

**CARACTERIZACIÓN DE LAS PERTURBACIONES AMBIENTALES
GENERADAS POR EL MODELO AGROPECUARIO EN LA CUENCA ALTA
DEL RIO CAQUETA, ALTA MONTAÑA ANDINA, MUNICIPIO DE SAN
SEBASTIAN DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

FEDERICO MOSQUERA GUERRA



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA
EDUCACION
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
POPAYAN-CAUCA
2009**

**CARACTERIZACIÓN DE LAS PERTURBACIONES AMBIENTALES
GENERADAS POR EL MODELO AGROPECUARIO EN LA CUENCA ALTA
DEL RIO CAQUETA, ALTA MONTAÑA ANDINA, MUNICIPIO DE SAN
SEBASTIAN DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

FEDERICO MOSQUERA GUERRA

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

Director

MAGISTER GERARDO IGNACIO NAUDORF SANZ



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA
EDUCACION
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
POPAYAN-CAUCA
2009**

Nota de aceptación:

Mg. GERARDO IGNACIO NAUDORF SANZ
Director

Mg. HILDIER ZAMORA GONZALEZ
Jurado

Mg. LEONIDAS ZAMBRANO POLANCO
Jurado

Fecha de sustentación:

DEDICATORIA

“Podrían darse casos de plantas traídas de otras partes para que se volvieran comunes en todas las islas en un período inferior a diez años. Varias de las plantas que ahora son las más numerosas en las extensas llanuras de La Plata, que cubren leguas cuadradas de superficie y excluyen a casi todas las demás plantas, fueron traídas de Europa; y hay plantas que ahora se extienden en la India, como supe por el Dr. Falconer, desde Cabo Comodín hasta el Himalaya, que fueron importadas de América desde su descubrimiento. En estos casos, y podrían darse infinidad de ejemplos, nadie supone que la fertilidad de esos animales y plantas haya aumentado repentina y temporalmente en grado considerable. La explicación obvia es que las condiciones de vida han sido muy favorables y que, por consiguiente, ha habido menos destrucción de los individuos viejos y los jóvenes y que casi todos los individuos jóvenes pudieron reproducirse. En estos casos, la proporción geométrica de aumento, cuyo resultado nunca deja de sorprender, explica sencillamente el crecimiento extraordinariamente rápido y la gran difusión de las producciones naturalizadas en sus nuevos lugares de residencia”.

Charles Darwin

El Origen de las especies (1859)

A mis padres José Orlando Mosquera y Fanny Guerra, por toda su confianza, compañía y esfuerzo.

A mis hermanos Lina Paola Mosquera y José Orlando Mosquera, por su apoyo, afecto y amistad.

Al Departamento del Caquetá por acogernos en su seno en momentos convulsionados de la historia nacional y permitir que germinara una semilla familiar en las entrañas de esos grandes ríos que surcan sus fértiles y hermosas tierras.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, hermanos, familiares, amigos, profesores y trabajadores de Universidad del Cauca por su constante apoyo en la construcción académica y humana de este profesional.

Gerardo Ignacio Naundorf Sanz, MSc. Docente del programa de Biología, Universidad del Cauca, Director del trabajo y a los Docentes del Grupo de Recursos Hidrobiológicos: Hildier Zamora González, MSc, Jhan Sandoval, MSc y Guillermo Vásquez, MSc.

A nuestros compañeros de carrera por su entusiasmo, fuerza, entereza y fraternidad.

A los Profesores del departamento.

A la alcaldía de San Sebastián por su colaboración y participación en la ejecución de esta investigación.

Al pueblo Yanacona por su colaboración y participación fraterna.

A mis amigos y mi compañera por su colaboración en las extenuantes salidas de campo, perseverancia, fraternidad y a todos los que hicieron posible la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen.	
1. Introducción.	1
2. Planteamiento del problema de investigación.	4
3. Justificación.	5
4. Objetivos General y específicos.	6
4.1 Objetivo General.	6
4.2 Objetivos Específicos.	6
5. Marco teórico y antecedente.	7
5.1 Marco normativo aplicable a los ecosistemas de páramo.	8
5.2 Los páramos andinos, colombianos y su ubicación en el Neotrópico.	8
5.3 Distribución altitudinal y clasificación de las zonas de vida.	10
5.4 Cuenca Alta del río Caquetá y área de influencia.	12
5.5 Riqueza, biodiversidad y endemismo en fauna y flora alto andino.	13
5.6 Calidad del agua.	13
5.7 Sistemas de información geográfica.	14
5.8 Evaluación de actividades antrópicas.	14

6. Área de estudio.	15
7. Metodología.	21
7.1 Métodos de muestreo.	21
7.1.1 Calidad del agua.	21
7.1.1.2 Análisis físico-químicos.	21
7.1.1.3 Análisis biológicos.	21
7.1.1.4 Biondicación a través del ensamble perifitico.	25
7.1.1.5 Índice lotico de capacidad ambiental general (ILCAG).	25
7.1.2 Modelación espacio-temporal cualitativa.	25
7.1.3. Caracterización de la vegetación.	27
7.1.4. Caracterización de la fauna.	28
7.1.5. Identificación y evaluación de las actividades antrópicas.	29
7.1.6. Análisis de datos.	30
8. Resultados y discusión.	32
8.1. Caracterización físico química hídrica.	32
8.1.1. Oxígeno disuelto.	32
8.1.2. Porcentaje de saturación de oxígeno.	35
8.1.3. Dióxido de carbono.	35
8.1.4. pH.	36
8.1.5. Acidez.	36
8.1.6. Alcalinidad.	37
8.1.7. Dureza Total.	37
8.1.8. Dureza Carbonacea.	38
8.1.9. Calcio.	38
8.1.10. Nitrógeno.	39
8.1.11. Conductividad.	40

8.1.12. Cloruros.	40
8.1.13. Hierro.	41
8.2. Caracterización de los parámetros biológicos.	45
8.2.1. Macroinvertebrados acuáticos bentónicos.	45
8.2.2. Biondicación a través del ensamble perifítico.	62
8.3. Índice lotico de capacidad ambiental general (ILCAG).	66
8.4. Modelación espacio temporal cualitativa.	67
8.5. Caracterización de la vegetación.	72
8.6, Caracterización de la fauna.	78
8.7 Evaluación de Impacto ambiental (EIA).	93
8.7.1. Matriz de CIR	98
8.7.2 Matriz de FEARO	99
8.7.3. Matriz de Influencia y Dependencia.	101
9. Conclusiones.	102
10. Recomendaciones.	104
Anexos.	105
Bibliografía.	117

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cuencas Hidrográficas del Macizo Colombiano.	12
Tabla 2. Georeferenciación de los sitios de estudio en el río Caquetá.	17
Tabla 3. Afluentes del río Caquetá.	19
Tabla 4. Índice de Monitoreo Biológico – BMWP.	22
Tabla 5. Clases, Valores y Características para aguas en el índice BMWP.	24
Tabla 6. Índice lotico de capacidad ambiental general.	25
Tabla 7. Clases de forma de la cuenca del río Caquetá.	26
Tabla 8. Procesos desarrollados en el análisis multitemporal del SIG.	27
Tabla 9. Índice de Shannon-Weaver de los MAE del río Caquetá.	54
Tabla 10. Índice de BMWP aplicado en el río Caquetá.	55
Tabla 11. Contenido estomacal de los individuos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> .	60
Tabla 12. Perifiton de la Cuenca alta del río Caquetá.	62
Tabla 13. Índice lotico de capacidad ambiental general.	66
Tabla 14. Modelación Espacio-Temporal de la cobertura vegetal.	68
Tabla 15. Modelación Espacio-Temporal de la cobertura vegetal.	68
Tabla 16. Especies vegetales presentes en los sitios de muestreo.	74
Tabla 17. Listado de aves presentes en el P.N.N. Puracé.	79

Tabla 18. Listado de especies de aves cierto grado de amenaza.	82
Tabla 19. Listado de especies de grandes mamíferos amenazados.	86
Tabla 20. Especies de anuros colectadas en el P.N.N. Puracé.	91

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Clasificación (Cuatrecasas, 1958, Rangel, 2000, Cleff, 1981).	11
Figura 2. Ubicación del área de estudio, en el departamento del Cauca.	15
Figura 3. Imagen digitalizada del área de estudio.	16
Figura 4. Sitio de monitoreo número 1 nombrado el puente.	17
Figura 5. Sitio de monitoreo número 2 nombrado porvenir.	17
Figura 6. Sitio de monitoreo número 3 nombrado tamboras.	18
Figura 7. Ubicación de los tres sitios de muestreo en el rio Caquetá.	20
Figura 8. Mapa conceptual sobre la metodología investigación empleada.	31
Figura 9. Concentración en mg/L de O ₂ .	32
Figura 10. Variación porcentaje de saturación.	35
Figura 11. Concentración de mg de CO ₂ y meses de muestreo.	36
Figura 12. Variación de las unidades de pH.	36
Figura 13. Variación de la acidez.	37
Figura 14. Variación de la alcalinidad.	37
Figura 15. Variación de la concentración de Ca.	38
Figura 16. Variación de la concentración de iones de NO ₃ ⁻ .	38
Figura 17. Variación de la concentración de la Dureza Total.	39
Figura 18. Variación de la concentración de la Dureza Carbonacea.	39
Figura 19. Variación de la conductividad uMhos/cm.	40

Figura 20. Variación de la concentración de mg Cl-.	41
Figura 21. Variación de la concentración de mg Fe.	41
Figura 22. Analisis de componentes principales.	42
Figura 23. Dendrograma de similaridad Bray-Curtis Fisico Quimicos	44
Figura 24. Porcentaje de abundancias de los géneros en el sitio1.	45
Figura 25. Porcentaje de abundancias de los géneros en el sitio 2.	47
Figura 26. Porcentaje de abundancia de los géneros en el sitio 3.	49
Figura 27. Relación de individuos de Macroinvertebrados.	52
Figura 28. Porcentaje de abundancia de los géneros en el sitio 3.	53
Figura 29. Índice de Shannon-Weaver.	53
Figura 30. Índice de BMWP en los tres sitios de estudio.	54
Figura 31. Dendrograma de similaridad Bray- Curtis MAE.	58
Figura 32. Análisis de Correspondencia canónica.	59
Figura 33. Espécimen de <i>Oncorhynchus mykiss</i> del río Caquetá.	61
Figura 34. Ovas en espécimen hembra de <i>Oncorhynchus mykiss</i> .	61
Figura 35. Ensamble perifítico dominado colectada en sitio 2.	64
Figura 36. Caudal monitoreado en los sitios de muestreo.	66
Figura 37. Comportamiento de las coberturas vegetales (1989-2005).	67
Figura 38. Coberturas vegetales presentes en el período 1989.	69
Figura 39. Coberturas vegetales presentes en el período 2001.	70
Figura 40. Coberturas vegetales presentes en el período 2005.	71
Figura 41. Sito 1 de estudio ubicado en la cuenca alta río Caquetá.	72
Figura 42. Sito 2 de estudio ubicado en la cuenca alta río Caquetá.	72

Figura 43. Sito 2 de estudio ubicado en la cuenca alta río Caquetá.	73
Figura 44. Número de familias y especies vegetales.	74
Figura 45. Bosque alto andino presente en el corregimiento de Valencia.	75
Figura 46. Ciclo hidrológico del bosque alto andino.	76
Figura 47. Alteración del ciclo hidrológico del bosque alto andino.	77
Figura 48. Avifauna del ecosistema laguna de la Magdalena.	83
Figura 49. Alimento del Oso de anteojos.	87
Figura 50. Excremento de danta de montaña.	88
Figura 51. Excremento de venado.	88
Figura 52. Restos de excretas de puma <i>Felis concolor</i> .	89
Figura 53. Fotos de la diversidad de mamíferos alto andinos.	90
Figura 54. Anuros encontrados en la Laguna de la Magdalena.	92
Figura 55. Plano de influencia y dependencia.	101

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Variables Físico químicas de la Cuenca Alta del rio Caquetá.	33
Cuadro 2. Parámetros físico químicos de la Cuenca Alta del rio Caquetá.	34
Cuadro 3. Macroinvertebrados Epicontinentales presentes en el Sitio 1.	46
Cuadro 4. Macroinvertebrados Epicontinentales presentes en Sitio 2.	48
Cuadro 5. Macroinvertebrados Epicontinentales presentes en el Sitio 3.	50
Cuadro 6. Macroinvertebrados Epicontinentales del río Caquetá.	51
Cuadro 7. Indicación de los géneros de Macroinvertebrados.	56
Cuadro 8. Indicación de los géneros perifíticos.	65
Cuadro 9. Descripción de las especies de grandes mamíferos.	84
Cuadro10. Descripción de la actividad ganadera.	94
Cuadro11. Descripción de la actividad del monocultivo de papa	95
Cuadro 12. Determinación y ponderación de variables ambientales.	96
Cuadro 13. Determinación de variables influyentes y dependientes.	101

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Condiciones climáticas.	105
ANEXO 2. Familias de Macroinvertebrados encontrados el río Caquetá.	107
ANEXO 3. Registro fotográfico de las actividades agropecuarias.	108
ANEXO 4. Encuesta agropecuaria aplicada en la investigación.	115

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo principal la identificación y evaluación de tipo cualitativo y cuantitativo de los impactos ambientales generados por las actividades asociadas al modelo agropecuario e implementadas en un ecosistema Alto Andino presente en la Cuenca alta del río Caquetá, en la cual se establecieron tres sectores de monitoreo sometidos a diferentes niveles de impacto antrópico en predios ubicados en el corregimiento de Valencia, municipio de San Sebastián, al sur-oriental del departamento del Cauca en las coordenadas N:01°53'75.5"-w:076°40'74.4" a una altitud aproximada de 3.000 msnm en una zona de vida Bosque Alto Andino (Rangel. O, 2000), Selva Andina (Cuatrecasas. 1958), Bosque nublado alto andino en transición con el Subpáramo bajo (Cleef. A. 1981) o Bosque muy húmedo Montano (bmh-M), (Holdrige, 1987).

Las actividades asociadas al cambio en el uso del suelo tienen diferentes niveles de impacto tanto espacial como temporal en los componentes bióticos y abióticos del ecosistema, por esta razón la metodología propuesta valora las implicaciones de la fragmentación de la cobertura del Bosque Andino, empleando colectas de material vegetal en campo y análisis con sensores remotos empleando imágenes de la Land Sat de los años 1989, 2001 y 2005. La valoración cualitativa del río Caquetá se realizó a través de la Bioindicación con los macroinvertebrados acuáticos y el uso del índice BMWP - Biological Monitoring Working Party Score System- (Zamora, H., 1998). Igualmente se utilizó el perifiton como elemento de bioindicación, así como mediciones de caudal, parámetros Físico-Químicos del agua e Índice Lótico de capacidad ambiental general-ILCAG- (Ramírez & Viña, 2008) para tres sitios de muestreo. La caracterización de la fauna se realizó con muestreos en campo y revisión bibliográfica, con la finalidad de obtener información fundamental para determinar la diversidad del ecosistema y estimar así su comportamiento al encontrarse sometido a tensiones de orden antrópico. La identificación y valoración de los impactos ambientales se llevó a cabo empleando instrumentos metodológicos como las matrices propuestas por FEARO, CIR e Influencia – dependencia.

Palabras claves: Cuenca, bosque alto andino, impacto, hidrobiología, macizo colombiano, río Caquetá.

1. INTRODUCCION

En los últimos años el acelerado cambio en el uso del suelo en los Andes Colombianos y en particular en el departamento del Cauca ha generado un creciente interés en la investigación de los impactos ambientales generados en estos ecosistemas como también en la comprensión de su función ecológica y en particular la del balance hídrico.

La cordillera de los Andes surge de la actividad tectónica y de la deriva continental en Sudamérica (Brown y Lomillo. 1998; Pielou, 1979), fenómeno que se originó por el choque de la placa de Nazca con la placa Sudamericana (Fittkau *et al.*, 1968). Este evento dio lugar a una compleja cadena de montañas que se extiende desde el sur del continente hasta Venezuela y que comprende una variedad de ecosistemas cuyas particulares características han sido determinadas, en parte por factores climáticos (Sentir.org, 2001) y a una escala más local por la altitud (Grubb y Whitmore, 1996). Entre estos ecosistemas se encuentra los bosques andinos que se ubican entre los 1000 msnm y el límite inferior de los páramos y las punas (Bruijnzeel, 2004), alrededor de los 3 300 msnm.

La dispersión de la vegetación en la cordillera de los Andes se inicio en el sur del continente en la subregión patagónica, donde la adaptación y el adecuado desarrollo de las especies vegetales permitieron el tránsito de estas hacia el norte hasta las zonas de Colombia y Venezuela (Sentir.org, 2001; Van der Hammen y Hooghiemstra, 2001; Luuteyn y Churchill, 2000; Churchill *et al.*, 1995; Graf, 1994). Esto formo distintas provincias por la presencia de las barreras geográficas que aparecieron a lo largo del proceso. En las zonas donde la temperatura y la precipitación son bajas la vegetación se caracteriza por ser pequeña (Van der Hammen y Hooghiemstra, 2001; un compendio amplio sobre la dinámica de los bosques nublados del Neotrópico, incluidos los bosques alto-andinos, fue presentado por (Kapelle y Brown, 2001); en él se tratan cuestiones relacionadas con el ambiente natural y la distribución de especies en estos bosques. Sin embargo, aspectos como el hidrológico, los efectos del cambio del uso del suelo y del cambio climático sobre estos ecosistemas no han sido investigados (Arroyave, 2007). De otro lado varios autores coinciden en que el estado del conocimiento sobre los bosques andinos es aún demasiado precario como para clasificarlos. Así se ha sugerido la identificación de las variables que alteran las condiciones de los bosques andinos mediante la demarcación de gradientes ambientales más conspicuos, que sirvan para identificar condiciones que cambian: la estructura y composición de dichos bosques (Beck *et al.*, 2008; Young, 2006; Van der Hammen y Hooghiemstra, 2001).

1. INTRODUCCION

En los últimos años el acelerado cambio en el uso del suelo en los Andes Colombianos y en particular en el departamento del Cauca ha generado un creciente interés en la investigación de los impactos ambientales generados en estos ecosistemas como también en la comprensión de su función ecológica y en particular la del balance hídrico.

La cordillera de los Andes surge de la actividad tectónica y de la deriva continental en Sudamérica (Brown y Lomillo. 1998; Pielou, 1979), fenómeno que se originó por el choque de la placa de Nazca con la placa Sudamericana (Fittkau *et al.*, 1968). Este evento dio lugar a una compleja cadena de montañas que se extiende desde el sur del continente hasta Venezuela y que comprende una variedad de ecosistemas cuyas particulares características han sido determinadas, en parte por factores climáticos (Sentir.org, 2001) y a una escala más local por la altitud (Grubb y Whitmore, 1996). Entre estos ecosistemas se encuentra los bosques andinos que se ubican entre los 1000 msnm y el límite inferior de los páramos y las punas (Bruijnzeel, 2004), alrededor de los 3 300 msnm.

La dispersión de la vegetación en la cordillera de los Andes se inicio en el sur del continente en la subregión patagónica, donde la adaptación y el adecuado desarrollo de las especies vegetales permitieron el tránsito de estas hacia el norte hasta las zonas de Colombia y Venezuela (Sentir.org, 2001; Van der Hammen y Hooghiemstra, 2001; Luuteyn y Churchill, 2000; Churchill *et al.*, 1995; Graf, 1994). Esto formo distintas provincias por la presencia de las barreras geográficas que aparecieron a lo largo del proceso. En las zonas donde la temperatura y la precipitación son bajas la vegetación se caracteriza por ser pequeña (Van der Hammen y Hooghiemstra, 2001; un compendio amplio sobre la dinámica de los bosques nublados del Neotrópico, incluidos los bosques alto-andinos, fue presentado por (Kappelle y Brown, 2001); en él se tratan cuestiones relacionadas con el ambiente natural y la distribución de especies en estos bosques. Sin embargo, aspectos como el hidrológico, los efectos del cambio del uso del suelo y del cambio climático sobre estos ecosistemas no han sido investigados (Arroyave, 2007). De otro lado varios autores coinciden en que el estado del conocimiento sobre los bosques andinos es aún demasiado precario como para clasificarlos. Así se ha sugerido la identificación de las variables que alteran las condiciones de los bosques andinos mediante la demarcación de gradientes ambientales más conspicuos, que sirvan para identificar condiciones que cambian: la estructura y composición de dichos bosques (Beck *et al.*, 2008; Young, 2006; Van der Hammen y Hooghiemstra, 2001).

En este contexto, es obvio que la altitud es el factor ambiental que mas modifica a los bosques andinos y así se definen tres tipos principales: bosque montano bajo o subandino, bosque montano alto y bosque alto-andino o bosque de niebla (Rada, 2002; Sentir.org, 2001; Grubb y Whitmore, 1996). No obstante, generalmente se ubica en altitudes que oscilan entre los 1.000 y 3.500 msnm en áreas tropicales (Rangel, 2000), por estas razones la ubicación espacial altitudinal como latitudinal, permiten que los bosques andinos actúen como reguladores hídricos, que radica principalmente en que la niebla y la lluvia transportadas por el viento se convierten en un aporte adicional de agua (Tobon et al., 2008; Tobon y Arroyave, 2007; Bruijnzeel, 2001; González, 2000) y de nutrientes al sistema (Beiderwiden et al., 2005). Todo esto como resultado de la capacidad que tienen estos bosques para interceptar el agua de la niebla y de la consecuente disminución de la transpiración (Ferwerda et al., 2000).

Una de las principales amenazas es el acelerado cambio en el uso del suelo de la alta montaña andina, por el modelo agropecuario representado en la ganadería extensiva como principal actividad de tipo económico, que tiene un gran auge en estos ecosistemas debido a la presencia pastizales naturales en los ecosistemas de páramo superiores a 3.000 msnm y por la ausencia de estaciones climáticas en el neotrópico, posibilitando una buena y rápida adaptación del ganado. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, (2009 reportó para la región andina, excluyendo Antioquia, se cuenta con 6'690.101 reses, que representan un 31% del total nacional. Se presume que la cifra puede ser mayor pues algunas regiones no están debidamente inventariadas y en el hecho de que el departamento de Antioquia se ubica como productor en la región norte (Caribe). Además, las modificaciones sustentables han sido mínimas en sus formas de producción; en Colombia los sistemas ganaderos de pastoreo son ampliamente dominados por la especie bovina con alrededor de 26'088.000 cabezas, seguidos por ovinos 2'540.000, equinos 2'450.000 ejemplares, 963.000 caprinos, 760.000 asnos y 586.000 mulares (FAO, 2003).

El modelo agropecuario y su magnitud condujeron en décadas pasadas al señalamiento internacional de la ganadería como una gran amenaza ecológica del bosque tropical (Kaimowitz, 1996). Esta actividad productiva ubica en serio peligro de desaparición la diversidad de organismos de fauna y flora, su composición evolutiva constituida por elementos holárticos, amazónicos y australes, sus endemismos y la convergencias evolutivas y adaptativas en las cumbres andinas ubicadas en el neotrópico, condicionan la generación a un bioma único, con características climáticas altitudinales y latitudinales únicas, presentes solamente en cinco países en el mundo ubicados en Centro y Sur América. Su función ecológica en la regulación del ciclo del agua, ciclos biogeoquímicos como el almacenamiento de carbono en las turberas por estas razones permiten que las investigaciones sean encaminadas a identificar y valorar las actividades asociadas al modelo agropecuario en estos ecosistemas.

En el presente estudio se trató de caracterizar esta actividad en la parte alta de la cuenca del río Caquetá – Valle de las Papas, municipio de San Sebastián, con el fin de establecer los impactos potenciales de la misma y proponer alternativas de para el manejo adecuado de los recursos del área en estudio.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las alteraciones hidrobiológicas del río Caquetá y de los ecosistemas del Valle de las Papas, son causadas por actividades relacionadas con la producción agrícola y ganadería extensiva, que afectan entre otros aspectos los componentes del paisaje y pérdida de la cobertura vegetal, ocasionada por los vertimientos domésticos y agrícolas que conllevan al deterioro ambiental de la cuenca.

El presente proyecto dará respuesta al interrogante: de que manera las actividades antrópicas desarrolladas por el modelo agropecuario e implementadas por los pequeños y grandes propietarios indígenas, colonos campesinos y hacendados, se convierten en una amenaza generalizada a la conservación y preservación integral, de los ecosistemas de la alta montaña andina ubicados sobre la cuenca alta del río Caquetá en el Macizo Colombiano.

Por lo anteriormente expuesto se hace necesaria la aplicación de metodologías y herramientas que nos permita identificar, determinar, valorar cualitativamente y cuantitativamente las actividades antrópicas impactantes asociadas con el modelo agropecuario desarrollado en la región, los efectos causados sobre la estructura y composición de los ecosistemas de la Cuenca Alta del río Caquetá. La información recopilada se aporta información sobre el estado actual del ecosistema y podrá ser empleado en la creación de escenarios, donde se desarrollen estrategias de preservación participativa del sector alto andino en la cuenca alta del río Caquetá en el Macizo Colombiano, con la colaboración de los habitantes de las veredas y la alcaldía del municipio de San Sebastián.

