirigido y la incorporación de este ecosistema dentro de las áreas protegidas del PNN- Puracé, por otro lado las variables más dependientes son el desarrollo de actividades de caza, extracción de material vegetal, la celebración de rituales indígenas y las actividades de inspección militar (Tabla 16).

**Análisis de influencias dependencias:**

**Tabla 15.** Matriz de influencias-dependencias para determinar las actividades más influyentes y dependientes en el ecosistema laguna de La Magdalena

INFLUYE	INFLUENCIAS	DEPENDENCIAS									MD	Grado de Dependencias SD/S
		01	02	03	04	05	06	07	08	09		
Camino nacional trayecto nuevo	01	01									0	0
Camino nacional trayecto viejo	02		02	√							1	0
Ecoturismo mal dirigido	03	√		03		√	√		√		4	0,75
Implementación Sistema de drenaje hídrico	04	√			04	√					2	0
Inclusión dentro del PNN-Puracé	05			√		05			√	√	3	0,6
Celebración de rituales indígenas	06	√				√	06				2	1
Actividades de inspección militar	07	√		√		√		07	√		4	2
Extracción de material vegetal	08	√		√		√	√	√	08		5	2,5
Cacería de fauna Endémica	09	√				√	√	√		09	4	3
$\sum I$		6	0	4	0	6	3	2	3	1		

**Figura 19.** Plano de coordenadas que muestra la relación entre las influencias y dependencias de las variables evaluadas



**Tabla 16.** Actividades antrópicas ordenadas según grado de dependencia – GD

ACTIVIDAD ANTRÓPICA	%
Cacería de fauna endémica	3
Extracción e inclusión de material vegetal	2.5
Actividades de inspección militar	2
Celebración de rituales indígenas	1
Ecoturismo mal dirigido	0,75
Inclusión dentro del PNN-Puracé	0,6
Camino nacional – trayecto viejo	0
Implementación Sistema de drenaje hídrico	0
Camino nacional – trayecto nuevo	0

INFLUENCIA ↑  
DEPENDENCIA ↓

El plano de Influencia y Dependencia permite agrupar las variables en las diferentes clases establecidas a continuación (Figueroa *et. al.*, 1998; Andujar y Henao, 2008):

**Variables motrices:** Son las variables ubicadas en el **cuadrante I**, son actividades que ejercen mucha influencia sobre el ecosistema y presentan pocas dependencias del mismo, en este caso, la construcción del trayecto nuevo del camino Nacional y la inclusión de este ecosistema dentro del PNN-Puracé.

**Variables claves:** Son las variables ubicadas en el **cuadrante II**, son actividades que ejercen mucha influencia sobre el ecosistema y a su vez presentan mucha dependencia del mismo, en este caso, el turismo mal dirigido y la inclusión de este ecosistema dentro del PNN-Puracé.

**Variables reguladoras:** Son las variables ubicadas en el **cuadrante III**, son actividades que ejercen poca influencia sobre el ecosistema y a su vez presentan dependencia del mismo, es decir, al mismo tiempo que generan un efecto son la respuesta de otras variables (Andujar y Henao, 2008), en este caso, las actividades de inspección militar, la extracción de material vegetal y la casería de fauna endémica.

**Variables resultantes:** Son las variables ubicadas en el **cuadrante IV**, son actividades que ejercen poca influencia sobre el ecosistema y en cambio son muy dependientes por lo que se consideran variables resultantes, por lo que cualquier acción sobre estas variables repercutirá sobre las otras y sobre ellas mismas amplificando el impacto en el sistema (Andujar y Henao, 2008), en este caso, la celebración de rituales indígenas, el sistema de drenaje hídrico y el trayecto viejo del camino nacional.

## **Análisis:**

Los resultados obtenidos en las diferentes herramientas de evaluación de impacto ambiental implementadas en este trabajo, permiten evidenciar la influencia negativa del trayecto nuevo del camino nacional sobre el ecosistema, ya que permitió el acceso al ser humano a sus recursos naturales y además el comienzo de un turismo mal dirigido y sin gestión ambiental, además como consecuencia de esta construcción se implementó el sistema de drenaje hídrico, el cual ocasionó la disminución del volumen de agua aportante a la laguna, acelerando procesos que ocasionan la disminución del espejo de agua. Estos impactos directos sobre la integridad del ecosistema debilitan al sistema y favorecen el aumento de su vulnerabilidad.

Es relevante comentar que la implementación del sistema de drenaje hídrico a pesar de ser un fuerte impacto sobre el ecosistema, no fue catalogada por el análisis de influencias dependencias como una variable influyente sobre el ecosistema, esto se puede explicar si se tiene en cuenta que su implementación fue una consecuencia de la construcción del camino nacional.