3. JUSTIFICACION

La ampliación de la frontera agropecuaria en la cuenca alta del río Caquetá se ha convertido en la principal amenaza de alteración hidrobiológica del cuerpo de agua ya que altera sus características físicas y químicas al igual que las biológicas expresadas en la estructura y composición de las comunidades de organismos bentónicos y perifíticos presentes en el cauce, sumado a esto la pérdida de biodiversidad de este ecosistema alto andino se acrecienta por la reducción y destrucción paulatina de la cobertura vegetal asociada con el avance acelerado del modelo agropecuario. Las perturbaciones ambientales son generadas principalmente por el cambio en el uso del suelo que implica tala, quema e introducción de especies exóticas que para su sostenimiento y rentabilidad demandan la alteración de los componentes del paisaje como también el empleo de agroquímicos como en el caso del cultivo de papa o de demanda de madera para la construcción de infraestructura y apertura de vías en el caso de la ganadería.

Por esta razón se hace necesaria la medición e interpretación de variables analizadas en esta investigación ya que la importancia de los biomas alto andinos, en la regulación del ciclo hídrico, la fijación de CO₂ atmosférico, biodiversidad en fauna y flora sus múltiples endemismos, su condición de Hotspot, lo hacen único; a su vez las diversas amenazas que enfrenta este ecosistema de orden endógeno y exógeno, desde el cambio climático global que altera la temperatura, radiación y la concentración de CO₂, y como locales el acelerado cambio en el uso del suelo expresado en una drástica disminución de la cobertura vegetal que reducen la complejidad de las relaciones tróficas allí presentes. Estas razones hacen que la investigación del impacto por las perturbaciones antrópicas sobre la cuenca alta del río Caquetá, sea una prioridad en la ejecución de la investigación.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL.

Identificar y evaluar las perturbaciones ambientales generadas por la implementación y desarrollo de las actividades agropecuarias, sobre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema alto andino en la Cuenca alta del río Caquetá.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

1. Realizar la caracterización física, química y biológica del río Caquetá en tres zonas de muestreos localizadas en la cuenca alta del mismo.
2. Establecer la calidad biológica del río Caquetá con base en los índices BMWP adaptado para Colombia (Zamora H, 2007) e Índice Lótico de Capacidad Ambiental General (Ramírez & Viña, 1998).
3. Caracterizar el ensamblaje de algas perifíticas en las tres zonas de muestreo establecidas.
4. Elaborar un análisis multitemporal cualitativo de la cobertura vegetal del área, con base en imágenes satelitales, generando modelaciones con el Sistema de Información Geográfica.
5. Avanzar en la construcción del inventario de biodiversidad para la zona a través de muestreos y la recopilación de información bibliográfica.
6. Identificar las perturbaciones ambientales empleando instrumentos metodológicos como la evaluación matricial de CIR, FEARO e Influencia Dependencia.

5. MARCO TEORICO Y ANTECEDENTES

En los últimos años se puede observar un creciente interés en la investigación de los ecosistemas alto andino por diferentes instituciones, ONGs, organismos internacionales, corporaciones autónomas y sociedad en general, con el apoyo de diferentes disciplinas científicas. Numerosos trabajos en diversos campos y desarrollados en varios países, se tratan de entender la dinámica de esta zona de vida. Investigadores representativos de estos ecosistemas como: Thomas Van der Hammen, Antonie Cleff, Maximina Monasterio, Luis Guillermo Baptiste, Robert Hofstede, Orlando Rangel, Conrado-Tobón entre otros; con investigaciones que van desde la paleoecología, impacto ambiental, ecohidrología del bosque alto andino, botánica, zoología, edafología, ecología, etc. Los estudios reflejan la sensibilidad del ecosistema a tensores exógenos como endógenos, además de despertar un interés cada vez más creciente de investigar las relaciones tróficas y la función ecológico del bioma.

La significancia de Colombia, en el contexto de los Ecosistemas de Alta Montaña en los Andes Suramericanos es de 3'652.380 hectáreas, compartidas por Colombia, Costa Rica, Ecuador, Perú y Venezuela. Colombia registra 1'434.435 hectáreas que representan el 40% de total mundial (CVC, 2005). Este patrimonio ambiental y su biodiversidad asociada significan una responsabilidad aun mayor de la academia y de los diferentes sectores interesados en la preservación de este vital ecosistema. Los conceptos teóricos a implementar en la investigación son de orden, normativo, biológico y técnico y fueron una herramienta fundamental en los diferentes procesos en el transcurso de esta investigación.

En el marco normativo encontramos que la legislación Colombiana incluye la protección de los ecosistemas de páramo, subpáramo, nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos a través de la Ley 99 de 1993. Ubicado en Colombia generalmente por encima de los 3.000 metros de altitud, este ecosistema posee unas condiciones físicas - biológicas que lo convierten en fuente permanente del recurso más importante para la supervivencia de los seres vivos: el agua. Esta característica, junto con su gran capacidad de almacenamiento y captación de carbono atmosférico a través de la retención de materia orgánica en sus suelos y la absorción del mismo por parte de las masas boscosas en crecimiento (Hofstede *et al.*, 2003).

5.1. MARCO NORMATIVO APLICABLE EN LOS ECOSISTEMAS DE PARAMO EN COLOMBIA EN EL CONTEXTO ACTUAL.

La resolución 0839 del 1 de agosto de 2003, por la cual se establecen los términos de referencia para la elaboración del Estudio sobre el Estado Actual de Páramos y del Plan de Manejo Ambiental de los Páramos, establece en el artículo sexto:

“Lineamientos metodológicos: La metodología para el desarrollo tanto de los Estudios sobre el Estado Actual de los Páramos (EEAP) como de los Planes de Manejo Ambiental (PMA), deberá llevarse a cabo acorde con las características particulares de cada área, considerando la integralidad y relación existente entre los diferentes ecosistemas asociados al ciclo hidrológico y las dinámicas del desarrollo socioeconómico regionales, con énfasis en las áreas captadoras - almacenadoras de la oferta hídrica en las cuencas altas, los humedales y las estrellas fluviales”.

Con el fin de unificar algunos criterios para la elaboración del EEAP y del PMA, la escala de trabajo será entre 1:25.000 y 1:50.000, utilizando escalas más detalladas donde existan conflictos de orden ambiental y territorial que deben ser resueltos de manera prioritaria y/o particularidades identificadas en el diagnóstico, así como la disponibilidad de información.

Respecto a la información técnica a utilizar en el proceso de elaboración del EEAP, se confrontará la información existente con la solicitada en estos términos, con el fin de identificar los vacíos existentes, que serán subsanados mediante recolección de información primaria y el uso de fotografías aéreas, imágenes de radar, satélite de alta resolución, fotointerpretación, sistema de posicionamiento global – GPS, entre otras.

De otra parte, la especialización de la información básica y temática que se genere en el proceso de caracterización, evaluación y zonificación debe considerar la cartografía oficial y normas establecidas por el Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” - IGAC para tales efectos, para lo cual, se deben contemplar la suscripción de convenios interinstitucionales con el propósito de aunar esfuerzos y evitar duplicaciones en la generación y/o actualización de la información requerida.

5.2 LOS PARAMOS COLOMBIANOS Y SU UBICACIÓN EN EL NEOTROPICO.

Las características bioclimáticas de los Andes Suramericanos, ubicados septentrionalmente, respecto al eje ecuatorial y a la zona de confluencia intertropical, generan condiciones climáticas únicas en nuestro planeta, como por ejemplo, tener un gradiente altitudinal superior a los 3.000 msnm en pleno trópico. Los Andes, como sistema geomorfológico, con su diversidad de estructuras geomorfológicas es muy reciente en términos geológicos, surge de la colisión de la placa de Nazca y la placa Suramericana; “los Andes desde finales del Plioceno

(entre 7 y 5 millones de años atrás). El levantamiento no fue inmediato y abrupto. Ha sido un proceso muy dinámico que aunque sigue ocurriendo y se manifiesta desde el punto de vista tectónico, en forma permanente (Castaño-Urbe, 2002a).

Lo importante es que esta dinámica geomorfología y su relación espacio-temporal en nuestro país generaron escenarios para la especiación de los diferentes componentes florísticos y faunísticos presentes en condiciones extremas que colonizaron estas nuevas zonas de vida; conjunción de elementos Holárticos, Amazónicos y Australes, generado procesos de endemismo y especiación únicos en el mundo; a través interacciones complejas entre los elementos bióticos y abióticos y condiciones edafológicas únicas.

El bioma de paramo puede considerarse en el contexto de los Andes y que se encuentra en los países de Perú, Ecuador, Colombia Venezuela, el más reciente de los ecosistemas formados, pues su formación y colonización a las condiciones particulares de la cumbre andina no tiene más de 3 millones de años, lo que significa un tiempo extremadamente corto respecto a las demás formaciones vegetales del continente, e incluso del Neotrópico. Su aparición como un conjunto diferenciado y característico de las demás formaciones del continente fue entonces especialmente determinada por algunos aspectos relacionados con los Andes tropicales: Condiciones altitudinales superiores a los 3.000 msnm, localización geográfica e incidencia respecto a la radiación solar, condiciones específicas de humedad y precipitación tanto horizontal como vertical y condición central y neurálgica de la zona norandina en el corredor biológico hemisférico desde Alaska hace 5.2 millones de años, en que el Istmo Centroamericano une a norte y Suramérica, permitió el intercambio genético más importante del planeta de especies separadas y altamente diferenciadas en términos evolutivos (Castaño-Urbe, 2002).

El sistema de clasificación nacional de ecosistemas de alta montaña desarrollado por el Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt y basado en los trabajos (Hernández-Camacho *et al*; 1992) y completada por Van der Hammen (citado en Chaves y Arango, 1998a), se construye bajo criterio biogeográficos e identifica 26 unidades jerarquizadas en sectores, distritos y complejos, estos sectores incluyen varios distritos y estos, a su vez, varios complejos. Las diferencias entre sectores, en términos de composición florística, son en parte a nivel genérico y, en parte, a nivel específico. La división establecida se basa en diferencias en la composición de géneros y especies relacionada con el aislamiento geográfico, ocasionado por la separación por valles interandinos y por una mayor posibilidad de migración a lo largo de cada cordillera, en especial durante las glaciaciones (Van der Hammen, 1998, citado en Chaves y Arango, 1998).

5.3 DISTRIBUCION ALTITUDINAL Y DETERMINACION DE LAS ZONAS DE VIDA, CLASES DE ECOSISTEMA ALTO ANDINOS PARA COLOMBIA (CUATRECASAS, 195, RANGEL, 2000, CLEEF, 1981).

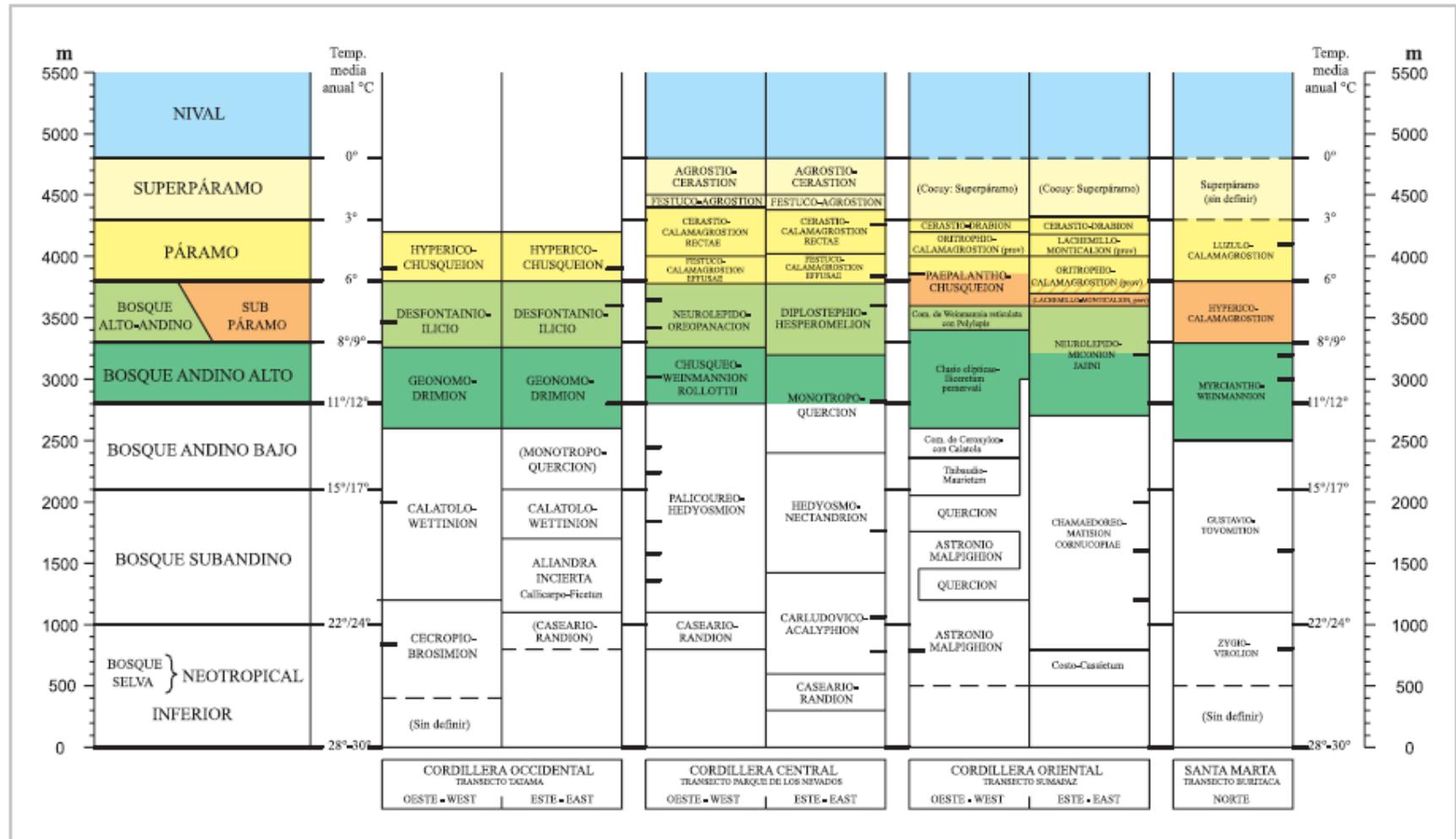
Franja alto andina. Entre 3000- 3200 m. Constituye una zona de ecotonía entre la vegetación cerrada de la media montaña y la abierta de la parte alta; las comunidades incluyen bosques altos dominados por especies de *Weinmannia* (encenillos), de *Hesperomeles* (mortiños), de *Clethra* y de *Escallonia* (tibar, rodamonte). En las tres cordilleras son comunes las fitocenosis con *Drimys granadensis* y los matorrales altos y bosques ralos con especies de *Gynoxys*, de *Diplostephium* (Asteraceae) y con *Vallea stipularis*.

Páramo bajo (subpáramo). Se le define desde 3200 hasta 3500 (3600) m; se caracteriza por el predominio de la vegetación arbustiva, matorrales (arbustales) dominados por especies de *Diplostephium*, *Monticalia* y *Gynoxys* (Asteraceae), de *Hypericum* (*H. laricifolium*, *H. ruscoides*, *H. juniperinum*) de *Pernettya*, *Vaccinium*, *Bejaria* y *Gaultheria* (Ericaceae). En casi todas las localidades se presentan zonas de contacto con la vegetación de la región de la media montaña y se conforman comunidades mixtas.

Páramo propiamente dicho. Páramo de gramíneas; sus límites se extienden entre 3500(3600m) y 4100 m. La diversificación comunitaria es máxima; se encuentran casi todos los tipos de vegetación, aunque predominan los frailejonales o rosetales (con especies de *Espeletia*), los pajonales con especies de *Calamagrostis* y los chuscales de *Chusquea tessellata*.

Superpáramo. Franja situada por encima de 4100 m, llega hasta el límite inferior de las nieves perpetuas; se caracteriza por la discontinuidad de la vegetación y la apreciable superficie de suelo desnudo. La cobertura y la diversidad vegetal disminuyen sensiblemente, hasta llegar a un crecimiento de pocas plantas aisladas y predominio del sustrato rocoso.

Figura 1. Clasificación de las zonas de vida en el Ecosistema Alto Andino para Colombia (Cuatrecasas, 1958, Rangel, 2000, Cleff, 1981).



5.4 CUENCA ALTA DEL RIO CAQUETA Y SU AREA DE INFLUENCIA.

La Cuenca del Caquetá se extiende desde el sur oriente del Cauca hasta el noroccidente de los Departamentos del Putumayo y Caquetá. Las divisorias de la Cuenca se encuentran en la cordillera Central, en alturas entre 2500 a 3000 m.s.n.m. Esta Cuenca se encuentra enmarcada dentro de las macrounidades morfogénicas de Montaña Alta y Media Andina, (IDEAM 1999).

Las rocas que conforman la Cuenca en las divisorias y alcanzan alturas de 2600 msnm. Oscilan aproximadamente en edades desde el Precámbrico al Terciario. El Precámbrico (PEm) está conformado por rocas metamórficas como cuarcitas, néises y anfibolitas; El Triásico–Jurásico (JRcd) lo forman rocas ígneas intrusivas de composición ácida y el Cretáceo (Ks) está constituido por sedimentitas, como shales, liditas y areniscas (Mapa geológico de Colombia, 1989, y Mapa geológico del Cauca, 1979). Los drenajes tributarios están controlados por los Sistemas de Fallas de Suaza y Mocoa.

Tabla 1. Cuencas Hidrográficas del Macizo Colombiano y su relación con la morfoestructura geológica.

Río	Nacimiento-departamento	Cota aprox msnm	Sistema morfogénico	Morfoestructura geológica	Formación (Edad)	Observaciones
C A Q U E T Á	Cerro el Narigón (Cauca)	3500	Montaña alta	Flujo de lodo, conosaluviales y depósitos volcanoclasticos.	Galeón terciario-Cuaternario	Las formaciones geológicas en las que nacen los principales ríos del Macizo Colombiano, son de origen volcánico y volcano-sedimentario, y están asociadas al vulcanismo cenozoico que se desarrollo en la Cordillera Central.

Fuente: (IDEAM 1999).

5.5 RIQUEZA, BIODIVERSIDAD Y ENDEMISMO EN FAUNA Y FLORA ALTO ANDINO.

Se estima que por lo menos el 50% de las especies del Neotrópico (México – Argentina) están en los Andes y el 56% de las plantas vasculares de los Andes Norte son endémicas. Igualmente, se sabe que por lo menos un 18% de las aves del mundo se encuentran en esta misma región. Los Andes poseen, por ejemplo, la herpetofauna mas rica de América del sur (727 especies de las 2250 reportadas y de las 462 anfibias y 265 reptiles, el 83% es endémico, (Ideam, 2002).

5.6 CALIDAD DEL AGUA.

El ecosistema acuático constituye un área donde interactúan en un proceso permanente y dinámico el agua con los sistemas físicos y bióticos. Los cambios en el uso de los recursos naturales principalmente el suelo, acarrear aguas arriba una modificación del ciclo hidrológico dentro de la cuenca y aguas abajo en cantidad y calidad. Por ello son espacios propicios para implementar actividades de manejo ambiental (Watershed Management, 2001).

Métodos físicos y químicos

Ventajas. Dentro de estas se encuentran los cambios temporales detallados, determinación precisa de la contaminación y la fácil estandarización.

Desventajas. Posible contaminación de las muestras, la integración temporal y los elevados costos.

Métodos biológicos

Ventajas. Este método tiene la ventaja de integrar espacial y temporalmente los procesos de degradación del hábitat por contaminación crónica o puntual.

Desventajas. Se pueden presentar errores en la clasificación.

Algunos parámetros físicos y químicos fundamentales que se consideran como indicadores básicos de calidad de aguas naturales según (Vásquez, 2001) son: Turbiedad, gases disueltos, nitrógeno, conductividad y cloruros, potencial de hidrogeno (pH), sulfatos, fosfatos

• **Índice de diversidad Shannon-Weaver (1949).** Los valores de este índice oscila entre 0.0 y 5.0 permitiendo determinar la diversidad a través de la abundancia de especies tomada en la muestra.

- **Índice de calidad de agua BMWP.** Es una herramienta que permite la bioindicación a través de los Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales, al darle un valoración cualitativa de acuerdo a sus rangos de tolerancia a perturbaciones de los cuerpos de agua.

5.7 SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

Los sistemas de información geográfica es una herramienta computacional que emplea las coordenadas de latitud y longitud de un punto para realizar el análisis de la información consignada en un mapa e implica procedimientos como la entrada de datos, transformación de datos que no sean compatibles con el sistema, almacenar, organizar y administrar los datos, análisis de datos geográficos que conlleva a análisis de proximidad y superposición y como ultimo la visualización la cual se realiza por medios gráficos o mapas.

5.8 EVALUACION DE ACTIVIDADES ANTROPICAS

El impacto ambiental se conoce como un efecto producido por una acción antrópica sobre el medio ambiente, estos efectos pueden ser de índole positivo o negativo teniendo en cuenta aspectos tales como: lo social, económico, cultural, tecnológico y primordialmente el ecológico (Figueroa *et al*, 1998).

Para la identificación y evaluación de las principales actividades impactantes de orden agropecuario, es necesario emplear métodos de cualitativos como:

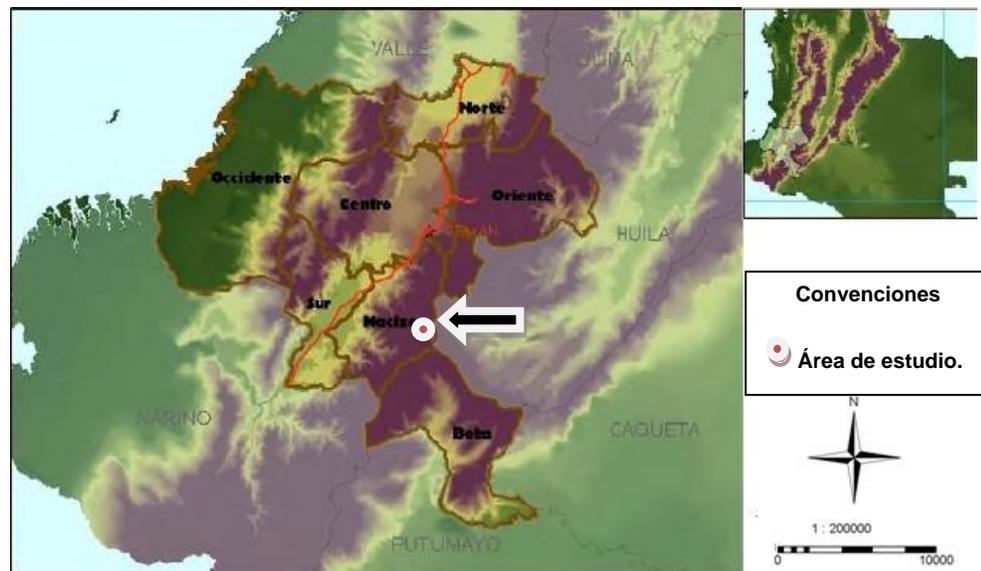
- **Lista de chequeo.** Asocian componentes globales y específicos, que permiten visualizar e identificar los impactos en el ecosistema que luego serán los insumos a la hora de realizar la evaluación cualitativa y cuantitativa de las actividades impactantes.
- **Matrices de CIR, FEARO y Influencias-Dependencias.** Su objetivo principal es la identificación objetiva de las actividades más impactantes en el área de estudio y que generan alteración en los componentes bióticos y abióticos y sociales en la cuenca alta del río Caquetá.

Se necesita generar escenarios de análisis cualitativo que determinen el número de variables e indicadores que sean dependientes e influyentes y poder así determinar el grado de impacto a través de la evaluación cualitativa de las problemáticas generadas por el modelo agropecuario en el área de influencia de la cuenca alta del río Caquetá.

6. AREA DE ESTUDIO

La cuenca alta del río Caquetá es un ecosistema alto andino, ubicado en el municipio de San Sebastián, corregimiento de Valencia, en el sur oriente del departamento del Cauca. Según la clasificación propuesta por el Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt, basado en los trabajos (Hernández-Camacho *et al.* 1992) y completada por Van der Hammen (citado en Chaves y Arango, 1998a) se ubica en la zona de amortiguación del complejo de Sotará, este se encuentra en los departamentos de Cauca y Huila, entre los 3.350 y 4.400 metros sobre el nivel del mar (msnm). Posee una extensión de 37.462 hectáreas e incluye localidades como los páramos de Las Papas, Junguilla, El Buey (donde nace el río Cauca), Valencia, la laguna Cusiyaco, Guachinoco, el pico Paletará, y el páramo y volcán de Sotará (Rangel-Ch, 2000). La mayor parte del complejo se encuentra en los municipios de San Agustín (37%), en el Huila, y Sotará (23%), en el Cauca. Este complejo de páramos está en territorio de las corporaciones autónomas regionales del Cauca (CRC, 62,74%) y del Alto Magdalena (CAM, 37,26%). Además, el 45% de estos páramos (16.865 ha) se encuentra dentro del área protegida Parque Nacional Natural (PNN) Puracé.

Figura 2. Ubicación del área de estudio, en el departamento del Cauca.



Fuente (Ideam, 2005).

El corregimiento de Valencia se caracteriza por su producción agropecuaria, especialmente papa y derivados lácteos de la actividad ganadera, la producción agropecuaria ha sido la principal razón en el cambio en el uso del suelo, la tenencia de la tierra se caracteriza por la concentración de grandes extensiones en algunos hacendados, entre los grupos poblacionales más representativos se

encuentra la etnia Yanacona en el cabildo Papallacta y campesinos, producto del fenómeno de colonización de las cumbres andinas en el departamento del Cauca, debido a factores como la violencia bipartidista de mediados de siglo pasado y la exclusión social en los valles interandinos .

La cuenca alta del río Caquetá presenta serias alteraciones ambientales, por esta razón se establecieron tres sitios de monitoreo de acuerdo al grado de intervención antrópica, el sitio uno es el ecosistema con un mayor grado de degradación se encuentra ubicado en el puente de entrada al corregimiento en la vía San Sebastián-Valencia, el sitio dos a una distancia de 5 Km presenta una degradación intermedia localizado en la vereda El Porvenir, donde la quebrada del mismo nombre desemboca en el río Caquetá y el sitio tres presenta un grado de degradación leve en la desembocadura del río Tamboras en el Caquetá a 7,3 Km del primer sitio de muestreo.

Figura 3. Imagen digitalizada del área de estudio.

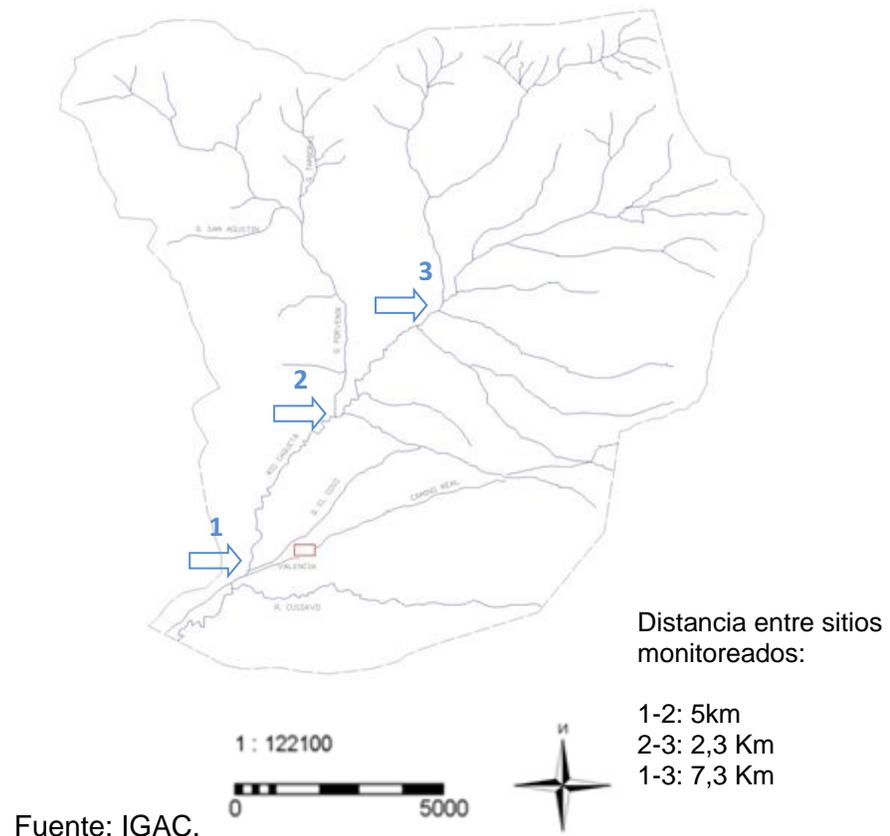


Tabla 2. Georeferenciación de los sitios de estudio en la cuenca alta del río Caquetá.

Sitio	Altura (msnm)	W	N
1-Puente	2. 925	076°40'74.4"	01°53'75.5"
2- El Porvenir	2. 951	076°39'90.5"	01°55'14.8"
3- Tamboras	2. 985	076°39'29.4"	01°55'86.3"

Figura 4. Sitio de monitoreo número 1 nombrado el puente.



Figura 5. Sitio de monitoreo número 2 denominado El Porvenir.



Figura 6. Sitio de monitoreo número 3 nombrado Tamboras.



DESCRIPCION DE LA CUENCA:

Divisoria de aguas: Se encuentran a los 3.200 msnm.

Área de la cuenca: 17,9 km².

Perímetro: 36 km.

Longitud de cuenca: 7,7 km.

Ancho de la cuenca: 2,3 Km.

Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius. 2,41 entonces $K \geq 1$ lo que indica que la morfología de la cuenca es ovalada.

Naturaleza del lecho del rio:

El lecho está compuesto de diferentes tipos de sustrato que va desde arena muy fina y rocas, de este depende el establecimiento del perifiton y la fauna bentónica, es determinante en las estrategias adaptativas de los Macroinvertebrados y la generación de rápidos que aumentan la dinámica hídrica y facilitando la solubilidad del oxígeno.

La clasificación morfológica de los grandes cauces (Church, 1982) denominaría que el tramo de la Cuenca alta del río Caquetá presenta meandros tortuosos ya que medimos la relación entre la distancia que separa dos puntos a lo largo de la parte más profunda del cauce, o thalweg y la distancia en línea recta entre ellos y se obtuvo que la sinuosidad es de 1.5 correspondiente a este tipo de clasificación.

Tipo de drenaje: La red de drenaje detrítico que significa que los tributarios se distribuyen en formas de neuronas.

Drenajes o canales artificiales. Estos son empleados para la desecación de suelos con un total 27 a lo largo de los 7.3 Km de Cuenca del río Caquetá que se monitorearon y se encuentran distribuidos 14 entre los sitios 1 y 2 y 13 entre los sitios 2 y 3, estos permiten el arrastre de material aloctono a la cuenca.

Tabla 3. Afluentes del río Caquetá.

Sitio	Afluentes	Orden (Horton)	Longitud (Km)
3	R. Tamboras	2	5
3	Q. Sachapangal	1	2,8
3	Q. Ramos	1	3,6
3	Q. Peña Blanca	1	2,6
3	Q. El Encino	1	3,0
2	Q. El Porvenir	1	4,2
2	Q. Pidra	1	3,2
1	Q. El Coso	1	3,1
1	Q. Chupiloma	1	2,2
1	R. Cusiyaco	2	7,5
	R. Caquetá	3	11,7

Figura 7. Ubicación de los sitios de muestreo en la cuenca alta del río Caquetá.



Fuente: CRC. 2006

7. METODOLOGIA

7.1 METODOS DE MUESTREO

7.1.1, Calidad del agua. Los criterios de calidad establecidos en el Decreto 1594 de 1984 se emplearon como base de decisión en la presente investigación, entendiéndose por uso del agua para la preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

7.1. 1 2. Análisis físico-químicos

Se realizaron muestreos mensuales en cada uno de los sitios seleccionados en la cuenca alta del Rio Caquetá para establecer las características físicas y químicas del agua con base en los parámetros de temperatura, conductividad, oxígeno, gas carbónico disuelto, pH, dureza (carbonacea y total), alcalinidad, nutrientes (nitrógeno y amonio).

Para tales efectos se emplearon los métodos estándar, colorimétricos y potenciométricos (AHA, 1992), empleando una sonda YSI Professional Plus y kit de reactivos Aquamerck y un molinete para la determinación de caudal.

7.1.1.3. Análisis biológicos

Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales (MAE). Se empleó una red de pantalla de 1mm de ojo de nasa y con 3 repeticiones por cada estación para un total de 18 muestras. Los organismos capturados se colocaran en recipientes plásticos con alcohol al 70% para asegurar su preservación. De igual manera se realizó colecta manual sobre la hojarasca y el lodo. Los especímenes colectados se llevaron al laboratorio de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad del Cauca, donde se identificarán con ayuda de claves taxonómicas. (Roldan G, 1980, 1988,2001, 2003. Zamora H, 1995, 1998,1999).

Se calculó el Índice de diversidad de Shannon-Weaver, empleando la expresión:

$$H' = -\sum p_i \log p_i$$

Donde $p_i = \frac{n_i}{N}$

H': Índice de diversidad.
 ni: número de individuos por especie.
 N: número total de individuos.
 Log: logaritmo.

El rango del índice de diversidad se encuentra entre los 0.0 y 5.0.

0.0-1.5	Baja Diversidad	—————>	Alta contaminación
1.6-3.0	Mediana diversidad	—————>	Mediana Contaminación
3.1-5.0	Alta diversidad	—————>	Baja Contaminación

Igualmente se estableció el Índice BMWP, método de bioindicación que solo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son de tipo cualitativo (presencia o ausencia), el puntaje utilizado para la ordenación de los grupos de macroinvertebrados acuáticos va de 1 a 10, de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación o alteraciones de las condiciones naturales de los cuerpos de agua. Al estar ubicada Colombia en el trópico y gracias a sus características físicas, lo hace un país rico en diversidad de climas, que a su vez, enriquece a este territorio con gran número de especies en flora y fauna, por lo que, diferentes investigadores se dieron a la tarea de adaptar esta metodología en los diferentes ecosistemas epicontinentales lénticos y lóticos de Colombia, por lo cual se cita a los investigadores Zamora (1999) y Roldán (2003), quienes presentan adaptaciones para los niveles de bioindicación.

Tabla 4. Sistema para la determinación del Índice de Monitoreo Biológico – BMWP -(Biological Monitoring Working Party Score System). Adaptación para Colombia (Zamora, 2.007).

Ordenes	Familias	Puntaje
Ephemeroptera	Oligoneuridae, Euthyplociidae, Polymtarcyidae.	10
Trichoptera	Odontoceridae, Glossosomatidae, Rhyacophilidae, Calamoceratidae, Hydroptilidae, Anomalopsychidae, Atriplectididae..	
Coleóptera	Psephenidae, Ptilodactylidae, Lampyridae.	
Odonata	Polythoridae.	
Díptera	Blepharoceridae.	
Unionoida	Unionidae. (Cl: Bivalvia o Pelecypoda)	
Acari	Lymnessiidae. (Cl: Arachnoidae o Hidracarina).	
Hidroida	Hidridae. (Cl: Hydrozoa)	

Ephemeroptera	Leptophlebiidae, Ephemeridae.	
Trichoptera	Hydrobiosidae, Philopotamidae, Xiphocentronidae.	9
Coleóptera	Gyrinidae. Scirtidae.	
Odonata	Gomphidae, Megapodagrionidae, Coenagrionidae..	
Díptera	Simuliidae.	
Gordioidea	Gordiidae, Chordodidae. (Cl: Nematomorpha)	
Lepidoptera	Pyalidae	8
Mesogastropoda	Ampullariidae. (Cl: Gastrópoda).	
Hirudiniformes	Hirudinae. (Cl: Hirudinea)	
Ephemeroptera	Baetidae, Caenidae,	
Trichoptera	Hidropsychidae, Leptoceridae, Helicopsychidae.	
Coleóptera	Dytiscidae, Dryopidae.	
Odonata	Lestidae, Calopterygidae.	
Hemíptera	Pleidae. Saldidae, Guerridae, Veliidae, Hebridae	7
Díptera	Dixidae.	
Decápoda	Palaemonidae, Pseudothelphusidae. (Cl Crustácea)	
Basommatophora	Chilinnidae. (Cl: Gastrópoda)	
Ephemeroptera	Tricorythidae, Leptohiphidae.	
Trichoptera	Polycentropodidae.	
Coleóptera	Elmidae, Staphylinidae	
Odonata	Aeshnidae.	
Hemíptera	Naucoridae, Notonectidae, Mesoveliiidae, Corixidae.	
Díptera	Psychodidae	
Basommatophora	Ancylidae, Planorbidae. (Cl: Gastrópoda)	
Mesogastropoda	Melaniidae, Hydrobiidae, (Cl: Gastrópoda)	
Archeogastrópoda	Neritidae. .. (Cl: Gastrópoda)+	
Coleóptera	Limnichidae, Lutrochidae.	6
Odonata	Libellulidae,	
Hemíptera	Belostomatidae, Hydrometridae, Gelastocoridae, Nepidae,	
Díptera	Dolichopodidae.	
Megalóptera	Corydalidae, Sialidae..	
Decápoda	Atyidae. . (Cl Crustácea)	
Anhipoda	Hyalellidae. . (Cl Crustácea)	
Tricladida	Planariidae, Dugesiidae..	
Coleóptera	Chrysomelidae, Haliplidae, Curculiónidae.	5

Díptera	Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae.	
Basommatophora	Thiaridae. (Cl: Gastrópoda)	
Coleóptera	Limnichidae, Lutrochidae.	
Odonata	Libellulidae,	
Hemíptera	Belostomatidae, Hydrometridae, Gelastocoridae, Nepidae,	
Díptera	Dolichopodidae.	6
Megalóptera	Corydalidae, Sialidae..	
Decápoda	Atyidae. . (Cl Crustácea)	
Anhipoda	Hyaellidae. . (Cl Crustácea)	
Tricladida	Planariidae, Dugesiidae..	
Coleóptera	Chrysomelidae, Haliplidae, Curculiónidae.	
Díptera	Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae.	5
Basommatophora	Thiaridae. (Cl: Gastrópoda)	
Coleóptera	Hidrophilidae, Noteridae, Hydraenidae, Noteridae.	
Díptera	Tipulidae, Ceratopogonidae.	4
Basommatophora	Limnaeidae, Sphaeridae.. (Cl: Gastrópoda).	
Díptera	Culícidae, Muscidae, Sciomizidae.	
Basommatophora	Physidae. (Cl: Gastrópoda).	3
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Cylicobdellidae	
Díptera	Chironomidae, Ephyridae, Syrphidae.	
Heplotaxida	Todas las familias (Excepto tubifex)	2
Haplotaxida	Tubificidae (Tubifex)	1

Fuente: Tomado de Zamora (2.007)

Tabla 5. Clases, Valores y Características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP.

Clase	Rango	Calidad	Características	Color Cartográfico
I	≥121	Muy Buena	Aguas muy limpias	Azul oscuro
II	101 -120	Buena	Aguas limpias	Azul claro
III	61 - 100	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas	Verde
IV	36 - 60	Dudosa	Aguas Contaminadas	Amarillo
V	16 - 35	Crítica	Aguas muy contaminadas	Naranja
VI	≤ 15	Muy crítica	Aguas Fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Tomado de Zamora H (2007).

7.1.1.4 Bioindicación a través del ensamble de algas perifíticas. Esta metodología permite determinar cualitativamente las características biológicas del agua de la cuenca a través de la identificación de los géneros presentes en los diferentes sitios de monitoreo en los meses de abril, agosto y septiembre. Este grupo taxonómico es buen indicador del estado trófico de los ecosistemas acuáticos, están sujetas a diferentes tensores ambientales que controlan su desarrollo poblacional en ensamblajes perifíticos. En el área de estudio utilizamos el método de raspado de rocas, troncos y formaciones sedimentarias, posteriormente el material colectado fue preservado en solución 6:3:1 etiquetado y transportado al Laboratorio de Recursos Hidrobiológicos para su identificación y clasificación con ayuda de material bibliográfico como los trabajos de (Duque & Donato, 1992).

7.1.1.5 Índice lotico de capacidad ambiental general (ILCAG). Este método propuesto por (Ramírez & Viña, 1998), consiste en determinar el caudal de los sitios de muestreo y posteriormente transformar los datos logarítmicamente y clasificarlos para determinar su capacidad ambiental ante tensores ambientales.

Tabla 6. Clasificación del índice lotico de capacidad ambiental general del cauce con base al caudal.

CAUDAL (m ³ /seg)	ILCAG	CAPACIDAD AMBIENTAL
≤1	0	Muy baja
≥1-10	0-0,333	Baja
≥10-100	0,333-0,666	Media
≥100-1000	0,666-1	Alta
≥1.000	1	Muy alta

Fuente: Ramírez & Viña (1998)

7.1.2 Modelación espacio-temporal cualitativa. El método empleado fue el cambio en las coberturas vegetales a través de la comparación de imágenes satelitales de los periodos 1989, 2001 y 2007 o clasificación cruzada. Se realizó a través de la comparación de los datos digitales de los mapas entre los periodos establecidos, en este caso 1989 – 2007.

Geomorfometría. Para el estudio y determinación de los parámetros morfológicos se empleo información cartográfica de la topografía, del uso del suelo y de la permeabilidad de la región en estudio. La cartografía empleada para estos análisis fue en escala 1:25.000 adquiridas en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, correspondiente a las planchas No. 386-IIC y 387-IID del proyecto Bolívar- San Sebastián de restitución de 1994.

Área. Se encuentra definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural.

Perímetro. Corresponde a la medición de la línea divisoria de aguas.

Ancho. El ancho se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L) y se designa por la letra W. De forma que: $W = A/L$

Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius. Este está definido como la relación entre el perímetro P y el perímetro de un círculo que contenga la misma área de la cuenca hidrográfica: $K = 0.282 (P/\sqrt{A})$, donde R es el radio del círculo equivalente en área a la cuenca. Por la forma como fue definido: $K > 1$.

Tabla 7. Clases de forma.

Clases de forma	Rango de clase	Forma de la cuenca
Clase Kc1	De 1,0 a 1,25	Casi redonda o oval redonda
Clase Kc2	De 1,25 a 1,50	Oval redonda a oval oblonga
Clase Kc3	De 1,50 a 1,75	Oval oblonga a rectangular

Fuente: Tomado de Henao (1988)

Longitud. Es la distancia que existe entre la desembocadura y el sector más distante convirtiéndose en su eje.

Perfil longitudinal. Permite determinar la velocidad del cauce y entender su geomorfología y dinámica hídrica.

Uso del suelo y cambios en la cobertura vegetal. Se Realizo la evaluación de las coberturas vegetales en un periodo de 18 años comprendidos entre (1989-2007). Se emplearon Sistemas de Información Geográfica -SIG, con imágenes satelitales Landsat TM y jornadas de georeferenciación en campo.

Se empleo el modelo raster que como producto se obtuvo un total de 3 mapas, se lograron a partir de la elaboración del AOI (Área Geográfica de Interés) de las tres imágenes empleadas. Para proceder a realizar el AOI se escogieron capas raster temáticas obtenidas de la elaboración de los componentes principales de cada imagen.

Para cada imagen se definieron 4 capas principales que son vegetación nativa páramo, vegetación característica bosque primario, vegetación altura media (pastizales), vegetación baja (cultivos, zonas intervenidas).

Los mapas finales se obtuvieron en color donde la escala de azul a rojo, siendo azul el menor valor y rosado el mayor valor, para el tema en estudio nos indica el nivel de intervención al igual que el tipo de cobertura vegetal.

Para llevar a cabo la modelación espacio-temporal del sector de la cuenca alta del río Caquetá fue necesario el empleo de los siguientes programas y herramientas informáticas: Software ILWIS 3.1, Arc Gis 8.1, Software ARCVIEW V 3.0 y 8.0, Erdas.

Tabla 8. Procesos desarrollados en el análisis multitemporal de la cobertura vegetal empleando SIG.

Concepto	Variable	Indicador
Información Cartográfica	Escala 1:25.000 IGAC	Delimitación del área de estudio de la cuenca alta del río Caquetá. Determinación del área de trabajo.
Imágenes Satélites (LANDSAT TM) 1989-2007	Procesamiento digital	Clasificaciones digitales. Corrección geométrica. Clasificaciones digitales. Identificación del AOI
Cobertura Vegetal y Uso del suelo	Clasificación Digital	Gereferenciación de puntos Verificación de puntos en campo Integración del sistema Producto

7.1.3. Caracterización de la vegetación.

El estudio de la vegetación se realizó en los fragmentos del Bosque Alto Andino con grados de intervención por el modelo agropecuario, en los márgenes de la cuenca alta del río Caquetá, a los parches de Bosque se les aplicó la siguiente metodología.

Para evaluar el comportamiento de las coberturas vegetales en el área de estudio cuenta con la integración de los siguientes aspectos metodológicos: uno enfocado a la caracterización de la vegetación, otro dirigido a la aplicación del SIG, otro encaminado a la evaluación e identificación de impactos sobre el sector y finalmente la aplicación de modelos fenomenológicos al área de estudio con lo cual se buscó comprender el funcionamiento integral del sistema.

Para el Bioma de pastizales se realizó un estudio de la vegetación presente, estableciendo parcelas de muestro, empleando las metodologías propuesta por (Braun, 1979) y recomendaciones del profesor Bernardo Ramírez director del Herbario de la Universidad del Cauca. Para los sectores de bosque altoandino según, (Gentry, Dodson, 1987). Con el fin de obtener datos de grado de coberturas y, posibilitando la identificación de cambios a los que se ha sometido el sistema.

Para los levantamientos se registraron los siguientes datos:

Fecha, indicación de la localidad con mención de la altitud, exposición, inclinación del terreno y substrato geológico, en la cartografía se señala con detalle el lugar en que se realiza el inventario, caracterización aproximada del hábitat, tamaño de la superficie estudiada.

Para los muestreos se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

Se colectaron las diferentes especies vegetales que tenían más de un uno por ciento (1%) de cobertura del área total a muestrear (Ramírez, 2002).

Para realizar las parcelas, se tuvo en cuenta el aspecto fisonómico (clasificación ecológica) de la vegetación presente en el parche, empleando las siguientes dimensiones:

Pastizales: 1x1 (1m²)

Bosque altoandino: 50 x 2 (100m²)

7.1.4. Caracterización de la fauna.

Para caracterización de la avifauna, se realizó una revisión bibliográfica e identificación de las especies, se emplearon redes de niebla en horas de la mañana (5:30 am) y medio día, en los dos sitios propuestos y se clasificaron las aves con base a la colección de referencia del Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca. En cuanto a los demás grupos se realizaron recorridos de observación y revisión bibliográfica de trabajos de investigación realizados en el área.

7.1.5. Identificación de las actividades antrópicas y evaluación de impactos ambientales.

El concepto de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), involucra la identificación y valoración de variables de carácter antrópico, que ejercen un efecto sobre un sistema natural y/o artificial que producen una alteración en la estructura y funcionamiento de las relaciones establecidas entre los componentes de un ecosistema. La identificación de las actividades agropecuarias en el área de estudio se realizaron mediante visitas, recorridos y monitoreos en el campo.

Una vez identificadas las actividades impactantes sobre la estructura y composición del ecosistema, se procedió a la tipificación y valoración de las mismas. Con esta información se aplicó una matriz de CIR, FEARO, Influencia y dependencias para establecer cuál es el nivel de intervención sobre los ecosistemas regionales y cuáles son las actividades más impactantes. Las matrices de interacción han sido utilizadas para la identificación de impactos ambientales, son conocidas como de doble entrada, funcionan como control bidimensional, disponiendo a lo largo de sus ejes verticales y horizontales las acciones de implantación del proyecto y los factores ambientales que podrían ser afectados, lo cual permite asignarles en las cuadrículas correspondientes las interacciones o posibles impactos de cada acción sobre los componentes por ellos modificados. Los criterios utilizados por FEARO para evaluar las características del impacto ambiental son: magnitud, durabilidad, plazo y frecuencia, riesgo, importancia y mitigación (soluciones disponibles o factibles en caso de impactos negativo (Figuerola, A. 1998).

Con relación a la lista de ponderación de variables (Cuadro 12), la determinación y ponderación de las variables de impacto ambiental se desarrollan en el marco del modelo agropecuario, afectando la relación entre los componentes de la cuenca; es decir, agua y suelo que a su vez se agrupan en el subsistema abiótico; fauna y flora en el subsistema biótico; paisaje subsistema perceptual y por último el componente socioeconómico perteneciente al subsistema antrópico. En la presente evaluación los impactos se calificaran de manera cualitativa teniendo en cuenta los siguientes parámetros: reversibilidad (si es reversible o irreversible); recuperabilidad a corto plazo (de 1 a 5 años), recuperabilidad a mediano plazo (de 5 a 10), se evaluara si el tipo del impacto es directo o indirecto.