Sin embargo el análisis también evidenció la influencia positiva de la inclusión del ecosistema dentro de las áreas protegidas del Parque Nacional Natural Puracé ya que fortalece y aumenta la robustez del ecosistema generando oportunidades de gestión de recursos para su conservación y establecimiento de normatividades para su protección, generando una amplificación de su capacidad resiliente y reduciendo su vulnerabilidad.

Por lo anterior, se puede concluir que aunque el ecosistema se encuentra vulnerable a los impactos identificados, el ecosistema posee una gran fortaleza que es pertenecer al PNN-Puracé, la influencia de esta variable es clave para la integridad del ecosistema ya que aumenta la resiliencia, ósea su capacidad para absorber perturbaciones, sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad, es decir, pudiendo regresar a su estado original una vez que la perturbación ha terminado(Pimm, 1984).

Por lo tanto, el nivel de impacto negativo o positivo de las variables reguladoras y resultantes depende de la gestión realizada por esta entidad y su capacidad para establecer estrategias de gestión conjunta que reúnan los intereses de los diferentes entes locales y estatales, y así lograr un ordenamiento local eficaz que controle los impactos potenciales sobre este ecosistema.

## 11 PAUTAS Y ESTRATEGIAS GENERALES DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL ECOSISTEMA LAGUNA DE LA MAGDALENA

Basándome en la experiencia en campo que obtuve durante la realización de esta investigación, se puede afirmar que el manejo ambiental requerido en la laguna de La Magdalena necesita ser implementado desde la práctica, en la zona y desde el núcleo de las comunidades locales.

La historia y las circunstancias actuales del campesino y el indígena de la zona, lo han acostumbrado a la lucha por lograr mejor oportunidad de vida y de trabajo y a la resistencia por impedir la extinción de su cultura, por lo que las ideas de manejo ambiental que se deseen implementar, se tornan productivas dependiendo de su capacidad de interacción con su pensamiento, de este modo, estas ideas obtienen la confianza de estas comunidades, aspecto esencial para lograr la seriedad necesaria para implementar un manejo ambiental en este ecosistema, traduciéndose en acciones concretas en el campo que permitan conciliar intereses entre las partes, generando cambios de actitud en cuanto a la apreciación y apropiación de este ecosistema.

La investigación que se realizó para este trabajo permite proponer los siguientes lineamientos a tener en cuenta para el mantenimiento a corto y largo plazo de la integridad de este ecosistema:

- ✓ Es clave para el mantenimiento de la integridad del ecosistema laguna de La Magdalena, la conservación de la quebrada formada por escorrentía en la cuchilla Las Tres Tulpas y la zona de turberas conocida como el valle de Las Dantas ubicada entre el cerro Vigías y la cuchilla Las Tres Tulpas, ya que son esenciales para el mantenimiento del volumen de agua en la laguna, por lo que se deben plantear estrategias para evitar la formación de caminos y senderos en esta zona y evitar que se incluya este paso en los trayectos de las actividades turísticas, de monitoreo o de cualquier actividad que requiera el acceso del ser humano a estas zonas.
- ✓ Se sugiere continuar con los muestreos de avifauna y anurofauna y así ampliar los inventarios faunísticos de este ecosistema, del mismo modo, realizar un monitoreo periódico de la fauna reportada en este trabajo con algún tipo de amenaza, así como de las especies reportadas recientemente para el PNN-Puracé como es el caso de la rana *Hyloscirtus tigrinnus*, descubierta en este ecosistema durante el desarrollo de este trabajo, la cual requiere investigaciones que permitan establecer su estado poblacional en el ecosistema.
- ✓ Se sugiere al PNN-Puracé incluir las especies con cierto grado de amenaza registradas en esta investigación, dentro de los valores objeto de conservación del parque y de este modo recibir un tratamiento especial para su monitoreo.
- ✓ El inventario de la avifauna de este ecosistema, se obtuvo varias especies

reportadas en la bibliografía para ecosistemas ubicados a menores alturas, por lo que sugiero realizar estudios que permitan establecer posibles especies de aves indicadoras de un cambio climático en este ecosistema.

- ✓ Es crucial para la conservación y mantenimiento de los servicios ambientales de este ecosistema, efectuar estudios de batimetría que permitan conocer su profundidad real y de este modo establecer un estudio multitemporal que evidencie un posible descenso o aumento del espejo de agua de la laguna.
- ✓ Si la finalidad de un programa de gestión ambiental es el mantenimiento y conservación de los servicios ambientales que presta la laguna de La Magdalena, es crucial que las actividades turísticas que se realizan dentro de los límites del ecosistema propuestos para este estudio, sean abolidas definitivamente.

Este estudio permitió comprender que todos los componentes bióticos y abióticos presentes en el área de estudio son el insumo que conlleva a la generación del recurso hídrico aportante a la laguna, por lo tanto, teniendo en cuenta la fragilidad natural de este ecosistema, la implementación de proyectos ecoturísticos en el área de estudio que requieran la construcción y establecimiento de senderos ecológicos, miradores o áreas de celebración de rituales, afectarían a futuro considerablemente estos componentes y terminarían causando fragmentación y pérdida de conectividad en el ecosistema.

Sin embargo, si a futuro se requiere la construcción de un sendero ecoturístico, sugiero tener en cuenta el camino que inicia en la vereda Loyola y que lleva por la cima de los cerros Los Remedios y La Placa, y que se dirige hacia la cima de la cuchilla Las Tres Tulpas. Este sendero, aunque impactaría algunos caminos utilizados por los mamíferos que circulan por el área de estudio, recorrería los límites del ecosistema y mantendría alejado el turismo del espejo de agua de la laguna y las áreas más frágiles del ecosistema.

- ✓ Se sugiere fomentar mediante estrategias de educación ambiental la utilización del trayecto viejo del camino nacional por parte de las personas que circulan entre los municipios de San Sebastián (Cauca) y San Agustín (Huila) y evitar el uso del trayecto nuevo. El uso del trayecto viejo, ofrece una mejor apreciación del ecosistema y lo mantendría alejado de residuos sólidos y pisoteo excesivo del suelo.

## 12 CONCLUSIONES

- ✓ Mediante la realización de este trabajo de investigación se obtuvo una aproximación al conocimiento de la estructura del ecosistema laguna de La Magdalena en sus componentes biótico, abiótico y antrópico. Para el caso del componente biótico se obtuvo los primeros inventarios de fauna y flora, los cuales arrojaron un total de 75 especies de aves, 5 especies de mamíferos, 6 especies de anfibios, 77 especies de plantas.

Se reportó la existencia de 11 especies de fauna con cierto grado de amenaza y una ampliación de distribución geográfica de la especie de rana *Hyloscirtus tigrinus* la cual es en el primer reporte de esta especie para el PNN-Puracé.

Para ampliar el conocimiento del componente abiótico del ecosistema, se obtuvo información sobre parámetros físicos de la laguna como su área total, profundidad, perímetro, ancho, longitud y una imagen del espejo de agua de la laguna mediante georeferenciación con GPS, la cual me permitió visualizar su morfología. Además obtuve información sobre la calidad del agua de la laguna como cantidad de O<sub>2</sub> disuelto, CO<sub>2</sub>, pH, acidez, alcalinidad, nitratos, cloruros, entre otros, los cuales me permitieron evidenciar su carácter oligotrófico y con baja productividad primaria.

Para el caso del componente antrópico, se identificó como actores responsables del mantenimiento de la integridad de este ecosistema, a la comunidad campesina de la vereda La Hoyola y Corregimiento de Valencia, a la comunidad indígena Papallaqta, al Batallón de alta montaña del Ejército Nacional y al Parque Nacional Natural Puracé, siendo este último el mayor responsable de la protección y conservación actual de este ecosistema así como de su mantenimiento a largo plazo.

- ✓ La evaluación de impacto ambiental que realicé para este trabajo permite identificar los factores derivados de actividades antrópicas más relevantes para el ecosistema, los cuales presentaron según los resultados obtenidos en las matrices de FEARO y CIR, un mayor o menor impacto, dependiendo de su capacidad para generar residuos sólidos, alteración del paisaje por fragmentación del bosque natural, apertura de caminos y senderos, pisoteo excesivo del suelo y alteraciones en sus componentes estructurales (pérdida de flora, fauna y fuentes aportantes de recurso hídrico, etc.).

Según lo anterior, el impacto negativo que más influye en el deterioro y pérdida de integridad de componentes e interrelaciones del ecosistema, lo constituyó la construcción del trayecto nuevo del camino nacional, ya que permitió al ser humano el acceso a sus recursos naturales y todo los efectos que conlleva la presencia humana: generación de residuos sólidos, pisoteo excesivo del suelo, apertura desordenada de caminos y senderos con fines turísticos, alteración de corredores de fauna, entre otros.

Además, como causa directa de la construcción de este camino, se produjo el segundo impacto negativo más influyente sobre el ecosistema, el cual es la canalización del agua generada en el flanco nor-oriental del ecosistema hacia el cauce principal del río ocasionando la fragmentación del ecosistema, pérdida de conectividad y una posible disminución del volumen de agua aportante a la laguna.

Los demás impactos identificados, como la celebración de rituales indígenas, turismo mal dirigido, cacería, extracción de material vegetal, entre otros, son causa directa del establecimiento del trayecto nuevo del camino nacional.

Los únicos impactos que no se producen como efectos de esta construcción, son los producidos por las inspecciones efectuadas dentro del ecosistema por las fuerzas militares presentes en la zona, ya que no circulan por el camino nacional, sino que utilizan caminos por el bosque ya establecidos o en algunos casos formas nuevos, generando gran cantidad de residuos sólidos provenientes de raciones alimenticias, pisoteo del suelo y quemas dentro del ecosistema.