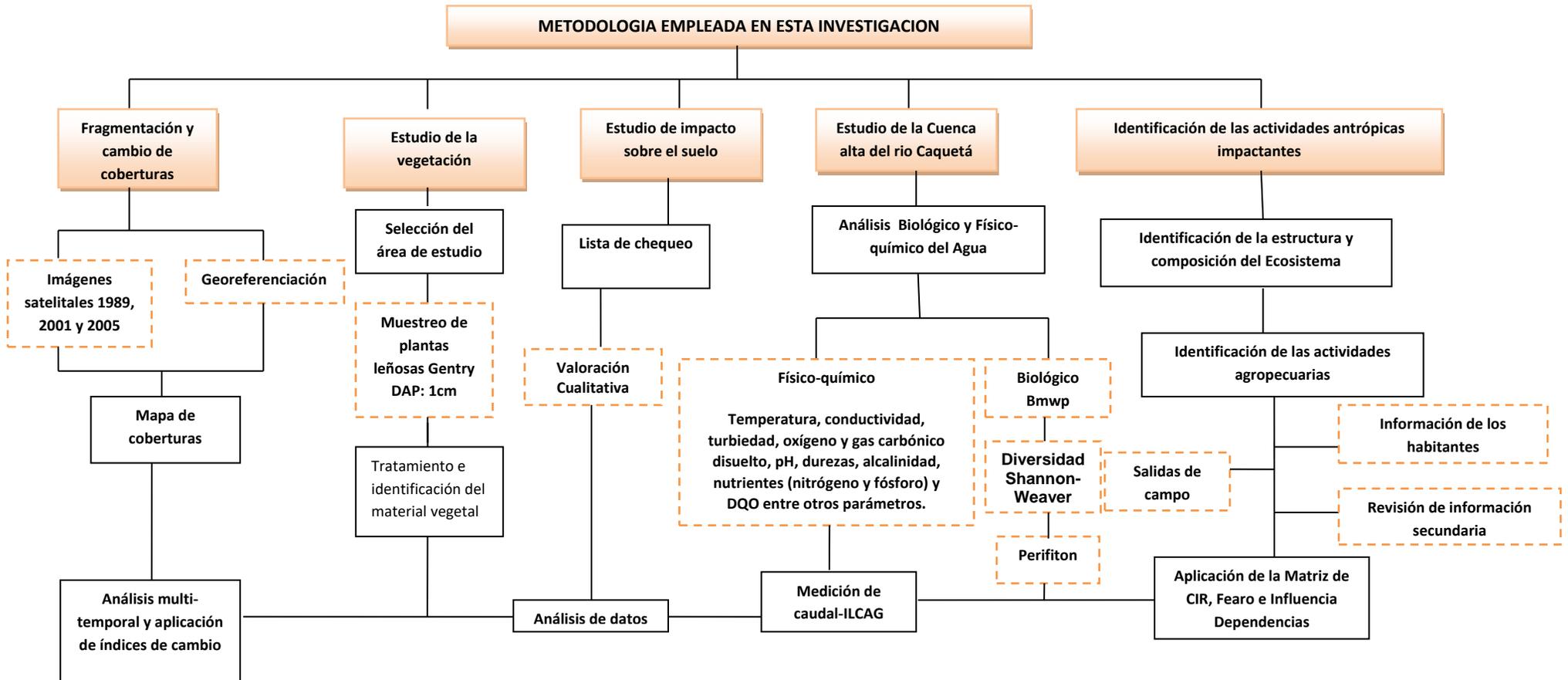
7.1.6. ANALISIS DE DATOS

Los datos obtenidos nos permitieron realizar una matriz de densidad de Macroinvertebrados y de parámetros físico-químicos, con el fin de establecer el comportamiento de los resultados obtenidos en los tres sitios de monitoreo, además del análisis descriptivo, se aplicó una prueba de componentes principales y un dendrograma de similitud de Bray –Curtis empleando el software de procesamiento estadístico (PASS.exe).

En cuanto al análisis estadístico de los datos obtenidos en el muestreo de macroinvertebrados se empleó el software de procesamiento estadístico (SPSS Version Académica 11.5), en el cual se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, como los datos obtenidos no se ajustan a la distribución normal, se procedió a emplear pruebas no paramétricas de Kruskal- Wallis y Mann Witney, se utilizó pruebas descriptivas de similitud con el fin de complementar los análisis estadísticos anteriormente mencionados para estos fines, se empleó el dendrograma de Bray Curtis y análisis de Correspondencia canónica en el que se determinó la relación de las variables físico químicas y biológicas de los sitios monitoreados.

En cuanto al análisis multitemporal se realizó la prueba de Chi- cuadrado (X^2) con el fin de construir una tabla de contingencia con 4 grados de libertad y significancia con un criterio de confiabilidad del 0.50 empleado la siguiente fórmula: $X^2: \sum(O-E)^2/E$.

Figura 8. Mapa conceptual sobre la metodología empleada para el desarrollo de esta investigación.



8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos en los cinco componentes de estudio.

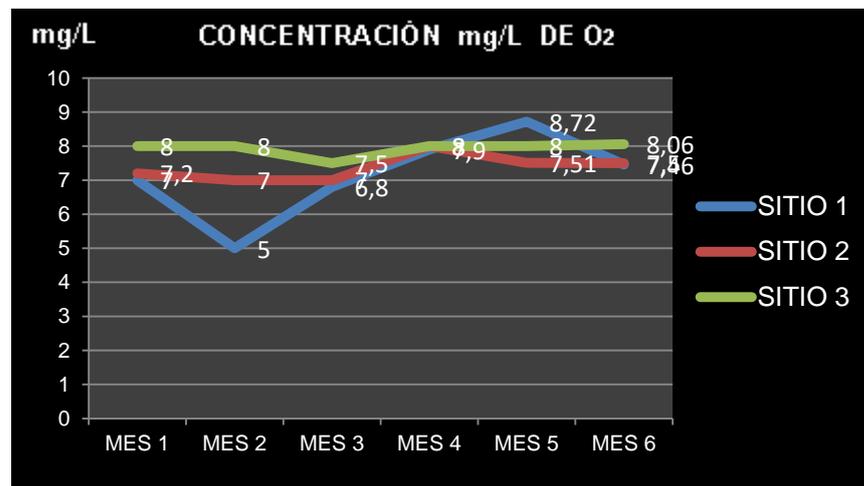
8.1. Caracterización físico química hídrica.

Los valores de las mediciones físico-químicas obtenidos durante los seis meses de muestreo en los tres sitios de monitoreo se encuentran registrados en el Cuadro 1 y se indican de la siguiente manera:

8.1.1. Oxígeno disuelto.

El comportamiento de los gases disueltos en el agua y en especial el oxígeno se correlaciona con factores como la presión atmosférica, temperatura hídrica, dinámica del cauce, fotosíntesis, oxidación, degradación de materia orgánica e inorgánica, en cuanto a los sitios de monitoreo se obtuvo un porcentaje promedio para el sitio 1 de 7,1 mg/L, en el sitio 2 con 7,3 y el sitio 3 con 7,9. El comportamiento de este parámetro está relacionado con el grado de intervención antrópica ejercida sobre la cuenca, por esta razón la mayor concentración de oxígeno disuelto la encontramos en el sitio 3, seguido por el sitio 2 y el 3, presentándose diferencias entre los sitios de 0,8 y 0,6 mg/L, encontrándose en rangos normales en todos los sitios para el desarrollo de la biota acuática.

Figura 9. Concentración en mg/L de O₂.



Cuadro 1. Variables físico químicas de la cuenca alta del río Caquetá.

	Época de muestreo	Cond. uMhos/cm	pH unidades	Amonio mg(NH4+)/L	Nitratos mg(Na3-/L)	Fe mgFe/L	Cl mg(Cl-)/L	Ca mgCa+2/L	Acidez mgCaCO3/L	Alcalinidad mgCaCO3/L	CO2 mg/l	O2 %	Dureza Carbonácea mgCaCO3/L	Dureza Total mgCaCO3/L	Humedad %	
SITIO 1	Marzo	20	7,5	0	50	0	1	8	3	50	0,5	65	74,6	274	68	
	Abril	18	7	0	50	0	1	8	3	50	0,5	50	44,5	252	78	
	Mayo	49	7,5	0	50	0	1	28	0	90	1	65	3,56	108	76	
	Julio	99,7	7,7	0	50	0	2	20	5	100	1	70	44,5	74,6	72	
	PUENTE	Agosto	52	7,88	0	150	0,3	8	18	7	100	3,5	70	74,6	74,6	92
		Septiembre	31	7,38	0	75	0,5	1	2	5	150	4,5	70	35,6	133,5	41
SITIO 2	Marzo	40	7	0	50	0	1	12	2	60	0,5	65	33,8	44,5	72	
	Abril	50	7	0	75	0	2	19	2	80	0,5	65	44,5	53,5	88	
	Mayo	19	7,2	0	50	0	10	11	3	70	0,5	65	35,6	74,7	55	
	Julio	111	7,63	0	25	0	20	12	3	40	3,5	65	21,3	35,6	70	
	PORVENIR	Agosto	26	7,28	0	50	0,5	10	8	3	30	5	70	17,8	35,6	26
		Septiembre	39,83	7,87	0	100	0,5	1	10	8	80	5	80	35,6	35,6	32
SITIO 3	Marzo	25	7	0	50	0	0,3	12	2	30	0,5	70	21,6	26,7	86	
	Abril	37	7	0	50	0	0,5	20	1	30	0,5	70	17,8	26,7	98	
	Mayo	40	7	0	10	0	0,6	16	0	130	1	65	16,02	35,6	71	
	TAMBORAS	Julio	28	7,8	0	50	0	0,5	15	3	120	0,5	70	21,36	26,7	84
		Agosto	29,1	7,87	0	25	0,3	0,8	8	2	30	3,5	70	17,8	26,7	56
		Septiembre	51,55	7,77	0	100	0,3	0,3	12	2	180	3,5	70	19,5	85,4	64

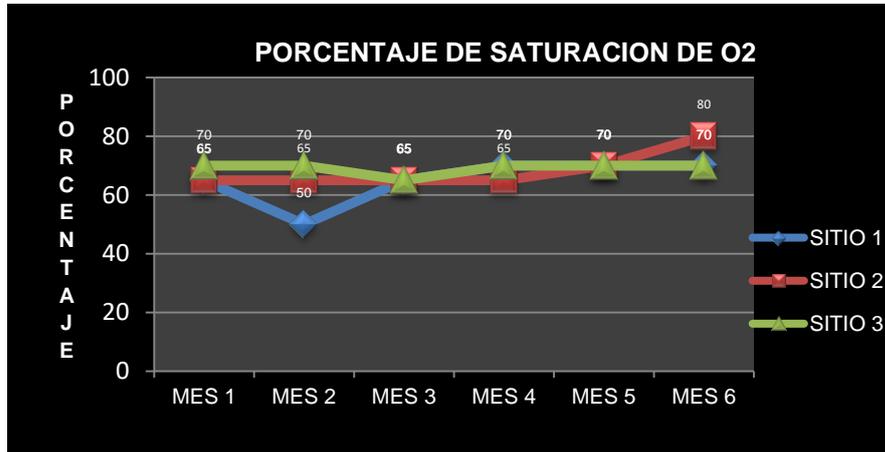
Cuadro 2. Promedio, desviación estándar, mínima y máximos de los parámetros físico químicos evaluados en la cuenca Alta del río Caquetá.

Parámetros	Unidades	No.	Sitio 1				Sitio 2				Sitio 3			
			X	S	Mín.	Máx.	X	S	Mín.	Máx.	X	S	Mín.	Máx.
Temperatura ambiental	°C	6	11,4	5,2	3,3	17,1	18,7	2,5	16,2	23,1	13,3	1,2	12,1	15,1
Temperatura del agua	°C	6	12,1	2,2	8,3	14,2	11,5	1,0	10,5	13	10,0	0,5	9,3	10,5
Humedad	%	6	71,2	16,9	41	92	57,2	24,3	26	72	76,5	15,6	56	98
Oxigeno disuelto O2	mg OD/L	6	7,1	1,3	5	8,72	7,4	0,4	7	8	7,9	0,2	7,5	8,06
Dioxido de carbono Co ₂	mgCO ₂ /L	6	1,8	1,7	0,5	4,5	2,5	2,3	0,5	5	2,4	2,1	0,5	5,5
pH	Unidades	6	7,5	0,3	7	7,8	7,3	0,4	7	7,87	7,4	0,4	7	7,87
Acidez Total	mgCaCO ₃ /L	6	3,8	2,4	0	7	3,5	2,3	2	8	1,7	1,0	0	3
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	6	90,0	37,4	50	150	60,0	21,0	30	80	86,7	65,3	30	180
Dureza Total	mgCaCO ₃ /L	6	152,9	88,4	74,6	274	46,6	15,5	35,6	74,76	38,0	23,5	26,7	85,4
Dureza Carbonacea	mgCaCO ₃ /L	6	51,6	18,3	35,6	74,6	31,4	10,0	17,8	44,5	19,0	2,2	16,02	21,36
Nitratos	mg(NO ₃ -)/L	6	70,8	40,1	50	150	58,3	25,8	25	100	47,5	30,6	10	100
Amonio	mg(NH ₄ ⁺)/L	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calcio	mgCa+2/L	6	14,0	9,6	2	8	12,0	3,7	8	19	13,8	4,1	8	20
Conductividad	uMhos/cm	6	61,1	35,0	18	99,74	58,9	45,6	19	111	36,2	13,3	28	51,55
Cloruros	mg(Cl-)/L	6	2,3	2,8	1	8	7,3	7,5	1	20	2,9	3,1	0,3	8
Hierro	mgFe/L	6	0,1	0,2	0	0,5	0,2	0,3	0	0,5	0,1	0,2	0	0,3

8.1.2. Porcentaje de saturación de oxígeno:

La figura 10 muestra las variaciones del porcentaje de saturación de oxígeno para cada uno de los sitios de muestreo.

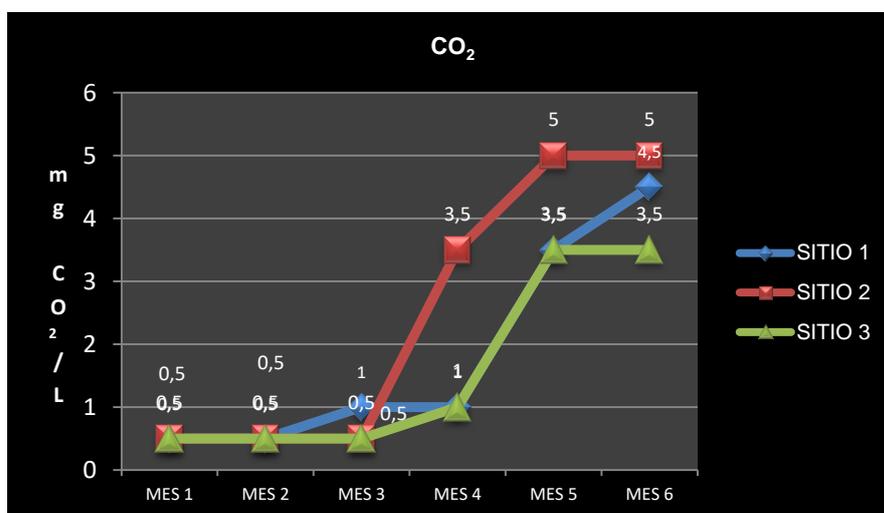
Figura 10. Variación del porcentaje de saturación de O₂.



Esta variable correlaciona la concentración en miligramos de oxígeno por litro con la temperatura del agua en grados centígrados e indica la cantidad de oxígeno disponible en un ecosistema en particular. Los valores obtenidos para este parámetro fueron en promedio de 65% en el sitio 1, 68,3 % en el sitio 2 y en el sitio 3 con un 69,1. Esto indica un nivel de sub saturación debido en parte a la pérdida de la cobertura vegetal que aumenta el área de exposición del cauce a la radiación solar generando un aumento en temperatura del agua y dificultando la solubilidad de este gas, la contaminación por materia orgánica e inorgánica que incide en la demanda biológica y química de oxígeno en el sistema, alteraciones en el balance hídrico de la cuenca se refleja en la disminución del caudal en épocas de estiaje, disminuyendo la dinámica hídrica del río.

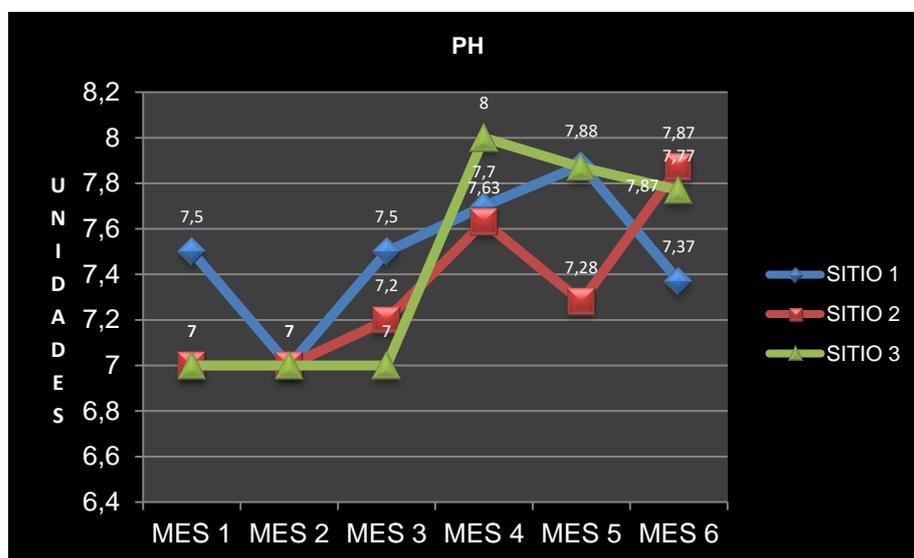
8.1.3. Dióxido de carbono. En cuanto a la presencia de este gas en el sistema encontramos un promedio de 1,8 mg/l en el sitio 1, en el sitio 2,5 mg/l y 1,5 mg/l en el sitio 3; encontrándose los niveles más altos de CO₂ en los meses 5 y 6, debido a la disminución drástica del caudal ya que en este mes no se presentaron precipitaciones considerables ocasionada por el fenómeno del niño. Adicionalmente, factores como temperaturas altas, vertimientos domésticos en el caso del sitio 1 y 2 y agrícolas en todos los sitios ocasionaron el aumento en la presencia de este gas. El incremento en este gas seguramente incidió en la presencia de abundantes ensamblajes perifíticos y el consecuente aumento en la productividad primaria del sistema.

Figura 11. Variación de la concentración de mg de CO₂.



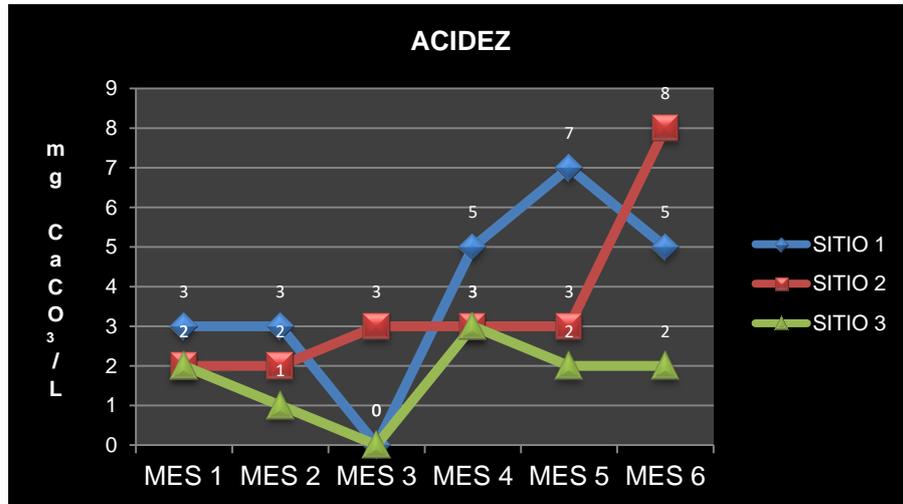
8.1.4. PH. El potencial de hidrogeniones mostró valores promedio de 7,4 para el sitio 1, de 7,3 en el sitio 2 y de 7,4 en el sitio 3. Estos valores indican tendencia a la neutralidad y se consideran óptimos para el desarrollo de la biota.

Figura 12. Variación de las unidades de pH.



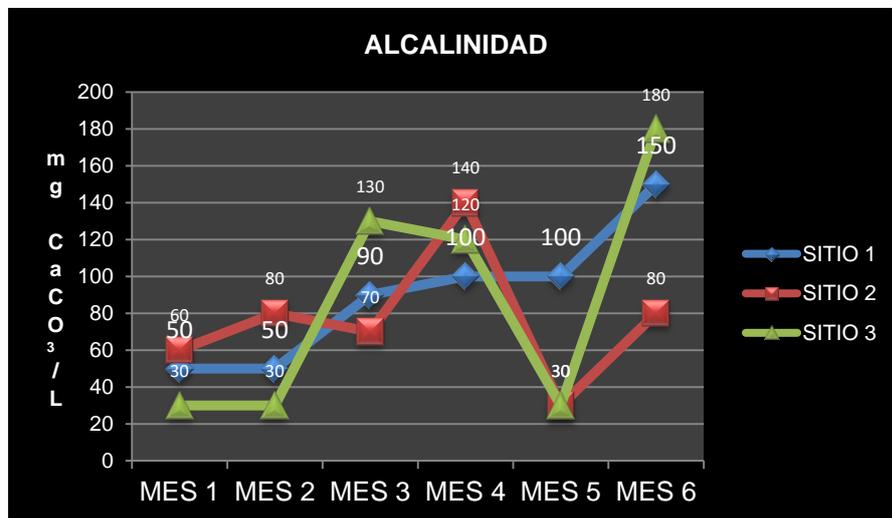
8.1.5. Acidez. En promedio se obtuvo en el sitio 1, un total de 3,8 mg de CaCO₃/L, sitio 2 con 3,5 mg CaCO₃/L y en el sitio 3 con 1,6 mg CaCO₃/L. Estos valores se consideran bajos y concuerdan con los valores obtenidos para el pH.

Figura 13. Variación de la acidez.



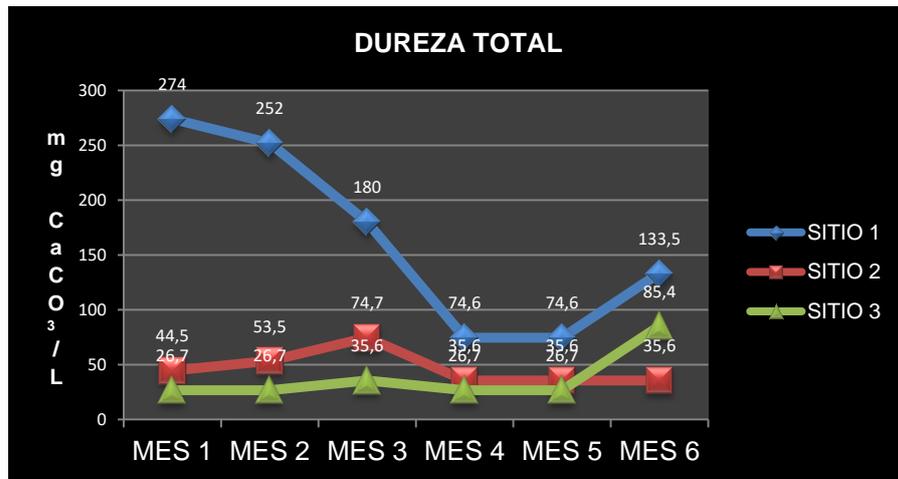
8.1.6. Alcalinidad. En promedio se obtuvo en el sitio 1, un total de 90 mg de CaCO₃/L, sitio 2 con 76,6 mg CaCO₃/L y en el sitio 3 con 86,6 mg CaCO₃/L, lo que indica que el río presenta aguas blandas, propicia por el desarrollo de la biota acuática (CFS: Canadian Forestry Service, CEE; Comunidad Económica Europea; N y V: Nisbet y Verneaux; USA; Estados Unidos, en Ramírez & Viña, 1998).

Figura 14. Variación de la alcalinidad.



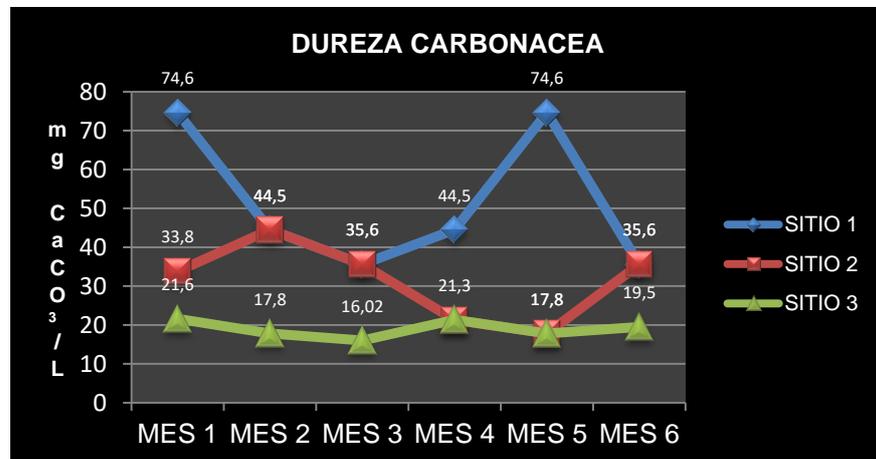
8.1.7. Dureza Total. En promedio se obtuvo en el sitio 1, un total de 164 mg de CaCO₃/L, lo que determina aguas duras para esta zona. En el sitio 2 el promedio fue 46,6 mg CaCO₃/L y en el sitio 3 con 37,9 mg CaCO₃/L, correspondientes a aguas blandas (CFS: Canadian Forestry Service, CEE; Comunidad Económica Europea; N y V: Nisbet y Verneaux; USA; Estados Unidos, en Ramírez & Viña, 1998). Estos valores determinan en general para los sitios 2 y 3 características de productividad media.

Figura 15. Variación de la Dureza Total.