- ✓ Se realizó un modelo fenomenológico estructural del ecosistema, el cual permitió visualizar la distribución y organización de los diferentes componentes bióticos y abióticos de este ecosistema, así como sus interrelaciones y dependencias ecológicas entre componentes. Además, permitió visualizar el grado de adversidad o beneficio de las posibles tensiones que sobre los componentes del ecosistema tendrían las actividades antrópicas identificadas.
- ✓ El análisis de influencias-dependencias efectuado para identificar el nivel de vulnerabilidad del ecosistema a los factores antrópicos identificados, evidenció su vulnerabilidad a la pérdida de integridad ecológica por efecto directo de la construcción del trayecto nuevo del camino nacional y del establecimiento del sistema de drenaje, sin embargo el análisis evidenció la influencia positiva de la inclusión del ecosistema dentro de las áreas protegidas del PNN-Puracé.

Esta entidad es la responsable directa del actual estado de conservación del ecosistema así como su mantenimiento a largo plazo ya que según los resultados obtenidos en el análisis, fortalece y aumenta la resiliencia del ecosistema, reduciendo su vulnerabilidad.

## 13 BIBLIOGRAFIA

- Acevedo E. 1981. El río grande de la Magdalena. Bogotá, Colombia: Banco de la República.
- Acosta A. 2000. Ranas, Salamandras y Caecilias (Tetrapoda: Amphibia) de Colombia. *Biota Colombiana* 1 (3): 289-319.
- Andrade A. 2007. *Aplicación del Enfoque Ecosistémico en Latinoamérica. CEM - UICN. Bogotá, Colombia.*
- Andujar E. y Henao M. 2008. Estudio de la calidad del agua de la microcuenca río Sucio Patía (Tambo Cauca) y su relación con las coberturas vegetales". Departamento de Biología. Universidad del Cauca. Popayán, Cauca – Colombia.
- Angulo A., J. Rueda, y J. Rodríguez. 2006. Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación internacional. Serie Manuales de Campo N° 2. Bogotá D.C: Panamericana. 298 p.
- American Public Health Association (APHA). 1985. Standard methods for the determination of water and wastewater. 15<sup>th</sup> Ed. Washington, D.C.
- Aranda M. 1981. Rastros de los mamíferos silvestres de México. Manual de Campo. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz, México. 198 p.
- Arevalo R. 2005. Investigación y gestión ambiental: Caminos paralelos. UCLM centro de estudios de Castilla – La Mancha. Revista *Añil* 29.
- Autodesk. 2007. *AutoCAD 2008*. Autodesk S.A. United States.
- Birdlife International (2000). Threatened birds of the world. Barcelona y Cambridge: Lynx Edicions.
- Birdlife International. 2007 *BirdLife's online World Bird Database: the site for bird conservation*. Version 2.1. Cambridge, UK: BirdLife International. Disponible en Internet en: <http://www.birdlife.org>. Consultado 16 de noviembre de 2007.
- Buytaert W., 2004. The properties of the soils of the south Ecuadorian páramo and the impact of land use changes on their hydrology. PhD Thesis. Katholieke Universiteit Leuven.
- Camilo, (Hno.). 1947. Estudio geobotánico y zoológico del páramo de Las Papas. Boletín del Instituto de la Salle. 34 (181-182): 17-26. Bogotá, Colombia.
- Campos Y. y R. Velasco. 2005. Identificación de potenciales áreas de conservación a partir de unidades de paisaje en las veredas Loyola, El Porvenir, La Entrada, La Aguada, Las Delicias y Río Negro, zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Puracé,

Municipio de San Sebastián-Cauca. Tesis de grado. Popayán, Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Humanas y Sociales, programa de Geografía. 150 p.

Carbajal, R y M. H. Estrada. 1976. Contaminación y desarrollo: aplicación del enfoque analítico y sistémico al caso de un complejo petroquímico. Comunicación técnica del IMAS. Serie Naranja: investigaciones 7(137) 34pp.

Cardoso, J. E. 1938. Monografía geográfica sobre el macizo de los Andes Colombianos o nudo andino sobre el alto Caqueta. Sociedad geográfica de Colombia. Boletín II.

Castro, F., M. I. Herrera y J. Lynch 2004. *Pristimantis myersi*. In: IUCN 2008. 2008 IUCN Red List of Threatened Species. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 16 January 2009.

Clements, F.E. 1916. *Plant Succession: An Analysis of the Development of Vegetation*. Washington, D.C., USA. Carnegie Institution of Washington Publication 242.

Clapham, A.R. 1932. The form of the observational unit in quantitative ecology. *J Ecol* 20:192-197

Cochran, D.M. y C.J. Goin. 1970. *Frogs of Colombia*. United States National Museum bulletin 288. Washington D.C: Smithsonian Institution Press.

Colby, M. E. 1990. *Environmental Management in Development: the Evolution of Paradigms*. World Bank Discussions Papers. n. 80.