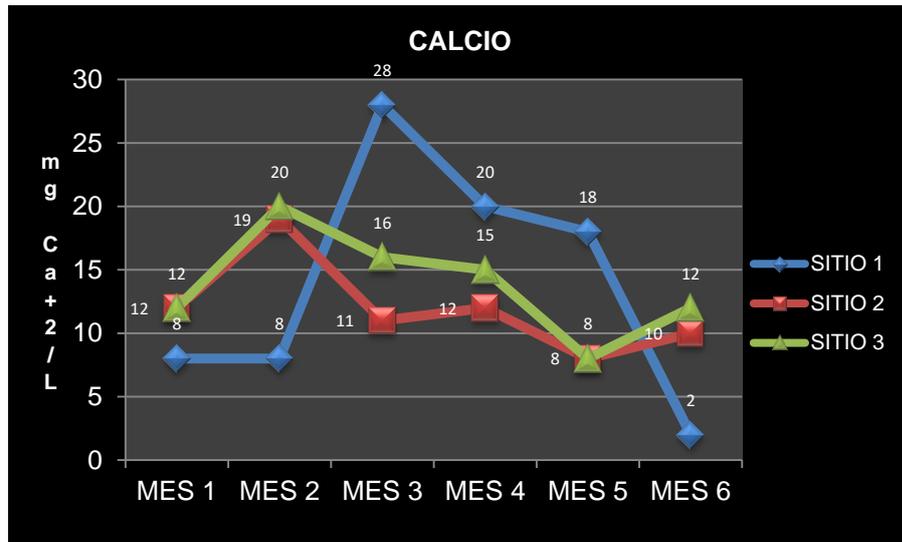
8.1.8. Dureza Carbonacea. En promedio se obtuvo en el sitio 1, un total de 51,5 mg de CaCO₃/L, sitio 2 con 31,4 mg CaCO₃/L y en el sitio 3 con 19,1 mg CaCO₃/L. El sistema se considera de aguas con características con productividad media a baja (Canadian Forestry Service, CEE; Comunidad Económica Europea; N y V: Nisbet y Verneaux; USA ; Estados Unidos, en Ramírez & Viña, 1998).

Figura 16. Variación de la Dureza Carbonacea.



8.1.9. Calcio. Los iones de calcio que son fundamentales para el metabolismo del sistema, la productividad primaria y la formación de huevos y dientes de los organismos de la cuenca. Se encontraron valores promedio el sitio 1, de 14 mg/L, sitio 2 con 12 mg/L y en el sitio 3 con 13,8 mg/L. No se aprecian diferencias significativas entre los sitios de muestreos para los niveles de calcio. Estos valores indican un sistema con características de productividad media y son adecuados para el desarrollo de la biota.

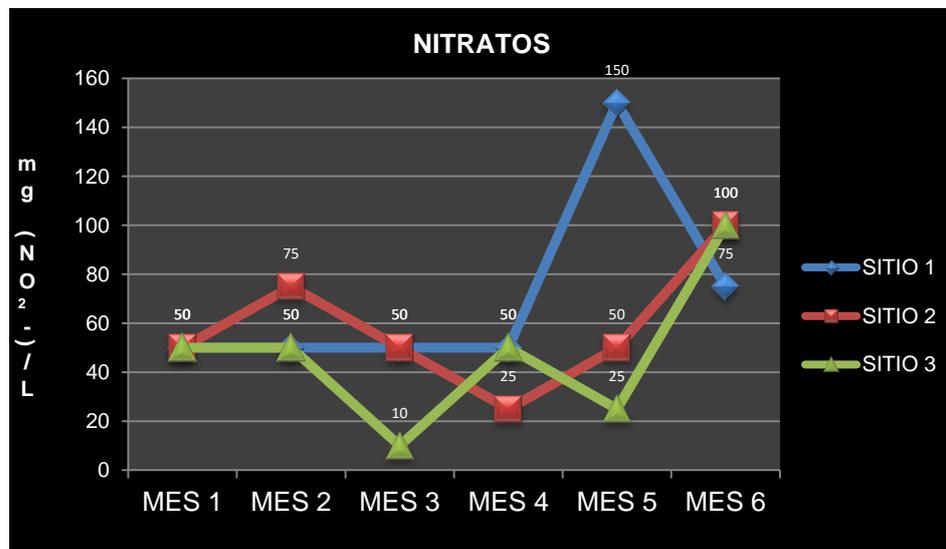
Figura 17. Variación de la concentración de Ca.



8.1.10. Nitrógeno. Se pretendió establecer las concentraciones de amonio y nitratos como indicadores de los procesos de degradación de materia orgánica en el sistema. En cuanto al amonio, no se registraron valores, aspecto que consideramos se relaciona con la sensibilidad del método empleado, pues fue posible encontrar valores de nitratos, que se consideran relativamente altos para este tipo de ecosistemas acuáticos de alta montaña.

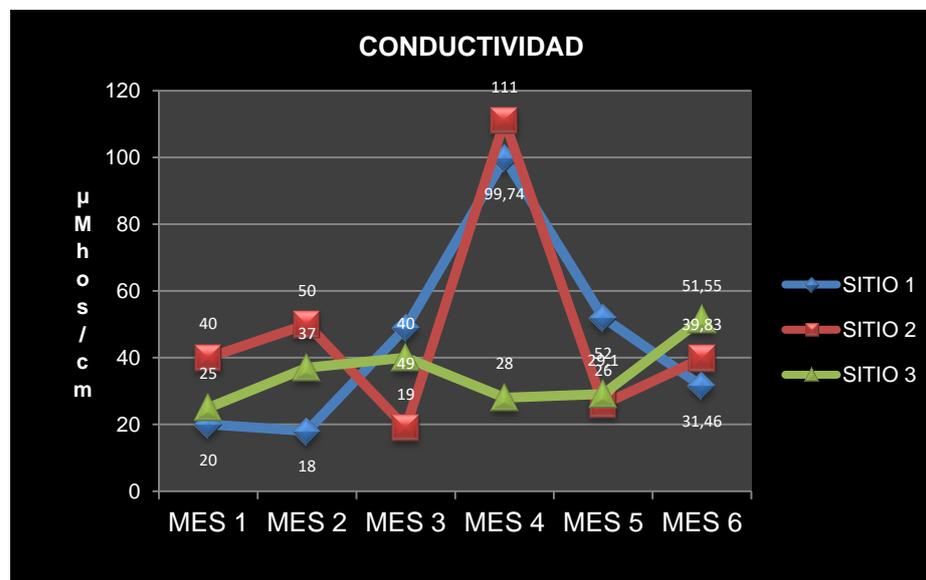
En cuanto a los nitratos, en el sitio 1 se encontraron valores promedio de 70,8 mg/L, en el sitio 2 de 58,3 mg/L y el sitio 3 de 47 mg/L. Se considera que estos valores se relacionan con las actividades agrícolas desarrolladas en la zona y el escurrimiento hacia el río debido a la pérdida de cobertura vegetal protectora.

Figura 18. Variación de la concentración de iones de NO₃⁻.



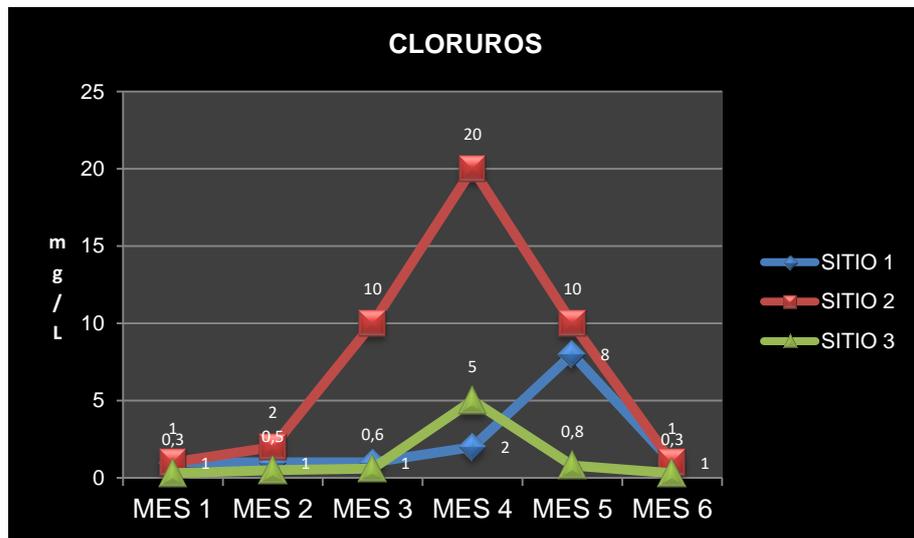
8.1.11. Conductividad. Esta hace relación la concentración de sólidos totales disueltos en el agua. Su medición es útil para entender procesos hidrodinámicos e intervenciones antrópicas. Los mayores valores se obtuvieron en épocas de lluvia, correspondiente al mes 5, ya que el arrastre de sedimentos es mayor. Situaciones como deforestación causante del desbalance hídrico de la cuenca, la erosión y vertimientos inorgánicos de tipo agropecuario, son los que generan niveles considerados alterados como en el caso del los sitios 1 y 2 que presentan una conductividades de 111 y 99,74 uMhos/cm, los demás análisis se ajustan a los rangos para ecosistemas de alta montaña que están entre 20 y 50 uMhos/cm, según Roldan (2008).

Figura 19. Variación de la conductividad uMhos/cm.



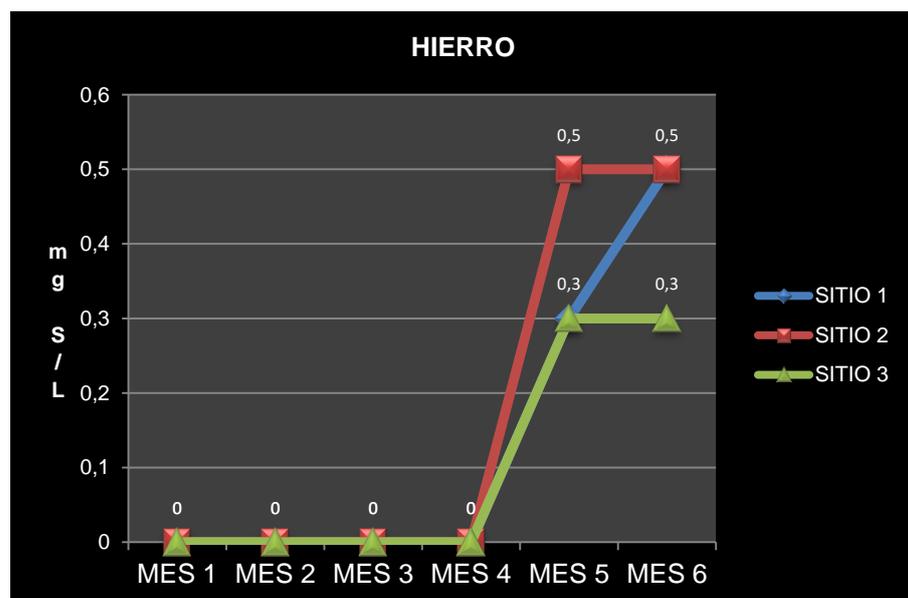
8.1.12. Cloruros. Se representan en gran medida en sales como el cloruro de sodio; su incremento se debe a factores como el arrastre de material de sectores erosionados de la cuenca como en el caso de su incremento en el mes julio de lluvias en los sectores 1 y 2, otra causa de los elevados valores en estos sitios se debe también a las descarga de aguas servidas de núcleos poblacionales en el caso del sitio 2 la vereda El Porvenir y en el sitio 1 el corregimiento de Valencia, se correlaciona con la conductividad.

Figura 20. Variación de la concentración de Cloruros.



8.1.13. Hierro. En un ecosistema acuático el Fe, es un elemento esencial especialmente como pigmento respiratorio en cuanto al muestreo lo observamos en un aumento drástico en las concentraciones de los meses 5 y 6 en todos los sitios de muestreo debido a la precipitación de estos iones por la disminución drástica del caudal, considerándose perjudicial para la biota.

Figura 21. Variación de la concentración de Hierro.



Con el fin de establecer el comportamiento de los parámetros físico químicos en los tres sitios de monitoreo, además del análisis descriptivo anteriormente mencionado se aplicó una prueba de componentes principales y un dendrograma de similaridad de Bray –Curtis.

Se estableció en el análisis de componentes principales (Figura 22), que los sitios 2 y 3 comparten una similaridad en los valores correspondientes a los parámetros del componente uno, que se refiere a la conductividad (uMhos/cm), nitratos (mg Na³-/L), porcentaje de saturación de oxígeno (%O₂) y alcalinidad (mgCaCO₃/L).

En cuanto al componente 2 en el cual se encuentra el sitio 1, se correlaciona con la dureza total (mgCaCO₃/L), que con un porcentaje promedio para el sitio de 152 mg/L, presenta una marcada particularidad con relación a los sitios 2 y 3 que obtuvieron concentraciones en el porcentaje promedio en mg CaCO₃/L del orden de 46,58 y 37,97.

En cuanto a los demás parámetros como lo son los gases disueltos para el caso del CO₂ (mgCO₂/L), las unidades de pH, la acidez total (mgCaCO₃/L), los iones de calcio (mgCa+2/L), cloro (mg Cl-/L) y hierro (mg Fe/L), presentan un comportamiento similar en los tres sitios de muestreo, dependiendo principalmente de variables ambientales como lo son los vertimientos agropecuarios, escorrentía superficial, caudal y precipitaciones.

En cuanto a las similaridad presentada entre los sitios 2 y 3, las razones observadas son la corta distancia aproximadamente de 2,3 Km, la intensidad de los impactos antrópicos y en cuanto al porcentaje de similaridad en el comportamiento de los parámetros físico químicos del 78% entre los tres sitios muestreados, razones como la distancia entre los sitios aproximadamente de 7,3 Km, los niveles de impacto y las altas tasas de cambio en el uso del suelo son las principales razones.

Es de anotar que particularmente parámetros como el porcentaje de saturación de O₂, la conductividad (uMhos/cm), el pH, los iones disueltos como en el caso del hierro (mgFe/L), presentan un mejor comportamiento en el sitio 3 en el cual los niveles de presión sobre la cuenca no son tan marcados como en los sitios 1 y 2, donde se concentran grandes núcleos poblaciones como lo son la vereda el porvenir y el corregimiento de Valencia.

Este análisis permitió corroborar las hipótesis propuestas en la metodología de la investigación en cuanto a la cuantificación del impacto agropecuario sobre las características físicas químicas del recurso hídrico de la cuenca alta del río Caquetá y sus particularidades en los sitios monitoreados.

Figura 22. Análisis de componentes principales para los parámetros físico químicos en los tres sitios de monitoreo.

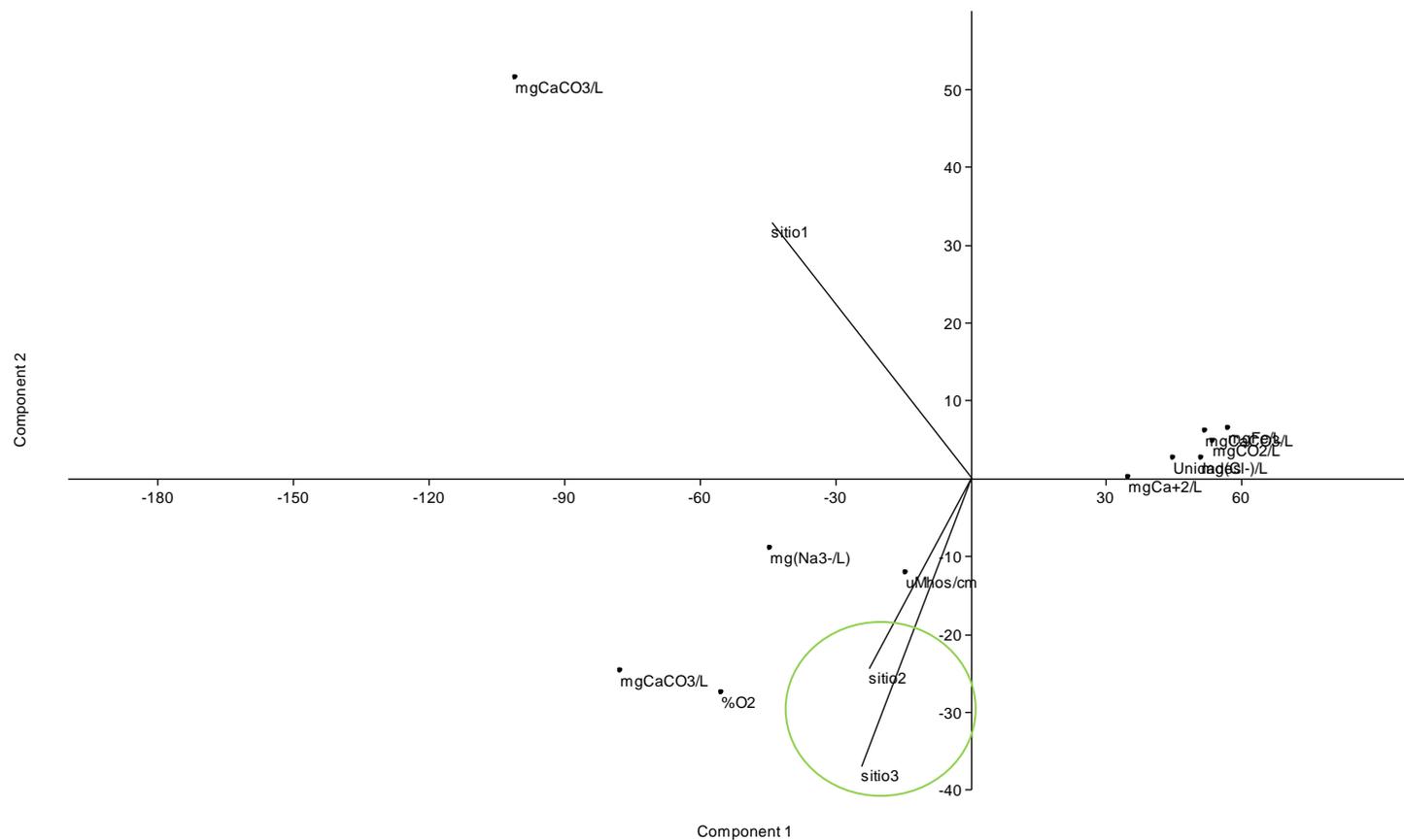
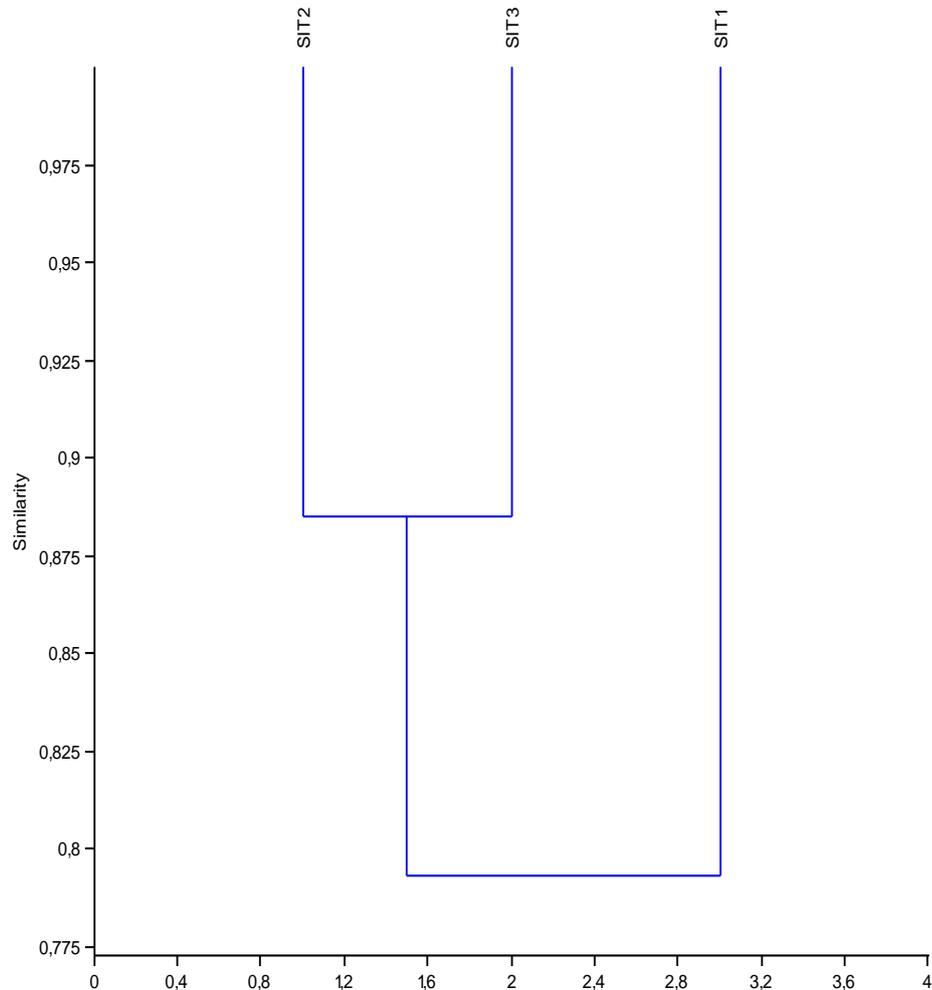


Figura 23. Dendrograma de similitud Bray-Curtis para los parámetros físico químicos presentes en los tres sitios monitoreados.



La similitud entre los valores de los parámetros físico químicos obtenidos en los tres sitios monitoreados se encuentran representados en un 0,88 o 88% de similitud entre los sitios 2 y 3, en cuanto al sitio 1 con relación a los sitios 2 y 3 se encuentra en un 0,78 o 78%, el porcentaje de similitud es alto entre los sitios 2 y 3, principalmente a sus niveles similares de impacto antrópico representados en vertimientos de agroquímicos y escorrentía como también la corta distancia entre ellos 2,3 Km.

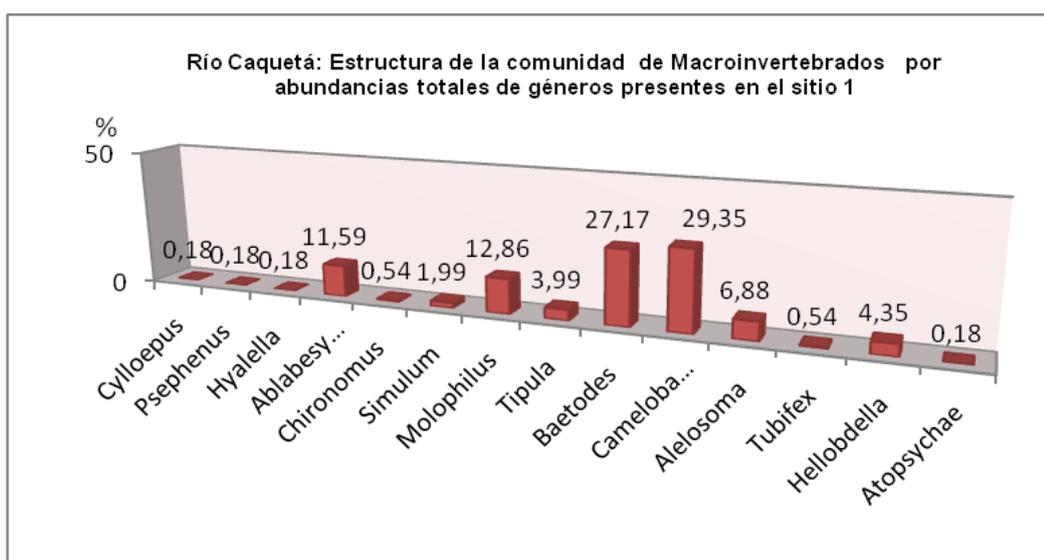
8.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS BIOLÓGICOS.

8.2.1. Macroinvertebrados acuáticos bentónicos. Se detectaron 8 ordenes, 12 familias y 16 géneros, con un total de 1,518 individuos colectados. De los 20 órdenes de Macroinvertebrados reportados para Colombia (Roldan, 2003), se identificaron 8 para la cuenca alta del río Caquetá, en la cual se encontró la mayor población de los ordenes Ephemeroptera, Díptera, Coleóptera, Haplótaxis y Trichoptera.

En la figura 28, se relaciona la presencia de 14 géneros, pertenecientes a 11 familias y 6 órdenes en el sitio 1, con una marcada dominancia del orden Díptera que presenta 4 familias con 6 géneros, los órdenes Ephemeroptera, Coleóptera y Haplótaxis presentan dos familias e igual número de géneros, los Crustaceos e Hirudíneos presentan una sola familia y género.

Para este sitio, se presenta una marcada dominancia de los géneros *Camelobatidios* con un 29,35% y 27,17% de *Baetodes*, seguido de un 12,86 % *Molophilus*, 11,59% *Ablabesymia* y 4,35% *Hellobdella*. La presencia de Dípteros de los géneros *Chironomus*, *Ablabesymia*, *Alluaudomyia* y del orden Haplótaxis con el género *Tubifex*, indican según: (Zamora, 1.999, Roldan, 2003), alteración de las condiciones físicas – químicas y de la estructura - composición de las comunidades biológicas del cuerpo de agua, que generalmente se asocian con ecosistemas en degradación en condiciones de eutrofia, por el aporte de carga orgánica e inorgánica y alteraciones de los microhábitats generados por la acumulación de sedimentos originados de la erosión por cambio en el uso del suelo y que es transportada por la escorrentía superficial cuando se presentan las precipitaciones.

Figura 24. Porcentaje de abundancias de los géneros de Macroinvertebrados encontrados en el sitio 1.