Convention on Biological Diversity (CDB). 2000. Decisions adopted by the conference of the parties to the convention on Biological Diversity at its fifth meeting, Decision V/6. Nairobi.

Convención Sobre Humedales de Importancia Internacional (Convención RAMSAR). 2005. *Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos*. República de Panamá.

Crump, M. 1971. Quantitative analysis of the ecological distribution of a tropical herpetofauna. *Occasional Papers of the Museum of Natural History. University of Kansas* (3): 1-62.

Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA), Fundación Estación Biológica Bachaqueros. 2000. Cuadro N° 15: Reducción de habitats para la fauna nativa. En: *Protocolo Distrital de restauración Ecológica: Guía para la reconstrucción de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Santa Fé de Bogotá*. Edición e interventoría: Liliana Castro, Viviana Vanegas. Bogotá, Colombia. Disponible en: Centro de Documentación del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente -DAMA, Carrera 6 N° 14-98, Bogotá. ISBN DAMA 9387-25-X

Donato-Rondón, CH. 2001. *Fitoplancton de los Lagos Andinos del norte de Sudamérica (Colombia), composición y factores de distribución*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras Nro. 19. Bogotá, Colombia.

Duellman, W. y R. Thomas. 1996. Anuran amphibians from a tropical dry forest in southeastern Peru and comparisons of the anurans among sites in the upper Amazon Basin. *Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas* (180): 1-34.

Dumeril, A.M.C y A, G. Bibrón. 1841. *Herpetologie générale ou histoire naturelle complète des reptiles*. Vol. 8. Paris: 792 pp.

Engelber, J. and L.L. Boyansky. 1979. Noncybernetic nature of ecosystems. *American naturalist*. 114:317-324.

Environmental Scientific Research Institute - ESRI. 2006. *ArcGIS*, 9.x. edn, Redlands, United States.

Figueroa A., Contreras R. y Sánchez J. 1998. Evaluación de impacto ambiental. Un instrumento para el desarrollo. CEADES. Corporación Autónoma de Occidente. Cali, Colombia.

Flórez, P., Krabbe, N., Castaño, J., Suárez, G. y Arango, J.D. 2004. Evaluación Avifauna del Páramo de Frontino, Antioquia, Agosto 2004. *Colombian EBA Project Report Series* No. 6. Fundación ProAves, Colombia, 2004. 27 pp. ISSN 1811-1246.

Frolich, L.M., Schultz, N., Almeida, D. y Nogales, F. (2003). *Las Ranas de Los Andes Norte de Ecuador: Cordillera Oriental*. Quito-Ecuador: Ediciones Abya Yala.

Galeano, S.P., Urbina, J.C., Gutierrez-C., Rivera-C., M. y V. Páez. 2006. Los anfibios de Colombia, diversidad y estado del conocimiento. Tomo II. Pp. 106-118. En: Informe Nacional sobre el Avance en el Conocimiento y la información de la Biodiversidad 1998-2004. (Chávez, M.E. y Santamaria M., Eds.). Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt, Bogotá.

Gilbert, L.E. 1973. Ecological consequences of a co-evolved mutualism between butterflies and plants. In Gilbert, L.E and P.H Raven (Eds.) *Co-evolution of animals and plants*. Symposium V. 1st int. Cong. Syst. Evol. Biol. University of Texas press. Austin. Pp 210-240.

Gleason, H.A. 1926. The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 53: 7-26.

González A. 2002. Evaluación de impacto ambiental. Centro Latino Americano de Educación a Distancia. Disponible en Internet en <http://www.cladead.org/>. Consultado el 26 de Noviembre de 2007

Guayasamin, J.M. 2004. The *Eleutherodactylus orcesi* species group (ANURA: LEPTODACTYLIDAE): comparative osteology and comments on its monophyly. *Herpetological Monographs*, 18, 142–174.

Gutiérrez D., V. Serrano., M. Ramírez. 2004. Composición y abundancia de anuros en dos tipos de bosque (natural y cultivado) en la cordillera Oriental colombiana. *Revista Caldasia*; 26(1): 245-246.

Guerrero E., O. De keizer y R. Córdoba. 2006. La Aplicación del *Enfoque Ecosistémico* en la Gestión de los Recursos Hídricos. UICN, Quito, Ecu. 78 p.

Grant, B.W., K.L. Brown, G.W. Ferguson y J.W. Gibbons. 1994. Changes in amphibian biodiversity associated with 25 years of pine forest regeneration: implications for biodiversity management. Págs. 355-367. en: S.K. Majumdar, F.J. Brenner, J.E. Lovich, J.F. Schalles, and E.W. Miller (eds), *Biological Diversity: Problems and Challenges*. The Pennsylvania Academy of Science. York, PA.

Grosse, E. 1947. Las cabeceras de los ríos Magdalena y Caquetá en el macizo Colombiano. Sociedad Geográfica de Colombia. Boletín 4, año VII.

Henao, A. 1987. El disco Secchi y el estado trófico. *Revista AINSA*, No. 12, Enero/ junio. Medellín, Colombia.

Hilthy, S. y W. Brown. 1986. A guide to the birds of Colombia. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

Holdridge, L. 1979. *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica: IICA. 216 p.

Hofstede, R., Mena P. y Zegarra P. 2003. Los páramos en el mundo: su diversidad y sus habitantes Proyecto Atlas Mundial de Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia .Quito, Ecuador

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1994. Mapa geológico del departamento del cauca escala 1:25.000. Plancha 387-11-D. Popayán, Cauca – Colombia.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2004. Guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia. Decreto 1729 de 2002. Bogota. Colombia.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM.2001. Caracterización climática del macizo colombiano. Disponible en: [www.IDEAM.com](http://www.IDEAM.com). Consultado 3 de agosto de 2008.

Instituto Alexander von Humboldt (IAvH). 1998. Los humedales y la Biodiversidad. *Rev. Biosíntesis*; N° 8.

Instituto de Recursos Mundiales (WRI). 2000. ¿Qué es un enfoque ecosistémico?. Disponible en: [http://www.wri.org/wr2000esp/ecosys\\_approach.html](http://www.wri.org/wr2000esp/ecosys_approach.html). Consultado el 3 de Dic. 2007

Jordán, C.F 1981. Do ecosystems exist?. *American Naturalist*. 118:284-287

- Jordán, C.F y E. Medina. 1978. Ecosystem research in the tropics. *Annals of de Missouri Botanical Garden* 64(4):737-745.
- Justo Ramón (Hno.). 1947. Exploración del páramo de Las Papas. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia*. 7 (4): 357. Bogotá, Colombia.
- Knight, R.L. and D.P. Swaney. 1981. In defense of ecosystems. *American Naturalist*. 117:991-992.
- Leff, E. 1986. "Ecología y Capital: hacia una perspectiva ambiental del desarrollo". México D.C: Ed. Universidad Autónoma de México. 75 pp.
- Linderman, R.L. 1942. The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology* 23: 399-418.
- Likens, G.E. 1992 *The Ecosystem Approach: Its Use and Abuse*, Ecology Institute, Luhe, Alemania.
- Lomas P. L., Di Donato M. y Ulgiati S. 2007. La síntesis emergética: una valoración de los servicios del ecosistemas con base termodinámica. *Ecosistemas*. 2007/3 (URL: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?=-497Idcategoria=1tipo=portada>)
- Lynch, J. D. 1981. Leptodactylid frogs of the genus *Eleutherodacrylus* in the Andes of Northern Ecuador and adjacent Colombia. *Misc. Publ. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas* (72): 1-46.
- Marsh, D. M. y P. B. Pearman. 1997. Effects of hábitat fragmentation on the abundance of two species of Leptodactylid frogs in an Andean montane forest. *Conserv. Biol.* 11(6): 1323 – 1358.
- McNaughton S.J and M.B Coughenour. 1981. The cybernetic nature of ecosystems. *American Naturalist*. 117:985-990
- Maass J. M. e Yrizar-Martínez A. 1990. Los ecosistemas, origen e importancia del concepto. *Revista Ciencias*. Especial 4.
- Margalef, R. 1968. *Perspectives in ecological theory*. Universidad de Chicago Press, Chicago. 111 pp.
- Merino-Viteri, A. R. 2001. Análisis de las posibles causas de las disminuciones de las poblaciones de anfibios en los Andes de Ecuador. Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MINAMBIENTE). 2005. *Humedales altoandinos: estrategia regional*. WWF Colombia. 20 p.
- Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Dirección Territorial Surandina. Parque Nacional Natural Puracé (PNN-Puracé). 1998. Plan de manejo. Popayán –Cauca, Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Dirección Territorial Surandina. Parque Nacional Natural Puracé (PNN-Puracé). 2004. Plan de manejo. Popayán –Cauca, Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2001. Política nacional para Humedales interiores de Colombia: estrategias para su conservación y uso racional. Disponible en <http://www.ramsar.org>. Consultado el 30 de agosto de 2009

Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Dirección Territorial Surandina. Parque Nacional Natural Puracé (PNN-Puracé). 2007. Avance documento del subprograma de monitoreo e investigación en el Parque Nacional Natural Puracé. Popayán- Cauca, Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Unidad Administrativa Especial Del Sistema De Parques Nacionales Naturales (UAESPNN). 2005. Hacia el análisis de integridad ecológica en Parques Nacionales Naturales. Bogotá –Colombia. 66p.

Montenegro C. 2006. Manual de cartografía digital y SIG. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085-AR Componente “A”: Generación de Investigación e Información Inventario Nacional de Bosques Nativos y Áreas Protegidas. Ministerio de desarrollo social y medio ambiente. Buenos Aires- Argentina.