Cuadro 3. Macroinvertebrados Epicontinentales presentes en el Sitio 1 de la cuenca Alta del río Caquetá.

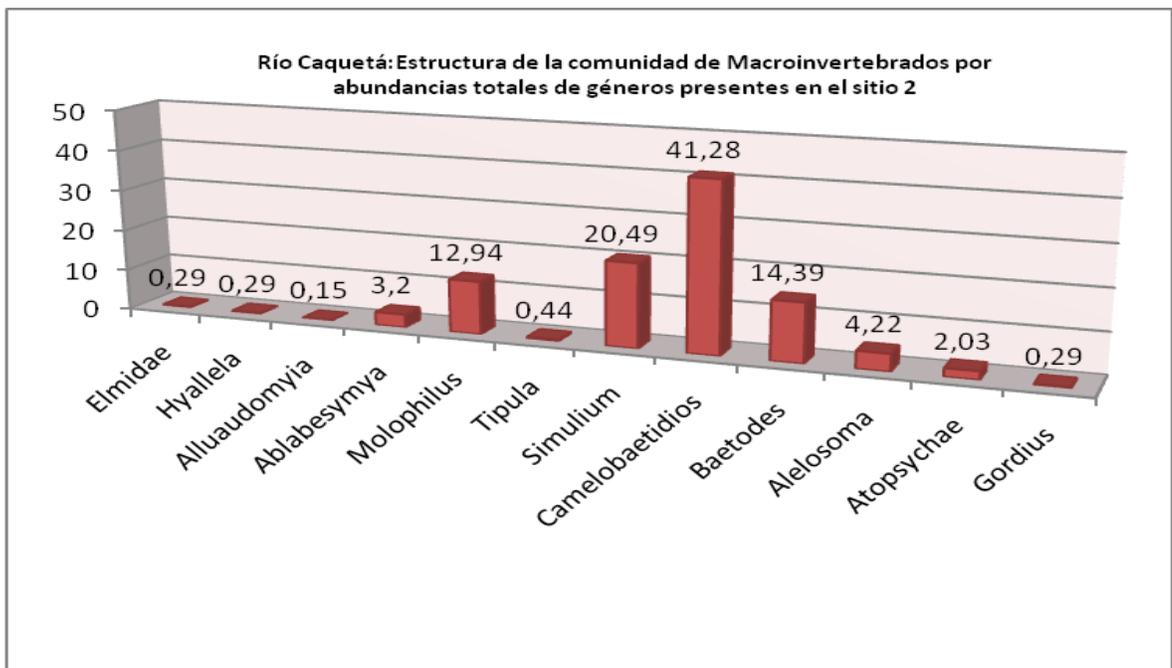
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	Mayo de 2009	Abril de 2009	Mayo de 2009	Julio de 2009	Agosto de 2009	Septiembre de 2009	Total
Anhipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella</i>	0	1	0	0	0	0	1
Coleóptera	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	0	0	1	0	0	0	1
	Psephenidae	<i>Psephenus</i>	0	0	1	0	0	0	1
Díptera	Ceratopagonidae	<i>Alluaudomyia</i>	0	0	3	0	0	0	3
	Chironomidae	<i>Ablabesomyia</i>	5	22	10	0	4	20	61
	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	0	0	1	2	0	0	3
	Simulidae	<i>Simulum</i>	5	2	0	0	4	0	11
	Tipulidae	<i>Molophilus</i>	31	0	17	0	2	21	71
	Tipulidae	<i>Tipula</i>	0	22	0	0	0	0	22
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>	10	23	11	4	75	27	150
	Baetidae	<i>Camelobaetidios</i>	4	126	11	3	0	18	162
Haplontaxia	Aelosomatidae	<i>Aelosoma</i>	12	6	10	4	2	4	38
	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	3	0	0	0	0	0	3
Hirudinea	Glossoponiformes	<i>Hellobdella</i>	5	8	5	3	0	0	21
Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	0	0	0	0	0	1	1
Total			75	210	70	16	87	94	552

En la figura 29, se relaciona la presencia de 11 géneros, pertenecientes a 9 familias y 6 órdenes en el Sitio 2, con una marcada dominancia del orden Díptera, que presenta 4 familias con 5 géneros. El orden Ephemeroptera, presenta dos familias e igual número de géneros, los Crustáceos, Coleópteros, Gordiidea, Haplotaquia y Trichoptera presentan una sola familia y género.

En el sitio 2, se presenta una marcada dominancia de los géneros *Camelobatidios* con un 41,28% y 14,39% de *Baetodes*, seguido de un 20,49 % *Simulium*, 12,94% *Molophilus* y 4,22% *Alelosoma*. La presencia de Dípteros de los géneros *Ablabesomyia*, *Alluaudomyia*, *Tipula*, *Molophilus* y del orden Haplotaquia con el género *Aelosoma*, indican según: (Zamora, 1.999, Roldan, 2003) que son habitantes de aguas loticas o de márgenes arenosos de arroyos con presencia de fango y abundante materia orgánica en descomposición; el orden Haplotaquia con el género *Aelosoma*, usualmente habita en aguas eutrofizadas, sobre fondo fangoso y abundante cantidad de detritus.

La alteración en la estructura y composición de Macroinvertebrados se relaciona con los aportes alóctos orgánicos e inorgánicos generados por el cambio en el uso del suelo en la Cuenca. En este sitio fue el único en que se encontró 2 individuos el género *Gordius* en mes 6 y este esta relacionado con ecosistemas oligotróficos.

Figura 25. Porcentaje de abundancias de los géneros de Macroinvertebrados encontrados en el sitio 2.



Cuadro 4. Macroinvertebrados Epicontinentales presentes en Sitio 2 de la cuenca Alta del río Caquetá.

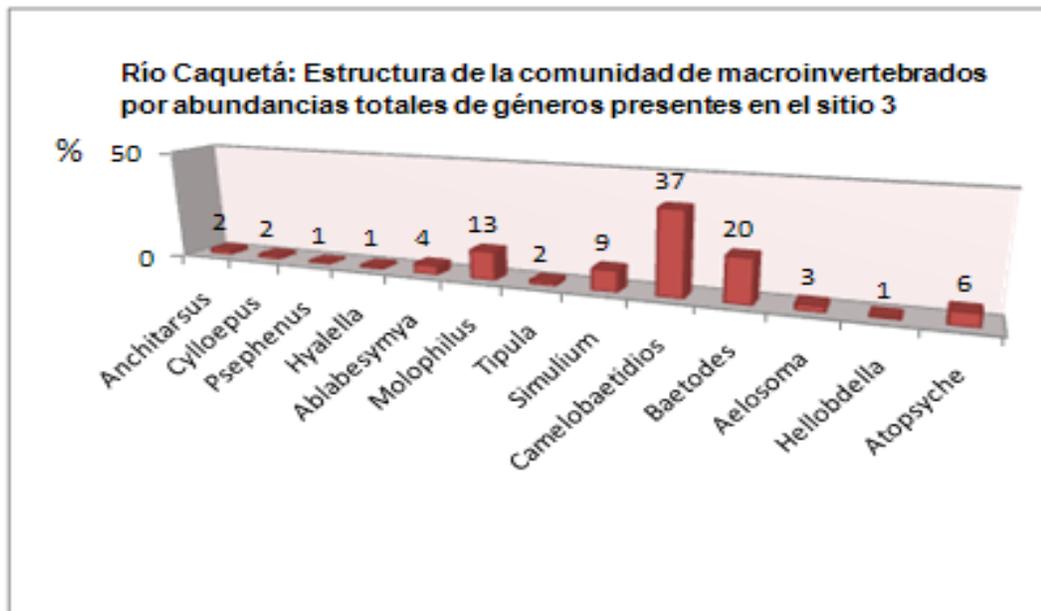
Orden	Familia	Género	Marzo de 2009	Abril de 2009	Mayo de 2009	Julio de 2009	Agosto de 2009	Septiembre de 2009	Total
Anhipoda	Hyallelidae	Hyallela	0	0	1	0	0	1	2
Coleóptera	Psephenidae	<i>Psephenus</i>	0	2	0	0	0	0	2
Díptera	Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia</i>	0	0	0	0	1	0	1
	Chironomidae	<i>Ablabesymya</i>	0	0	10	0	6	6	22
	Tipulidae	<i>Molophilus</i>	4	22	26	1	31	5	89
	Tipulidae	<i>Tipula</i>	1	0	1	1	0	0	3
	Simulidae	<i>Simulium</i>	54	50	0	0	5	32	141
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidios</i>	4	118	6	0	78	78	284
	Baetidae	<i>Baetodes</i>	15	3	7	6	24	44	99
Haplotaaxida	Alelosomatidae	<i>Alelosoma</i>	0	4	19	0	3	3	29
Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsychoa</i>	10	4	0	0	0	0	14
Gordiidea	Gordidae	<i>Gordius</i>	0	0	0	0	0	2	2
Total			88	203	70	8	148	171	688

En la figura 30 se relaciona la presencia de 13 géneros pertenecientes a 10 familias de 7 órdenes en el sitio 3, con una dominancia del orden Díptera que presenta 4 familias con 4 géneros, el orden Coleóptero presenta tres familias, los Ephemeropteros con dos familias e igual número de géneros, los Crustáceos, Haplotoxida, Hirudinea y Trichoptera presentan una sola familia y género.

En el sitio 3, se presenta la dominancia de los géneros *Camelobatidios* con un 37% y 20% de *Baetodes*, seguido de un 13 % *Molophilus* , 9% *Simulium* y 6% *Atopsyche*. La abundancia promedio de los géneros que indican condiciones de eutrofia de la cuenca, disminuye, en el caso de los géneros de Dípteros como *Ablabesymia* con un 4% y *Típula* con 6%. El orden Coleóptera presenta una mayor diversidad con relación a las demás estaciones, encontrando 3 géneros de los cuales el *Anchitarsus* solo se encontró en este sitio, debido a que el hábitat de este género son de aguas con corrientes frías y muy oxigenadas; sustrato pedregoso y material vegetal.

La estructura y composición de esta comunidad, presenta variaciones con respecto a las demás estaciones debido a que las condiciones ambientales varían en términos de calidad físico-químicas del agua como también la presencia de cobertura vegetal en los márgenes de la cuenca que generan microhábitats y recursos alimenticios para los géneros con hábitos detritívoros.

Figura 26. Porcentaje de abundancias de los géneros de Macroinvertebrados encontrados en el sitio 3.



Cuadro 5. Macroinvertebrados Epicontinentales presentes en Sitio 3 de la cuenca Alta del río Caquetá.

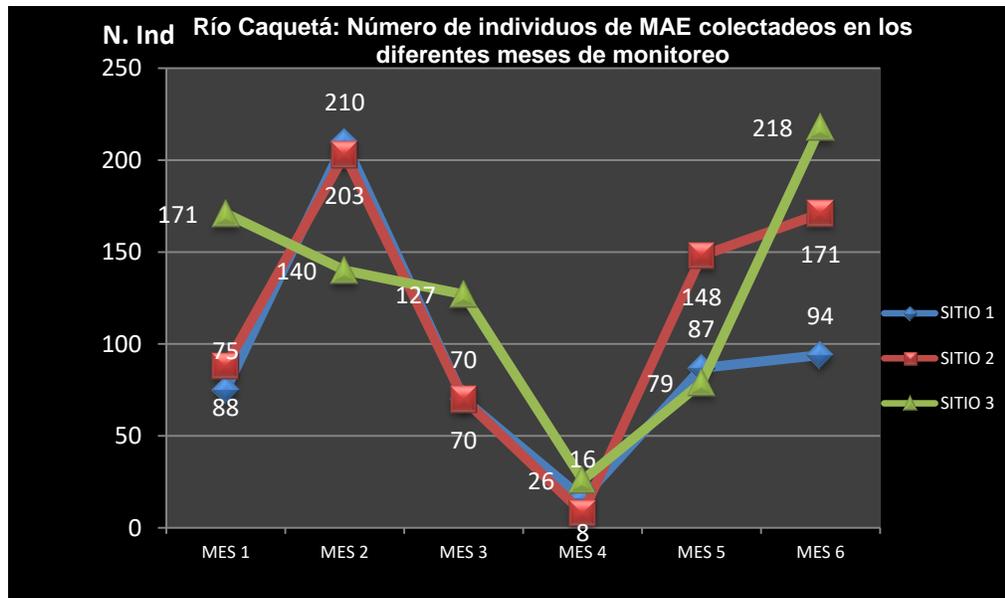
Orden	Familia	Genero	Marzo de 2009	Abril de 2009	Mayo de 2009	Julio de 2009	Agosto de 2009	Septiembre de 2009	Total
Anhipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>	1	0	1	0	0	0	2
Coleóptera	Elmidae	<i>Anchitarsus</i>	4	6	0	0	0	0	10
	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	5	0	1	0	0	0	6
Díptera	Psephenidae	<i>Psephenus</i>	0	1	0	0	0	4	5
	Chironomidae	<i>Ablabesymya</i>	3	4	4	0	1	20	32
	Tipulidae	<i>Molophilus</i>	30	20	18	2	4	0	74
	Tipulidae	<i>Tipula</i>	3	0	4	0	3	29	39
Ephemeroptera	Simulidae	<i>Simulium</i>	26	14	0	0	14	16	70
	Baetidae	<i>Camelobaetidios</i>	59	67	65	4	11	98	304
	Baetidae	<i>Baetodes</i>	27	18	23	6	42	41	157
Haplotaxia	Aelosomatidae	<i>Aelosoma</i>	3	0	1	14	4	1	23
Hirudinea	Glossiphoniformes	<i>Hellobdella</i>	1	0	1	0	1	0	3
Trichoptera	Hidrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	9	10	6	0	2	13	40
Total			171	140	127	26	79	218	835

Cuadro 6. Macroinvertebrados Epicontinentales presentes en los tres sitios de monitoreo en la cuenca Alta del río Caquetá.

Orden	Familia	Género	Marzo			Abril			Mayo			Julio			Agosto			Septiembre			Total		
			S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Aphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	3	2
Coleóptera	Elmidae	<i>Anchitarsus</i>	0	0	4	0	0	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		2	10
	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	0	0	5	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6
	Psephenidae	<i>Psephenus</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	1	2	5	
Díptera	Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia</i>	0	0	3	0	0	4	3		4	0	0	0	0	1	0	0	0	3		12	
	Chironomidae	<i>Ablabesymya</i>	5	1	3	22	0	4	10	1	4	0	1	0	4	0	1	20	6	20	61	22	34
	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	0	0	0	0	0	0	1			2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
	Tipulidae	<i>Molophilus</i>	31	4	30	0	22	20	17	26	18	0	1	2	2	31	4	21	5	29	71	89	107
	Tipulidae	<i>Tipula</i>	0	1	3	22	0	0	0	1	4	0	1	0	0	0	3	0	0	0	22	3	10
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	5	54	26	2	50	14	0	0	0	0	0	4	5	14		32	16	11	141	79	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidios</i>	4	4	59	126	118	67	11	6	65	3	0	4		78	11	18	78	98	162	284	312
	Baetidae	<i>Baetodes</i>	10	15	27	23	3	18	11	7	23	4	6	6	75	24	42	27	44	41	150	99	165
Gordiodea	Gordidae	<i>Gordius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0		2		
Haptotaxia	Aelosomatidae	<i>Aelosoma</i>	15	0	3	6	4	0	10	19	4	4	0	14	2	3	1	4	3	1	41	29	25
Hirudinea	Glossiphoniformes	<i>Hellobdella</i>	5	0	1	8	0	0	5	0	1	3	0	0	0	1	3	0	0	24		6	
Trichoptera	Hidrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	0	10	9	0	4	10	0	0	6	0	0	0	0	2	1	0	13	1	14	48	
		TOTAL	75	89	174	210	201	144	70	73	131	16	9	26	87	148	80	94	171	218	552	688	835
		H'	1,7	1,1	1,8	1,3	1,1	1,6	1,,9	1,5	1,5	1,5	0,7	1,1	0,5	1,3	1,4	1,6	1,4	1,5	1,4	1,2	1,5
		BMWP	23	29	49	32	41	48	36	22	40	15	12	14	19	29	36	18	40	43	62	64	66

La figura 27, relaciona el número de individuos colectados y los meses de muestreo. Se observa que en el mes 4, época de mayores precipitaciones y caudales en el río, disminuyó el número de individuos.

Figura 27. Relación de individuos de MAE colectados durante los meses de muestreo en las diferentes estaciones.



En la figura 27, se relacionan los géneros comunes en los tres sitios de muestreo. Comparten un total de 9 géneros, pertenecientes a 7 familias de un total de 5 órdenes, en los que se destaca el orden Díptera con 4 familias y los Efemerópteros con 2 familias.

Llama la atención la presencia del orden Crustáceo con el género *Hyallela*, indicadores de aguas oxigenadas y corrientosas. Se detectó una dominancia marcada por los géneros *Camelobatideos* y *Baetodes* del orden Efemeróptera.

En cuanto a la bioindicación de los géneros según: Roldan (2003), se encontró un total de cinco géneros con características de hábitat oligotrófico ricos en oxígeno en los que se destacan los *Baetodes*, *Camelobatideos*, *Simulium*, *Hyallela* y *Atopsyche*, pero también se comparten 4 géneros con características eutróficas como son *Ablabesymia*, *Molophilus*, *Típula*, del orden Diptera, y *Aelosoma* del orden *Haploxtaxia* que nos indican que el ecosistema se encuentra en un estado de degradación ya que estos organismos se caracterizan por hábitat lóticos con presencia de fango y materia orgánica en descomposición.

Figura 28. Porcentaje de abundancia de los géneros comunes presente en los tres sitios monitoreados.



El promedio del índice de diversidad de Shannon-Weaver para los tres sitios se encuentra en la escala entre 0 y 1,5 presentando una baja diversidad. No obstante, se destaca que en algunos meses el ecosistema presenta en los sitios 1 y 3, valores correspondientes a rangos entre 1,6 y 3,0 indicando una mediana diversidad. El sitio 3 presentó una estabilidad en la distribución en los valores de diversidad.

Figura 29. Índice de Shannon-Weaver aplicado a los tres sitios de muestreo

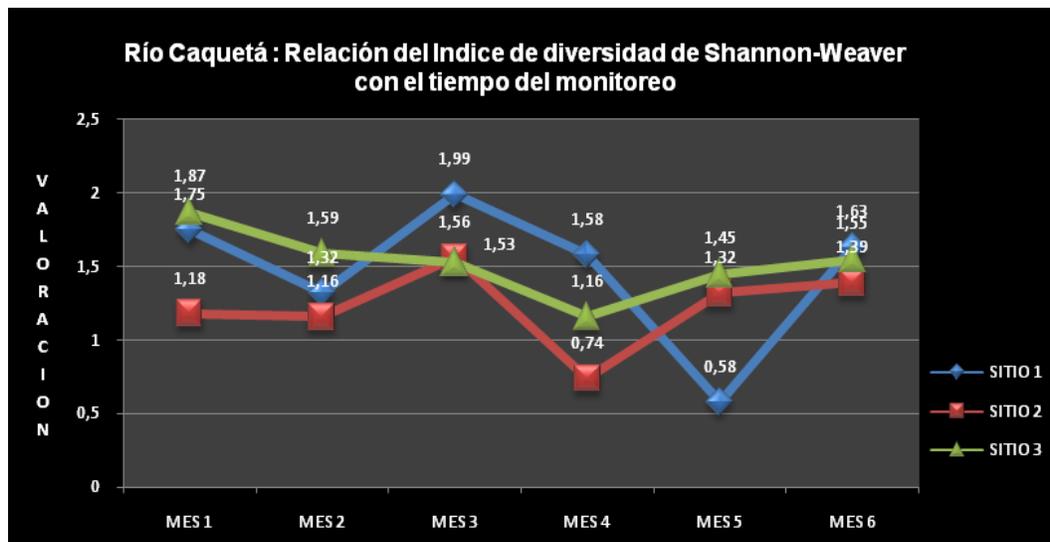


Tabla 9. Índice de Shannon-Weaver aplicado a los tres sitios de muestreo de la cuenca alta del río Caquetá.

Sitios de muestreo	Índice de diversidad	Características
Sitio1: El puente.	1.46	Baja Diversidad
Sitio 2: El porvenir.	1.225	Baja Diversidad
Sitio 3: Tamboras	1.54	Baja Diversidad

En cuanto al Índice BMWP, el porcentaje promedio de este índice biológico, para los sitios 1 y 2, arrojó una valoración de 30 puntos, que indican aguas con características críticas por alteración del ecosistema en general. y en el sitio 3 encontró un índice de calidad de 38, con características de calidad dudosa y aguas contaminadas, factores como el aporte alóctono de sedimentos, vertimientos de agroquímicos y urbanos, junto con la alta tasa de cambio de uso del suelo han generado la alteración de las comunidades de Macroinvertebrados de la cuenca alta del río Caquetá.

Figura 30. Índice de BMWP en los tres sitios de estudio.

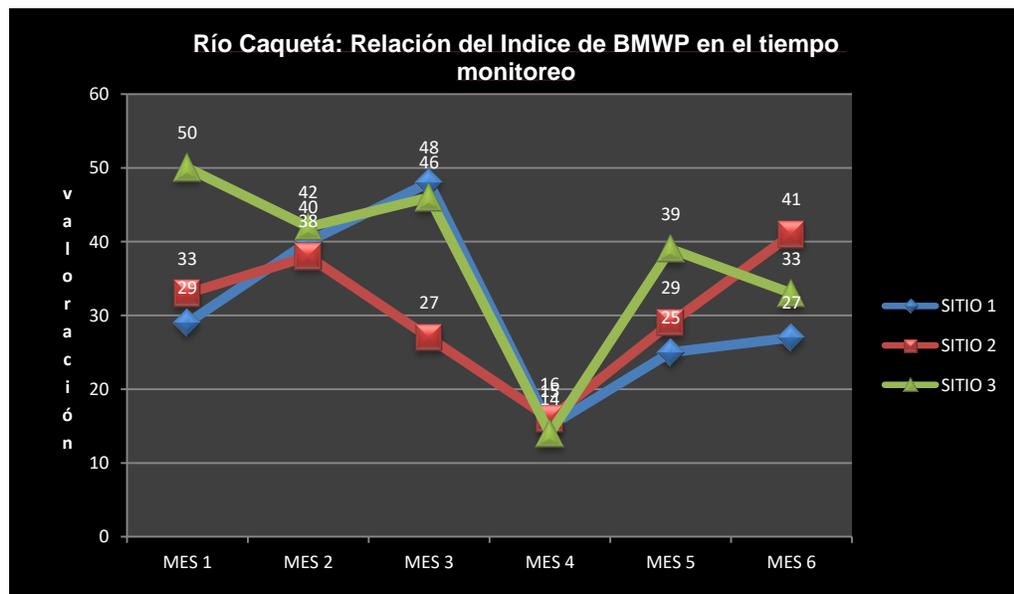


Tabla 10. Índice de BMWP aplicado a los tres sitios de muestreo de la cuenca alta del río Caquetá.

Sitios de muestreo	Índice de Calidad	Calidad del H2O	Características del H2O
Sitio1: El puente.	62	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas
Sitio 2: El porvenir.	64	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas
Sitio 3: Tamboras	66	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas

En época de lluvias el índice desciende drásticamente en todos los sitios, debido a que el aumento espontáneo del caudal generó un fenómeno de arrastre de los individuos de las comunidades de Macroinvertebrados presentes en el área de estudio y que incide directamente en el número de organismos colectados. Por el contrario en época de escasas de lluvias el índice se comporta estable en los sitios 2 y 3, presentando incluso un leve aumento, factores como la temperatura del agua y disminución del caudal inciden directamente en la variación de este índice. El valor más alto para este índice biológico se alcanzó en el mes 1 en el sitio 3, seguidos del sitio 2 y 3 en el mes 3, periodos de transición que generaron condiciones ambientales óptimas para la presencia de los diferentes géneros.

Podemos determinar que al emplear un índice de diversidad como es el caso de Shannon – Weaver y otro cualitativo de biondicación como es el BMWP adaptado para Colombia por Zamora. (2.007). Se encontraron valores bajos de diversidad en todos los sitios monitoreados, al igual que una biondicación con dominancia de géneros de aguas en condiciones de eutrófia, lo que infiere que el ecosistema acuático de la cuenca alta del río Caquetá, está bajo tensores antrópicos que generan cambios en la estructura y composición de las comunidades bentónicas presentes en el cauce.

Cuadro 7. Indicación de los géneros de Macroinvertebrados presentes en el río Caquetá.