Montezuma, M. F. y J.J. Mueses-Cisneros. 2009. Amphibia, Anura, Hylidae, *Hyloscirtus tigrinus*: Distribución extensión, first departamento record, Cauca and Huila, Colombia. Check List 5(2): 243-245.

Morales-Rozo A., G. Andrade y M. Rosas. 2007. Aves acuáticas en las lagunas de fúquene, Cucunubá y Palacio. Inventario, estado actual e importancia para la conservación. 155-174 p.p. En: Franco Vidal L. y Andrade G. (Eds.). 2007. Fúquene, Cucunubá y Palacio. Conservación de la biodiversidad y manejo sostenible de un ecosistema lagunar andino. Fundación Humedales e Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 364 p.

Mueses-Cisneros, J. J. 2003. El género *Osornophryne* (AMPHIBIA: BUFONIDAE) en Colombia. Revista Caldasia 25(2) 2003: 419-427.

Mueses-Cisneros, J. J. y M. A. Anganoy-Criollo. 2008. Una nueva especie del grupo *Hyloscirtus larinopygion* (Amphibia: Anura: Hylidae) del suroccidente de Colombia. Papéis Avulsos de Zoología 48(15):129-138.

Nanzyo, M., Shoji, S. y Dahlgren, R., 1993. Volcanic Ash Soils: genesis, properties and utilisation. Developments in Soil Science N 21. Elsevier, Amsterdam, 288 pp.

Navarro J. y J. Muñoz. 2000. Manual de huellas de algunos mamíferos terrestres de Colombia. Medellín, Colombia: Ed. Universidad de Antioquia. 140 p.

- Odum, E. 1972. Ecología. México, D.F: Nueva editorial Interamericana. 3 Ed. 639 p.
- Odum, E. 1986. Perspective of ecosystem theory and application. In: Polunin, N. (Ed.) *ecosystem theory and application*. Environmental Monographs and Simposia. Jhon Wiley y Sons. New York. pp I-II.
- Odum, H. T. 1988. Self-organization, transformity and information. *Science*. 242: 1132-1139
- Odum, H. T. 1996. Environmental accounting: emergy and decision making. Jhon Wiley, New York.
- O'neil R.V., D.L. Deangelis, J.B. Waide, and Ellen. T.F.H. 1986. *A hierarchical concept of ecosystems*. Princeton Univ. Press. Princeton. 253 pp.
- Osorno-Muñoz, M. 1999. Evaluación del efecto de borde para poblaciones de *Pristimantis viejas* (Amphibia: Anura: Leptodactylidae), frente a corredores de servidumbre en diferente estado de regeneración, en dos bosques intervenidos por líneas de transmisión eléctrica de alta tensión. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Suplemento Especial 23*: 347-356.
- Paz J. 2005. Laguna de La Magdalena, a cuidados intensivos. Disponible en: <http://www.macizocolombiano.net>. Consultado el 23 de octubre de 2007.
- Patten, B.C. 1975. Ecosystem as a co-evolutionary unit: a theme for teaching systems ecology. Part 1. Society for Computer Simulation. La Jolla. California. p.p: 1-8.
- Patten, B.C and E.P. Odum 1981. The cybernetic nature of ecosystems. *American Naturalist* 118:886-895.
- Pérez D. y Y. Labrada. 2006. Caracterización de indicadores de rendimiento grupal que impulsan la eficiencia en equipos de trabajo. Universidad Nacional de San Luis. Proyecto Culturas Juveniles Urbanas. *Kairos: revista de temas sociales*. Año 10. Nº 18. Disponible en <http://www.revistakairos.org>. Consultado el 20 de noviembre de 2007
- Pinto-Escobar P. 1964. Observaciones sobre la topografía y vegetación del páramo y valle de Las Papas. *Boletín* 81-82. Año XXII
- Pinaud. H. 2008. Efectos del pisoteo compactación y erosión del suelo. Disponible en internet en [www.introducciónalameteorología.blogspot.com](http://www.introducciónalameteorología.blogspot.com) . Consultado 11 de febrero de 2010
- Pimm, S.L. 1984. The complexity and stability of ecosystems. *Nature* 307:321-326
- Ponce E. 2004. Políticas Internacionales y Andinas que Inciden sobre el Ecosistema Páramo, Proyecto Conservación de la Biodiversidad en los Páramos del Norte y Centro de los Andes –Proyecto Páramo Andino - (CONDESAN), Componente de Política. Bogotá D.C.

Pomeroy, L.R and Alberts J.J. 1988. Concepts of Ecosystems ecology. Ecological Studies Vol 67. New York: Ed. Springer-veriag. 384 pp.

Pomeroy, L.R., Hargrove, E.C. and J.J Alberts. 1988. The Ecosystem perspective. In: Pomeroy, L.R and Alberts J.J. (Eds.) *Concepts of Ecosystems ecology*. Ecological Studies Vol 67. Springer-veriag. New York, pp 1-18.

Programa de Rehabilitación y conservación para el Macizo Colombiano (PROMACIZO). 2003. Caracterización biofísica del territorio Papallaqta. Popayán, Colombia.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).1988. Evaluación del impacto ambiental: procedimientos básicos para países en desarrollo. PNUMA .Ginebra, Ch.

Pulido, C. 1988. Génesis y evolución de los suelos de los páramos de Sumapaz, Chingaza y Guerrero. En: Suelos Ecuatoriales, Vol. 12 (2): 160-170. Bogotá.

Ramírez, B. R. 1995. Principios y métodos en ecología vegetal. Universidad del Cauca. Popayán. 45 p.

Rangel O. 2000. La Diversidad Beta: Tipos de vegetación. En: J. Orlando Rangel-Ch. (ed.). Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna. 658-719. Instituto de Ciencias Naturales-Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá –Colombia.

Ralph J., G. Geupel, P. Pyle, T. Martin, D. De Sante y M. Borja. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, Department of Agriculture. U.S.

Rengifo, L.M., A.M. Franco-Maya, J.D. Amaya-Espinel, C. H. Catan y B. Lopez-Lanús (eds.). 2002. Libro rojo de aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.

Ron, S. R.,W. E.Duellman, L. A. Coloma, and M. R. Bustamante. 2003. Population decline of the jambato toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. J. Herpetol. 37: 116–126.

Rueda-Almonacid, J. V., J. D. Lynch y A. Amézquita (Eds.). 2004. Libro rojo de anfibios de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 384 pp.

Ruehle, J.L and D.H Marx. 1979. Fiber, food, fuel and fungal symbionts. *Science* 206:419-422

Rousseaux, J. M. y Warkentin, B. P., 1976. Surface properties and Forces Holding Water in Allophane Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 40: 446–451.

- Saransig, J y Jaramillo, P. 1999. "Influencia de los Grupos Indígenas en el Desarrollo de la Morfología Urbana de Otavalo". Disponible en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) . 3 de febrero de 2008
- Schaufelberger, P.1962. Apuntes geológicos y pedológicos de la zona cafetera de Colombia. Manizales: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Imprenta oficial. 238 p.
- Shepherd, G. 2006. El Enfoque Ecosistémico: Cinco Pasos para su implementación. Serie de Manejo Ecosistémico no. 3. UICN, Gland (Suiza); Cambridge, Reino Unido. 30 p.
- Schulze, E.D. y H. Zwolfer. 1987. Potentials and limitations of ecosystems analysis. Ecological Studies of Springer-verlag. New York. 435 pp.
- Shugart H.H and D.L Urban. 1988. Synthesis And ecosystems dynamics. In: Pomeroy, L.R and Alberts J.J. (Eds) Concepts of Ecosystems ecology. Ecological Studies 67. Springer-verlag. New York, pp 279-316.
- Simberloff, D. (1980). "A. succession of paradigms in ecology: essentialism to materialism and probabilism". *Synthese* 42(1): 3-39
- Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN), World Wildlife Foundation (WWF) y Corporación Autónoma del Alto Magdalena (CAM). 2005. 1er Taller programa de monitoreo oso andino y danta de montaña en el macizo Colombiano. EcoParque Río Pance, Cali. Colombia.
- Sturm H. y O. Rangel. 1985. Ecología de los páramos andinos: Una visión preliminar integrada. Biblioteca J.J. Triana. No. 9: 292 pp. Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá, Colombia
- Tansley A., G. 1935. The use and abuse of vegetational terms and concepts. *Ecology* 16, 284-307.
- Vargas, F. y F. Castro. 1999. Distribución y preferencias de microhábitat en anuros (Amphibia) en bosque maduro y áreas perturbadas en Anchicayá, Pacífico colombiano. *Caldasia* 21: 95-109.
- UICN (2005). *2005 UICN Red list of threatened species*. En: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org) consultado el 23 de octubre de 2007
- Villaquirán C., y L. Rose, R. García. 2004. Proyecto de conservación de los paramos y bosques montanos del Macizo Colombiano BIOMACIZO. Expedición Valencia – Pto. Quinchana. Informe final. Parque Nacional Natural Puracé. Popayán –Cauca (Colombia)
- Villareal, H., M. Alvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, y A. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Programa Inventarios de Biodiversidad. Grupo de Exploración y Monitoreo Ambiental. Bogotá - Colombia. 236 p.

Watt, A. S. 1947. Pattern and process in plant community. *Journal of Ecology* 12: 1-22.

Wiener, N. 1948. *Cybernetics*. New York: Jhon Wiley.

Yunez Nuñez, A. V. Volpedo y A. Fernández Cirelli. Eds L. Fernández Reyes y D. Moura. 2005. "Evaluación de la vulnerabilidad del sitio Ramsar de Bahía Samborombón (Argentina)". *Humedales de Iberoamérica: Experiencias de Estudio y Gestión*. 304-316.