No	Orden	Familia	Géneros	Indicación	Hábitat
1	Anphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>	Mesoeutrófico	Aguas o corrientes muy oxigenadas, debajo de las rocas y troncos.
2	Coleóptera	Elmidae	<i>Anchitarsus</i>	Mesoeutrófico	En márgenes de los arroyos, sobre plantas herbáceas; las larvas se encuentran en aguas someras, sobre la arena de los ecosistemas loticos; generalmente herbívoros y dentrívoros.
3		Elmidae	<i>Cyloopus</i>	Mesoeutrófico	De aguas loticas, ocasionalmente en lagunas y charcas. Algunos adultos viven la interface aire-agua. En medios de corrientes moderadas se adhieren a rocas, grava, troncos y hojas en descomposición, en materiales limosos y vegetación sumergida. Se encuentran en aguas poco profundas. Son colectores, herbívoros y detrívoros.
4		Psephenidae	<i>Psephenus</i>	Mesoeutrófico	Ecosistemas loticos de aguas moderadas. Larvas sobre rocas, grava y arena. Por lo general son comedores de limo y algas.
5	Díptera	Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia</i>	Mesoeutrófico	Aguas lenticas, charcas y lagos con material orgánico en descomposición.
6		Chironomidae	<i>Ablabesomyia</i>	Mesoeutrófico	Aguas loticas o lenticas, en fangoso, arena y con abundante materia orgánica en descomposición.
7		Chironomidae	<i>Chironomus</i>	Mesoeutrófico	Aguas loticas o lenticas, en fangoso, arena y con abundante materia orgánica en descomposición.
8		Simuliidae	<i>Simulum</i>	Oligotrófico	Aguas o corrientes muy oxigenadas, debajo de las rocas y troncos.
9		Tipulidae	<i>Molophilus</i>	Mesoeutrófico	Aguas loticas, en márgenes arenosos de arroyos.
10			<i>Tipula</i>	Mesoeutrófico	Aguas loticas y lenticas con fango y materia orgánica en descomposición.
11	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>	Oligotrófico	Aguas rápidas, debajo de troncos, rocas, hojas y adheridos a vegetación sumergida.
12		Baetidae	<i>Camelobaetidios</i>	Mesoeutrófico	Similar a la anterior, pero también se encuentran en fondos turbios y fondos arenosos
13	Gordiodea	Gordidae	<i>Gordius</i>	Oligotrófico	Corrientes limpias, adheridos a la vegetación y debajo de las piedras en las orillas de los ríos y arroyos. Para completar su ciclo es necesario encontrar su huésped apropiado.
14	Haplotaxia	Aelosomatidae	<i>Aelosoma</i>	Mesoeutrófico	La mayoría de oligoquetos viven en aguas eutrofizadas, sobre fondo fangoso y abundante cantidad de detritus
15		Glossoponiformes	<i>Hellobdella</i>	Mesoeutrófico	Los Hirudinea viven por lo regular en aguas quietas o de poco movimiento, sobre troncos, plantas, rocas y residuos vegetales.
16	Hirudinea Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	Oligotrófico	Aguas corrientes frías y muy oxigenadas; sustrato pedregoso y poco material vegetal.

En cuanto al análisis estadístico se empleo el software de procesamiento estadístico (SPSS Versión Académica 11.5), en el cual se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, en las que se obtuvo como resultado que los datos no se ajustan a la distribución de la curva normal de Gauss, por esta razón se procedió a emplear pruebas no paramétricas de Kruskal- Wallis y Mann Witney. Como resultado de las pruebas anteriormente mencionadas, no hay significancia estadística, concluyéndose en que entre los sitios y con la diversidad de géneros de macroinvertebrados acuáticos detectados en el área de estudio no se presentó una diferencia marcada entre las poblaciones; es de resaltar que en los sitios menos intervenidos se presento mayor diversidad, por esta razón se emplearon pruebas descriptivas de similaridad como es el dendrograma de Bray Curtis.

Comparando los tres sitios en general con sus respectivas abundancias se obtuvo al emplear la prueba de Kruskal – Wallis una significancia $p=0,893$, valor que no representa una significancia estadística. Obteniéndose este resultado se decidió emplear la prueba de Mann-Witney para dos muestras independientes realizando un análisis más específico para comparar los tres sitios con sus respectivas abundancias en los que se obtuvo sitio 1 con sitio 2 con un a significancia $p=0,652$, sitio 1 con sitio 3 $p=0,901$ y sitio 2 con sitio 3 $p=0,717$, obteniendo ninguna significancia estadística eliminando sesgos estadísticos de la prueba de Kruskal - Wallis.

La similaridad representada en el dendrograma de Bray Curtis (Figura 31), entre las comunidades de macroinvertebrados presentes en los tres sitios monitoreados se encuentra representado en un 0,78 o 78% de similaridad entre los sitios 2 y 3, en cuanto al sitio 1 con relación al 2 y 3 se encuentra en 0,63 o 63%, el porcentaje de similaridad alta entre los sitios 2 y 3, se debe a sus similares niveles de impacto antrópico, su corta distancia de 2, 3 Km y que la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados no tienen diferencias significativas.

Figura 31. Dendrograma de similitud Bray-Curtis para los géneros de Macroinvertebrados presentes en los tres sitios monitoreados.

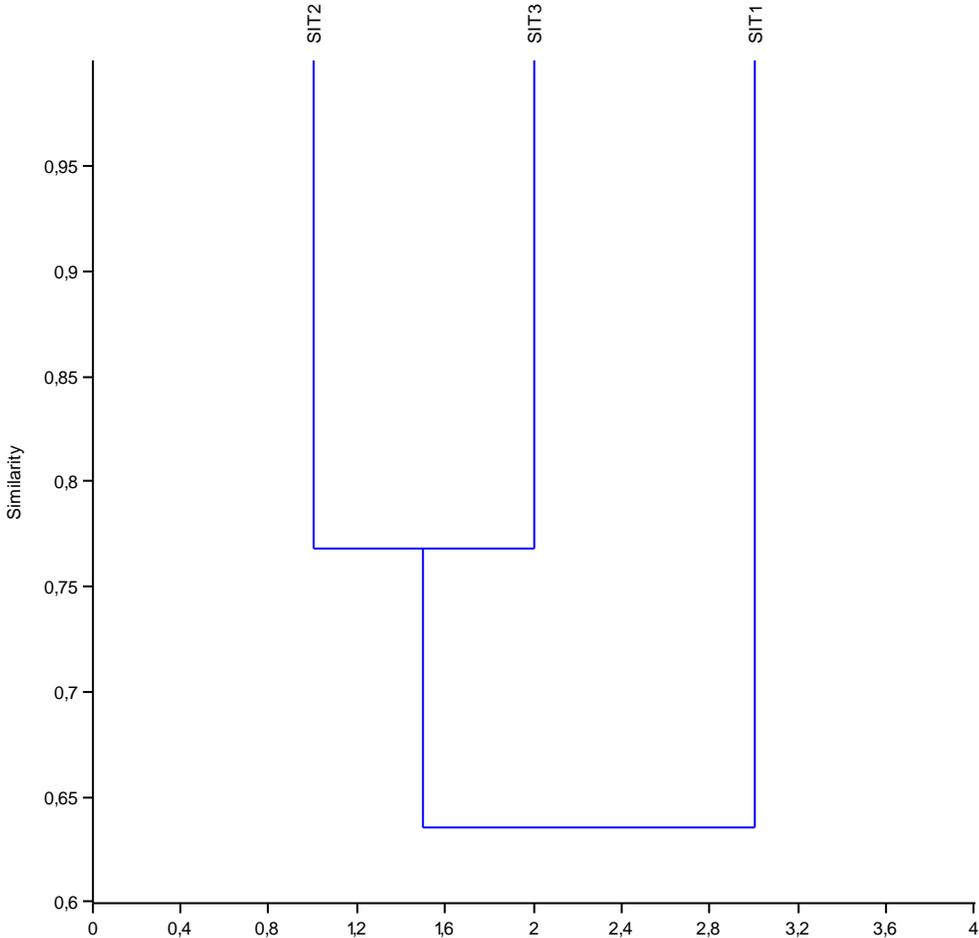
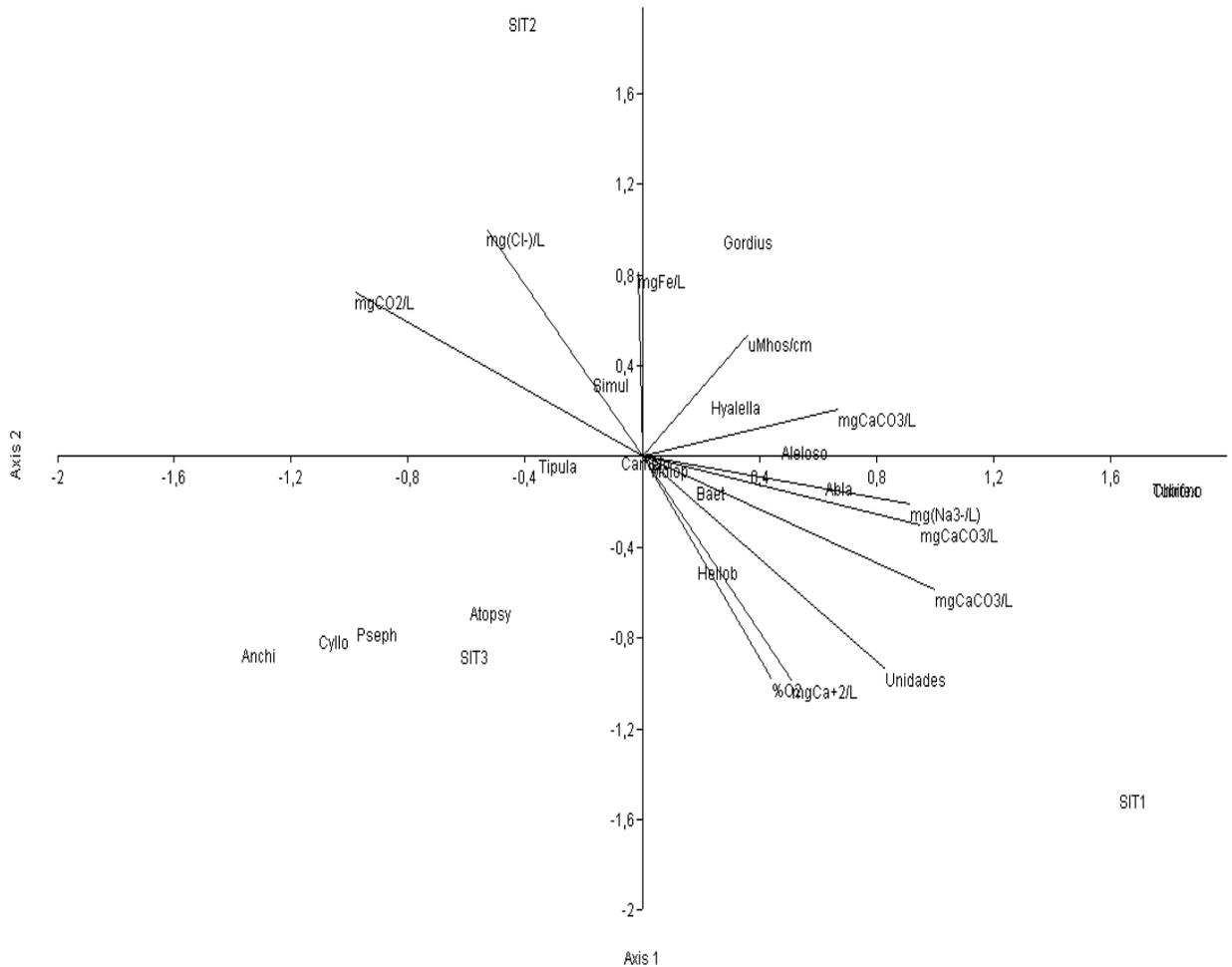


Figura 32. Análisis de Correspondencia canónica.



Las variables con mayor distancia al origen en el eje I explican en mayor cuantía su varianza específica. Tal es el caso de las variables durezas, nitratos, pH, alcalinidad, acidez y %O₂; estos parámetros se correlacionan positivamente con los macroinvertebrados de los géneros *Hellobdella*, *Baetodes*, *Aelosoma* y *Ablabesymia*, presentes en una mayor abundancia en el sitio 1. La proximidad entre variables físico químicas de mineralización como lo son la conductividad, iones de Fe⁺ y Cl⁻ y biológicas, representados en el género *Gordius* se correlacionan positivamente con el sitio 2 que se encuentran ubicado en el eje II, en cuanto al sitio tres las variables físico químicas no se correlacionan significativamente con los géneros de macroinvertebrados encontrados en este sector, los géneros *Anchitarsus*, *Cyloepus*, *Psephenos* y *Atopsyche* se ubicaron únicamente en el sitio 3 por esta razón se correlacionaron únicamente con este sitio.

Se realizó un estudio en tres individuos adultos de la especie *Oncorhynchus mykiss* (trucha) capturados en el mes de agosto a través del método de anzuelo, empleando como carnada lombrices, con el fin de determinar la posible presión ejercida por las truchas sobre las poblaciones de Macroinvertebrados presentes en el área de estudio.

Tabla 11. Contenido estomacal de los individuos de *Oncorhynchus mykiss* colectados en el río Caquetá.

Nº Individuo	Sexo	Longitud total del animal cm	Longitud del tracto intestinal cm	Peso del contenido estomacal gr	Descripción del contenido estomacal
1	Hembra	24,5	13	3,5	1 Baetidae 1 Chiromidae 1Himenóptero Restos de vegetación
2	Macho	20,2	11	1,5	1 Baetidae 1 Chiromidae 1Himenóptero Restos de vegetación
3	Hembra	22,5	12	4,5	1 Miriápoda 1 Aelosoma 1Himenóptero Restos de vegetación

La trucha es una especie exigente en calidad del agua, para parámetros tales como la temperatura del agua, la concentración de O₂ y la carga orgánica presente en el cuerpo de agua. Esta especie fue introducida en el río Caquetá a mediados del siglo pasado, estableciendo poblaciones viables en el ecosistema y convirtiéndose en un recurso proteico para las comunidades establecidas en los andes.

La presencia aún de estas poblaciones significaría que los parámetros anteriormente expuestos se comportarían en rangos aceptables que permitan el establecimiento de estas, pero nos damos cuenta que factores como la maduración temprana de ovas en las hembras, la posible bioacumulación de contaminantes en sus tejidos, bajas tallas y peso, son indicadores de respuestas

adaptativas a las constantes alteraciones de hábitat, considerando que las densidades poblacionales de especie han sido sobreexplotadas. Por estos aspectos, se presupone que la presión que ejerce sobre las comunidades bentónicas es mínima y su aparente comportamiento omnívoro hace que se alimente del recurso más abundante en su medio como es el caso de los Efemerópteros, Chiromidae, Himenóptero y el material vegetal alóctono.

Figura 33. Espécimen de *Oncorhynchus mykiss* colectado en el río Caquetá.



Figura 34. Presencia de ovas en espécimen Sp1, género hembra de *Oncorhynchus mykiss* colectado en el río Caquetá.



8.2.2 Comunidad de algas perifíticas. La tabla 11 indica los géneros de algas perifíticas presentes en los sitios de monitoreo con relación a los meses de muestreo realizados en la cuenca alta del río Caquetá.

Tabla 12. Perifiton de la Cuenca alta del río Caquetá.

PERIFITON	Abril 2009			Agosto 2009			Septiembre 2009		
	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
<i>Cladofora sp.</i>	x	x	x					x	X
<i>Cosmarium sp.</i>	x	x						x	X
<i>Cymbella sp.</i>	x	x							
<i>Chroococcus sp.</i>		x							
<i>Encyonema sp1.</i>	x	x	x	x	x		x	x	X
<i>Ephitemia sp2.</i>	x		x	x	x	x	x	x	X
<i>Eunotia sp.</i>	x						x	x	X
<i>Frustulia sp.</i>	x			x	x	x	x		
<i>Gomphonema sp.</i>	x	x		x	x	x	x		
<i>Melosira sp1.</i>	x	x	x	x		x	x	x	X
<i>Melosira sp2.</i>	x								
<i>Melosira sp3.</i>	x								
<i>Mycrosistis sp.</i>									X
<i>Mougeotia sp.</i>	x								
<i>Navícula sp.</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	X
<i>Oscillatoria sp1.</i>	x	x	x				x		X
<i>Oscillatoria sp2.</i>	x								
<i>Pinnularia sp.</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	X
<i>Schizomeris sp.</i>					x				
<i>Tabellaria flocculosa</i>	x	x	x	x		x		x	X
<i>Ulothrix sonata.</i>		x					x		
<i>Vaucheria sp.</i>					x				

El crecimiento de las algas en los sistemas loticos, se relaciona con la radiación solar, los nutrientes (fósforo y nitratos), turbiedad, profundidad, dinámica hídrica y el dióxido de carbono; estos determinan las condiciones limitantes para el proceso fotosintético. Por esta razón consideramos las algas un grupo taxonómico importante en la integración de los componentes biológicos, que nos permita identificar las perturbaciones ambientales generadas por el modelo agropecuario desarrollado en la cuenca alta del río Caquetá.

El monitoreo durante los meses de abril, agosto y septiembre, nos permitió coleccionar un total de 24 géneros. Para el mes de julio el incremento de las lluvias ocasionó un aumento de caudal el cual arrastró las comunidades perifíticas y por esta razón no se realizó colecta de material.

Como resultado tenemos que el sitio 1, presentó el mayor número de géneros con un total de 20 de los cuales según los trabajos de Ramírez & Viña (1998) y Duque & Donato, (1992), un total de 7 géneros pertenecen a condiciones de eutrofia, 12 con características mesoeutrofias y 1 perteneciente a aguas oligotróficas; estas condiciones se deben principalmente a la gran cantidad de nutrientes que arrastra la cuenca, producto de actividades agropecuarias sumado a la pérdida de la cobertura vegetal que incide en la pérdida del balance hídrico, expresado en la disminución del caudal como también en una mayor área acuática iluminada en el transcurso del día, este sitio en particular presenta características de lecho rocoso, con un ancho promedio de 10,5 m y con profundidades promedio de 0,3 m, generando gran cantidad de microhabitats, que permiten el desarrollo de ensamblajes perifíticos dominados por algas filamentosas como los géneros *Cladophora*, *Mougeotia* en los que se asocian algas diatomeas como los géneros *Gomphonema* y *Cosmarium*.

En el sitio 2 disminuye la presencia de géneros en relación al sitio 1, encontramos un total de 13 géneros de los cuales según los trabajos desarrollados por: Ramírez & Viña (1998) y Duque & Donato, (1992), corresponden a aguas con características mesoeutróficas encontrando 8 géneros; en condiciones de eutrofia se presentaron 3 géneros y correspondientes a hábitats acuáticos oligotróficos un total de 2 géneros.

Se observa una clara disminución de géneros con características eutróficas con relación al sitio 1, debido principalmente a que la dinámica biológica del sistema responde a las concentraciones de nutrientes (fosfatos y nitratos), hábitats y demás condiciones ecológicas del cuerpo de agua. Además, las características del sitio monitoreado presenta un ancho promedio menor correspondiente a 6 m y una profundidad promedio de 0,35 m, con un lecho rocoso principalmente compuesto por guijarros de tamaño pequeño, situaciones que limitan en algunas épocas del año el establecimiento de algas filamentosas especialmente en épocas de lluvia. Cuando disminuye la dinámica hídrica del cauce, se produce el establecimiento

del ensamble perifítico dominado por un alga filamentosa la *Ulotrix*, en la que los géneros como la *Ephitemia*, *Encyonema* y otras diatomeas se adhieren para establecer la comunidad algal del sistema.

En cuanto al sitio 3 se presentaron 11 géneros, de los cuales según los trabajos de Ramírez &Viña (1998) y Duque & Donato, (1992), encontramos 6 géneros con características mesoeutróficas, en condiciones de eutrofia se presentaron 4 géneros y de organismos pertenecientes a sistemas oligotróficos un total de 1 género, lo que indica que hay disminución del número de géneros que los dos sitios anteriormente mencionados. Factores como la incidencia lumínica obstaculizada por la cobertura vegetal, la disminución de los vertimientos agrícolas, la disminución del ancho promedio en 5m y de la profundidad promedio en 0,2 m permiten que el sistema presente condiciones de alteraciones ambientales no tan marcadas como los sitios 1 y 2.

Los tres sitios comparten un total de 6 géneros, la cuarta parte del total de la muestra colectada en el monitoreo de la cuenca; de estos organismos según: Ramírez &Viña (1998) y Duque & Donato, (1992), los géneros *Encyonema sp*, *Navicula sp.* y *Tabellaria flocculosa sp*, corresponden a ecosistemas acuáticos en condiciones de mesoeutrofia, los géneros *Melosira sp1* y *Ephitemia sp* pertenecen a sistemas acuáticos eutróficos y el género *Pinnularia sp*, indica condiciones de oligotrofia en el cauce, lo que nos permite inferir que el sistema padece un degradación continua y que es particular en cada una de las estaciones de monitoreo y que es incrementada por factores como el vertimiento de agroquímicos, la alteración del balance hídrico del cauce sumado al incremento en el cambio en el uso del suelo, estas condiciones determinan la estructura y composición de las comunidades perifíticas del río Caquetá que responden a la dinámica de la cuenca.

Figura 35. Ensamble perifítico dominado por *Vaucheria sp*, encontrada el mes de agosto de 2009 en el sitio 2.



Cuadro 8. Indicación de los géneros perifíticos encontrados en los 3 sectores monitoreados en el río Caquetá.

No.	Géneros	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	ICOMI		ICOMO		ICOSUS		ICOTRO		Indicación	Referencia
					MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX		
1	<i>Chroococcus sp.</i>	X			0,04	1	0,05	0,6	0,01	0,16	0,00	0,43	Eutrofia fría	Duque &Donato, 1992
2	<i>Chladoforesp.</i>	X		X	0	0,87	0,13	0,85	0,00	1,0	0,00	0,09	Eutrofia fría	Ramírez &Viña, 1998
3	<i>Cosmariums p.</i>	X		X	0,0	1	0,05	0,61	0,00	1,0	0,00	2,48	Mesoeutrofia fría	Duque &Donato, 1992
4	<i>Cymbellas p.</i>	X			0,0	1	0,05	0,61	0,00	1,0	0,00	2,48	Mesoeutrofia fría	Ramírez &Viña, 1998
5	<i>Encyonemas p.</i>	X	X	X	0,0	1	0,05	0,61	0,00	1,0	0,00	2,48	Mesoeutrofia fría	Ramírez &Viña, 1998
6	<i>Ephitemias p.</i>	X	X	X	0,04	1	0,05	0,6	0,01	0,16	0,00	0,43	Eutrofia fría	Duque &Donato,1992
7	<i>Eunotias p.</i>	X		X	0,04	0,74	0,01	0,53	0,01	1,0	0,00	0,27	Mesoeutrofia fría	Duque &Donato, 1992
8	<i>Frustulias p.</i>	X	X		0,01	0,01	0,30	0,30	0,06	0,06	0,0	0,0	Eutrofi fría	Donato et al, 1987
9	<i>Gomphonemas p.</i>	X	X		0	0,90	0,05	0,65	0,00	1,00	0,00	0,64	Mesoeutrofia fría	Ramírez &Viña, 1998
10	<i>Melosiras p1.</i>	X	X	X	0,9	0,87	0,00	0,52	0,00	1,00	0,03	2,14	Eutrofia fría	Ramírez &Viña, 1998
11	<i>Melosiras p2.</i>	X			0,84	0,84	0,13	0,13	0,27	0,27	0,09	0,09	Eutrofia fría	Ramírez &Viña, 1998
12	<i>Melosiras p3.</i>	X			0,84	0,84	0,13	0,13	0,27	0,27	0,09	0,09	Eutrofia fría	Ramírez &Viña, 1998
13	<i>Microsystis sp.</i>			X	0,84	0,84	0,13	0,13	0,27	0,27	0,09	0,09	Eutrofia fría	Duque &Donato, 1992
14	<i>Mougeotias p.</i>	X			0	1,00	0,01	0,65	0,00	1,00	0,0	0,94	Mesoeutrofia fría	Ramírez &Viña, 1998
15	<i>Naviculas p.</i>	X	X	X	1	0,01	0,01	0,85	0,00	1,00	0,0	0,64	Mesoeutrofia fría	Duque &Donato, 1992
16	<i>Oscillatorias p1.</i>	X			0	1,00	0,00	0,65	0,00	1,00	0,0	3,17	Sedimento y conductividad altos	Duque &Donato,1992
17	<i>Oscillatorias p.</i>	X		X	0	0,91	0,04	0,61	0,00	1,00	0,0	0,94	Sedimento y conductividad altos	Duque &Donato,1992
18	<i>Pinnularias p.</i>	X	X	X	0,01	0,75	0,07	0,78	0,00	1,00	0,03	2,14	Oligotrofia fría	Duque &Donato, 1992
19	<i>Schizomeris sp.</i>		X		0,0	1	0,05	0,61	0,00	1,0	0,00	2,48	Mesoeutrofia fría	Ramírez &Viña, 1998
20	<i>Tabellarias flocculosas.</i>	X	X	X	0,0	1,00	0,02	0,78	0,00	1,00	0,0	4,98	Mesoeutrofia fría	Duque &Donato, 1992
21	<i>Ulothrix sp1</i>	X	X		0,04	0,53	0,06	0,59	0,00	0,25	0,11	0,30	Mesoeutrofia fría	Ramirez &Viña, 1998
22	<i>Ulothrix sp2</i>		X		0,04	0,53	0,06	0,59	0,00	0,25	0,11	0,30	Mesoeutrofia fría	Ramírez &Viña, 1998
23	<i>Ulothrix sp3</i>		X		0,04	0,53	0,06	0,59	0,00	0,25	0,11	0,30	Mesoeutrofia fría	Ramírez &Viña, 1998
24	<i>Vaucherias p.</i>		X		0,01	0,75	0,07	0,78	0,00	1,00	0,03	2,14	Oligotrófica	Duque &Donato, 1992

8.3 Índice lotico de capacidad ambiental general (ILCAG). Se realizaron mediciones de caudal en tres sitios monitoreo, con el fin de determinar el Índice Lotico de Capacidad Ambiental General, que consiste en la capacidad carga del sistema basado en sus niveles de su caudal, este método es propuesto por Ramírez &Viña (1998). Encontramos un caudal promedio para el sitio 1 correspondiente a niveles de 3,1 m³/s, para el sitio 2 con valores de 2,2 m³/s y en el sitio 3 con 0,8 m³/s.

Figura 36. Caudal monitoreado en los sitios de muestreo.

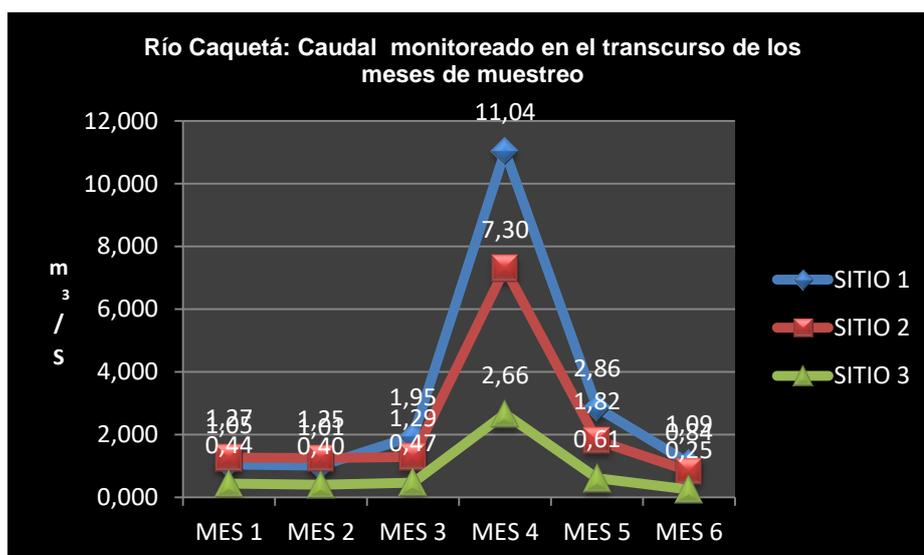


Tabla 12. Índice lotico de capacidad ambiental general. Ramírez &Viña (1998).

	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
SITO 1	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Baja
SITO 2	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Muy baja
SITO 3	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Baja	Muy baja	Muy baja

La capacidad ambiental de la cuenca en los tres sitios de muestreo es baja o muy baja durante meses de monitoreo, lo que implica una escasa tolerancia a las perturbación ambientales presentes en el sistema, debido principalmente a que el caudal de dilución es mínimo y depende principalmente de la precipitación vertical y horizontal presente, en el mes 4 de abundante precipitación la capacidad ambiental aumenta a características media de

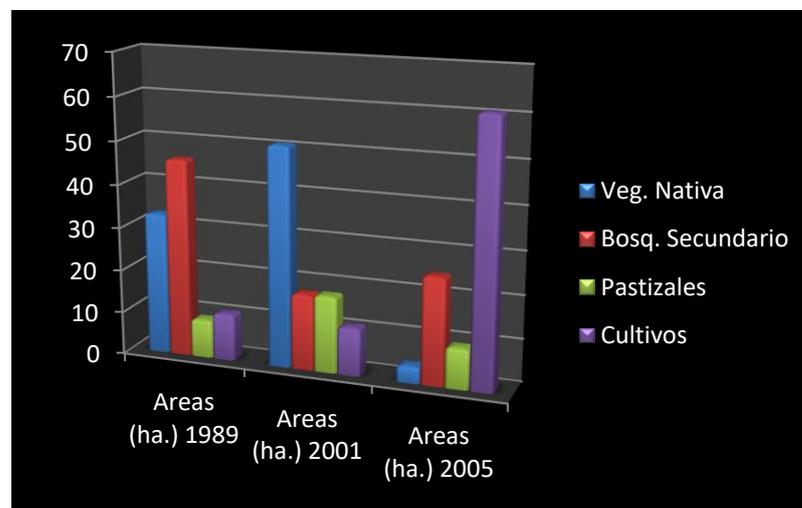
tolerancia ambiental, pero el promedio general es de una escasa capacidad de carga ambiental en la cuenca.

8.4. MODELACIÓN ESPACIO TEMPORAL CUALITATIVA DE LA COBERTURA VEGETAL.

En cuanto a la pérdida de la cobertura vegetal en el área de estudio en el periodo comprendido entre los años 1989 - 2005, encontramos que se presenta la desaparición aproximada de 4,019 hectáreas de Bosque nativo equivalente a un 29,6% de total de área en la Cuenca. El bosque secundario se redujo en 2,885 hectáreas representadas en un 21, 2%; en cuanto a los pastizales, se pasó de tener 1.211 hectáreas en 1989 a 1.287 en 2005, presentando un crecimiento de 0,56% o 76 hectáreas. La vegetación baja (cultivos, zonas intervenidas o pasturas degradadas) aumentó en 6.828 hectáreas correspondiente a un 50,3% del total de la cuenca.

El crecimiento observado en la vegetación de altura media en la década de los noventa, se relacionó con la disminución de las actividades agropecuarias por factores relacionados con el orden público en la zona. Igualmente, se encontró que en la zona se realizaron aspersiones con glifosato en cultivos ilícitos de amapola, lo que seguramente generó impactos ambientales en el área. Con la instalación del batallón de alta montaña a inicios del año 2002 se reactivó la inversión en las actividades, generando un incremento en la tasa de cambio de coberturas y en uso del suelo, consolidándose el modelo agropecuario representado en los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) y pasturas dominadas por el pasto Kikuyo y la falsa poa con el fin de estimular la crianza de ganado normando para la ceba bajo un esquema de concentración de la tierra.

Figura 37. Comportamiento de las coberturas vegetales en el período (1989 - 2005) en la cuenca alta río Caquetá.



En el periodo de estudio de 16 años observamos, que los cultivos se han incrementaron en un 50,1 %, los pastizales en 0,56%, la vegetación nativa disminuyó en 29,1% y la vegetación secundaria en 21%, estos cambios en las coberturas vegetales se producen la ampliación de la frontera agropecuaria en la cuenca alta del río Caquetá.

Tabla 14. Modelación Espacio-Temporal de la cobertura vegetal y áreas (ha.) en la cuenca alta del río Caquetá.

Cobertura Vegetal	Áreas (ha.)	Áreas (ha.)	Áreas (ha.)
	1989	2001	2005
Vegetación Nativa	4,553.55	6,948	533.63
Vegetación características bosque secundario	6,299.1	2,672.97	3,414.71
Vegetación Altura Media (pastizales)	1,211.67	2,411.42	1,287.61
Vegetación Baja (cultivos, zonas intervenidas)	1,488.51	1,520.44	8,316.877
Total	13,552.83	13,552.83	13,552.83

Tabla 15. Modelación Espacio-Temporal de la cobertura vegetal y áreas (ha.) en la cuenca alta del río Caquetá.

Cobertura Vegetal	O	E	(O-E)	(O-E)2/E
Vegetación Nativa	4,553	533	4,020	15,8
Vegetación características bosque secundario	6,299	3,414	2,885	0,916
Vegetación Altura Media (pastizales)	1,211	1,287	-76	0,12
Vegetación Baja (cultivos, zonas intervenidas)	1,488	8,316	-6,828	9,1
Total	13,552.83	13,552.83	0	25,9

Figura 38. Coberturas vegetales presentes en el período 1989 en la cuenca alta río Caquetá.

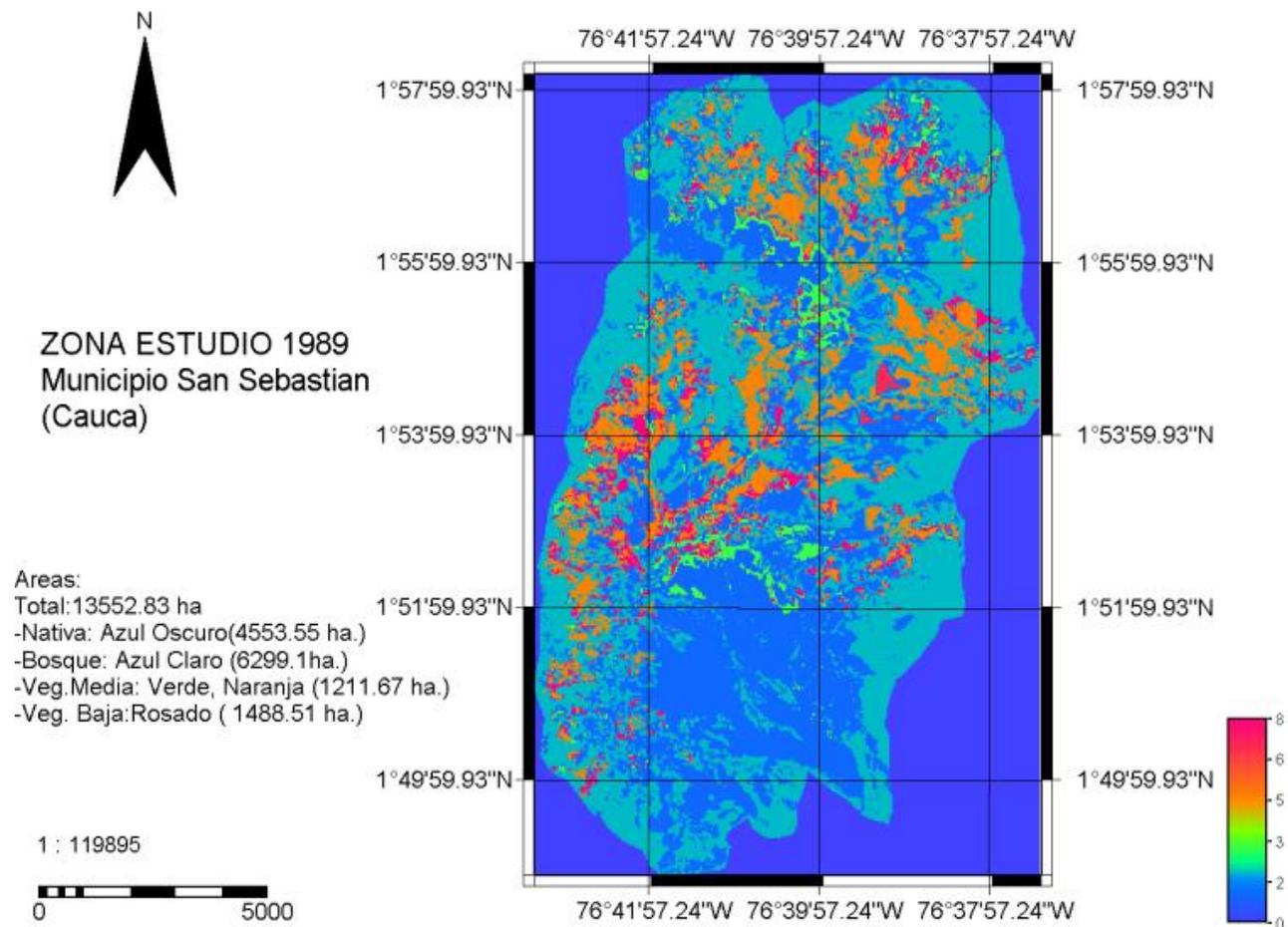


Figura 39. Coberturas vegetales presentes en el período 2001 en la cuenca alta río Caquetá.

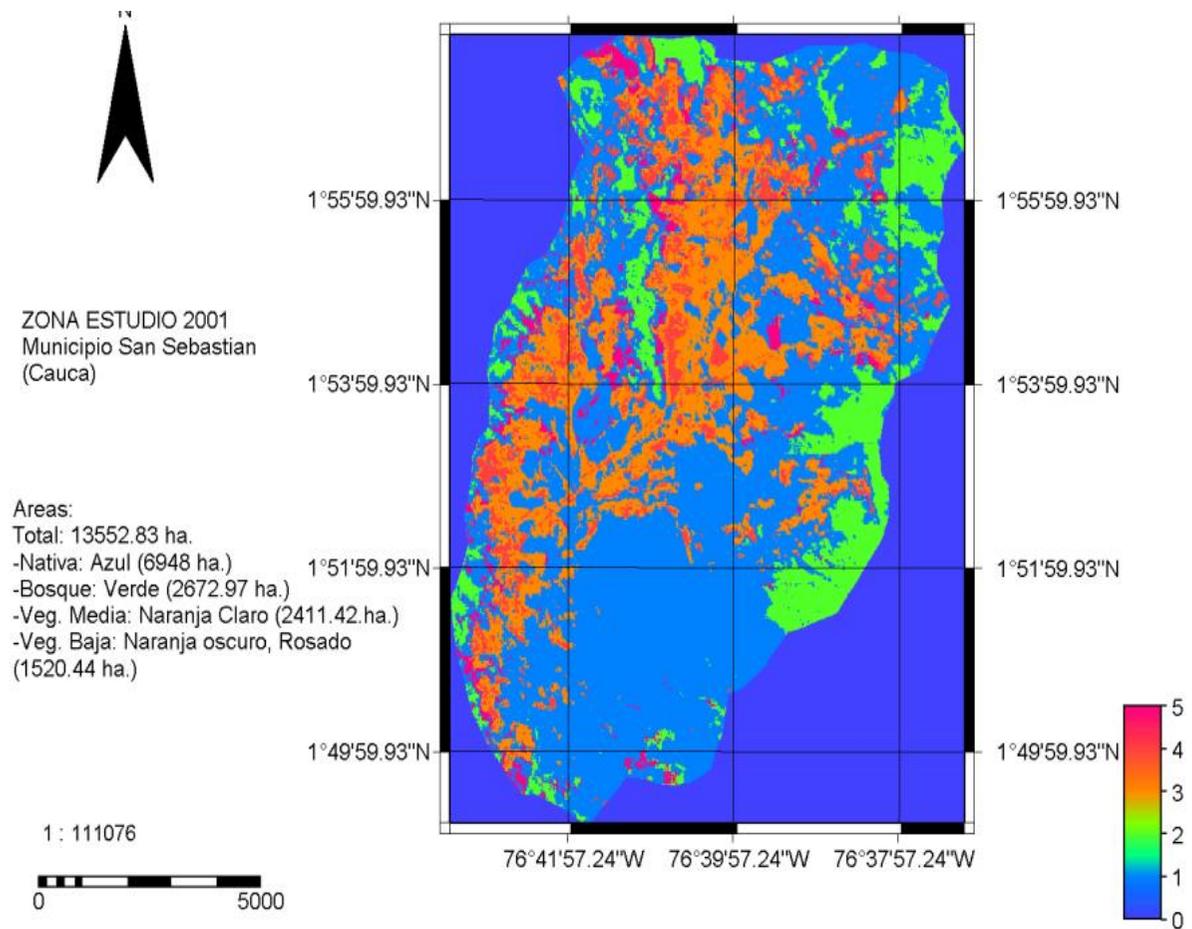
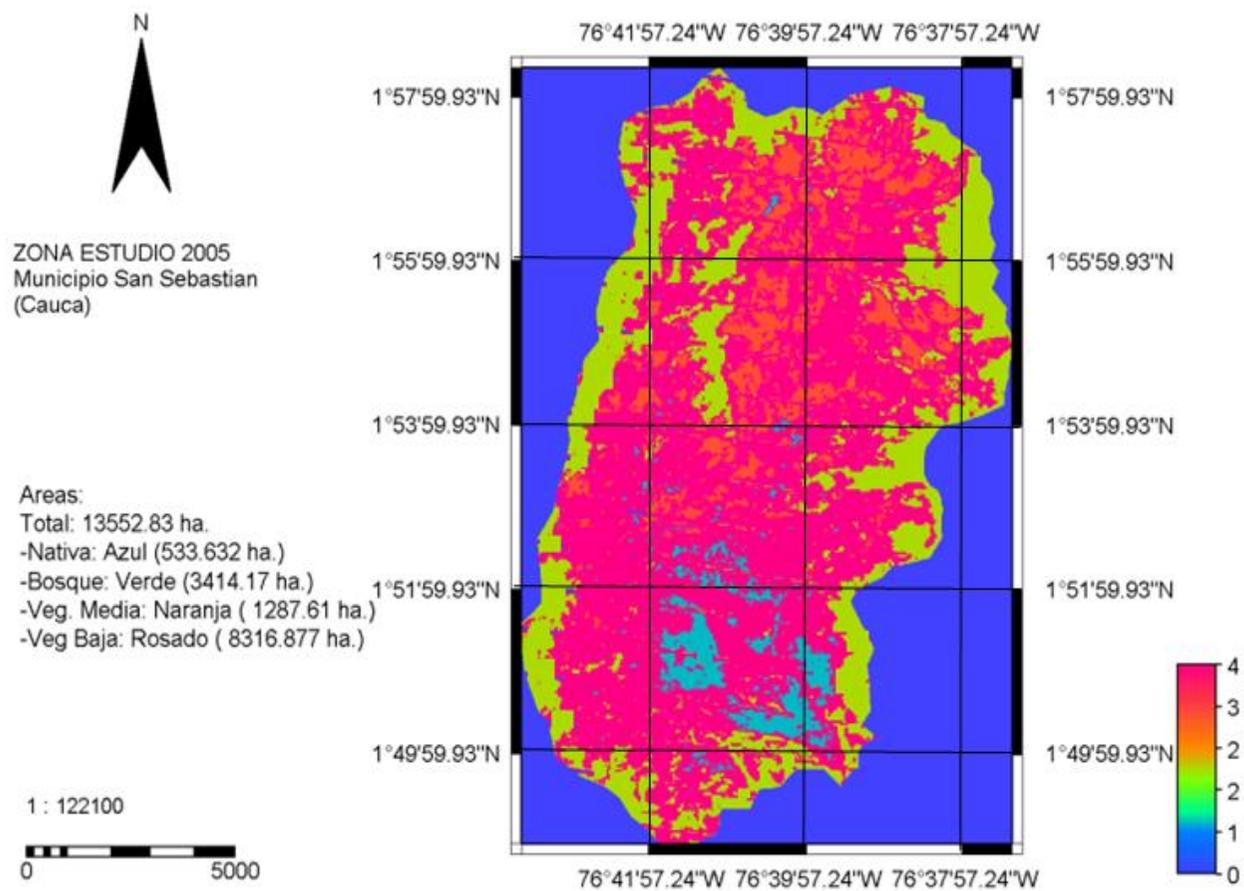


Figura 40. Coberturas vegetales presentes en el período 2005 en la cuenca alta río Caquetá.



8.5. CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN. En el sitio 1 encontramos 16 familias representadas en 27 especies, con hábitos rastreros y herbáceos como las familias Asteraceae, Juncaceae, Poaceae y Solanaceae. Estas nos indican que el ecosistema presenta un escenario de especies introducidas con fines agropecuarios en el caso de las familias Poaceae y Solanaceae con especies *Holcus lanatus L* y *Solanum asperolanatum R. & D* respectivamente. Las especies *Juncus effusus*, *Juncus cyperoides Laharpe* de la familia Juncaceae son colonizadoras de los humedales desecados o colmatados.

Figura 41. Sitio 1 de estudio ubicado en la cuenca alta río Caquetá.



En cuanto al sitio 2 es un ecosistema de pasturas homogéneas y vegetación rastrera presentándose 4 familias y ocho especies, el dominio de las poaceas es evidente en las especies como *Polypogon elongatus Kunth*, *Holcus lanatus L*, y *Bromus catharticus Vahl*. La vegetación riparia ha desaparecido.

Figura 42. Sitio 2 de estudio ubicado en la cuenca alta río Caquetá.



En el sitio 3 encontramos 11 familias correspondientes a 13 especies, con un mayor equitatividad en términos familias y especies; no se observaron poaceas

características de potreros y aumenta el porte y la biomasa de la vegetación ribereña presentando hábitos arbóreos y herbáceos.

Figura 43. Sito 2 de estudio ubicado en la cuenca alta río Caquetá.



El mayor número de especies vegetales fueron encontradas en el sitio 1, seguidas del sitio 3 y por último el sitio 2; pero la diversidad de especies vegetales del sitio 1 responden a especies de hábitos pioneros y sucesionales ya que el ecosistema presenta un mayor grado de intervención antrópica producto del cambio de coberturas.

Figura 44. Número de familias y especies vegetales presentes en los sitios de muestreo.

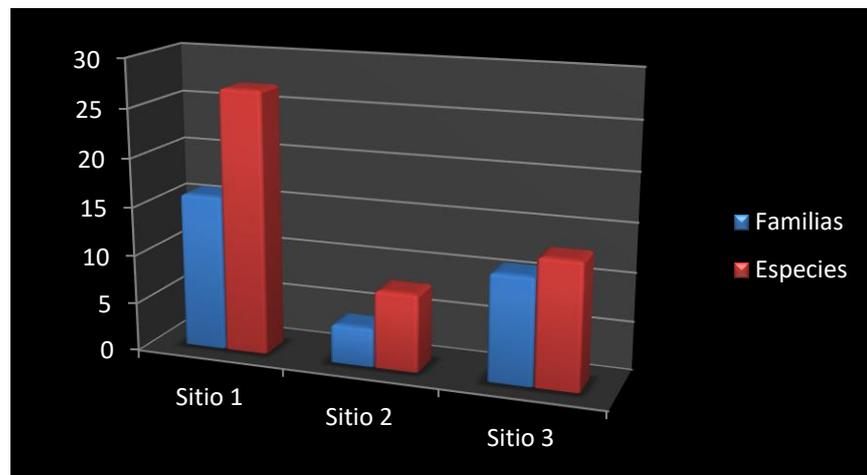


Tabla 16. Especies vegetales presentes en los sitios de muestreo en la cuenca alta del río Caquetá.

Sitios	Familias	Especies
1	Asteraceae	<i>Baccharis sp, Hypochaeris radicata L. F.</i>
	Berberidaceae	<i>Berberis sp.</i>
	Clusiaceae	<i>Hypericum sp1, Hypericum sp 2, Hypericum aciculare Kunth</i>
	Coriariaceae	<i>Coriaria ruscifolia L.</i>
	Cyperaceae	<i>Carex jamesonii Boot, Bulbostylis sp, Kyllingia pumila Michx.</i>
	Gunneraceae	<i>Gunnera pilosa Kunth.</i>
	Iridaceae	<i>Tritonia crocosmiflora Lam.</i>
	Juncaceae	<i>Juncus effusus, Juncus cyperoides Laharpe.</i>
	Melastomataceae	<i>Leandra sp, Brachyotum ledifolium (Desr.) TR</i>
	Oxalidaceae	<i>Oxalis sp.</i>
	Plantaginaceae	<i>Plantago australis Lam.</i>
		<i>Polypogon elongatus Kunth, Holcus lanatus L, Bromus catharticus Vahl,</i>
	Poaceae	<i>Agrotis sp.</i>
	Polygonaceae	<i>Polygonum punctatum Elliason.</i>
	Rosaceae	<i>Rubus boliviensis, Lachemilla sp, Lachemilla orbiculata (R & P) Rydb.</i>
	Solanaceae	<i>Solanum asperolanatum R. & D.</i>
Winteraceae	<i>Drymis granatensis</i>	
2	Asteraceae	<i>Baccharis sp, Hypochaeris radicata L. F.</i>
	Rosaceae	<i>Heperomeles ferruginea (Pers) Benth.</i>
	Cunnoniaceae	<i>Weinmannia sp.</i>
	Poaceae	<i>Polypogon elongatus Kunth, Holcus lanatus L, Bromus catharticus Vahl, Agrotis sp.</i>
3	Alstromeliaceae	<i>Bomarea andreana Baker.</i>
	Asteraceae	<i>Hypochaeris radicata L. F.</i>
	Brassicaceae	<i>Brassica rapa L.</i>
	Clusiaceae	<i>Hypericum jussieui Planch & Linden.</i>
	Cunnoniaceae	<i>Weinmannia reticulata Ruiz & Pav.</i>
	Ericaceae	<i>Disterisma dumontii Luteyn, Psammisia sp.</i>
	Geraniaceae	<i>Geranium caucence R. Kunth.</i>
	Iridaceae	<i>Sisyrinchium sp.</i>
	Melastomataceae	<i>Axinea sp, Leandra sp.</i>
	Onagraceae	<i>Fuchsia sp.</i>
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata L.</i>	

Los regímenes de disturbio producen una compleja red de interacciones en las cuales el fuego, la introducción de especies vegetales y animales, el pastoreo, la herbívora y el pisoteo, como los gradientes topográficos, hídricos y de nutrientes pueden explicar el proceso de cambio de especies vegetales dominantes en el Bosque Alto Andino y Subpáramo.

La implementación de la tala y posterior quema, con el fin de eliminar la cobertura vegetal nativa, son prácticas culturales cotidianas en el corregimiento de Valencia. Estas actividades se realizan para la adecuación de la tierra y poder así darle un uso agropecuario. La utilización del fuego para ganadería en el paramo se hace sobre grandes extensiones sin ningún control. Estas quemas tienen lugar durante la época seca y son de tal magnitud que eliminan la cubierta vegetal, dejando al suelo totalmente desnudo, sujeto a resequedad, erosión y pérdida de nutrientes (Vargas, O. 1996, 1998).

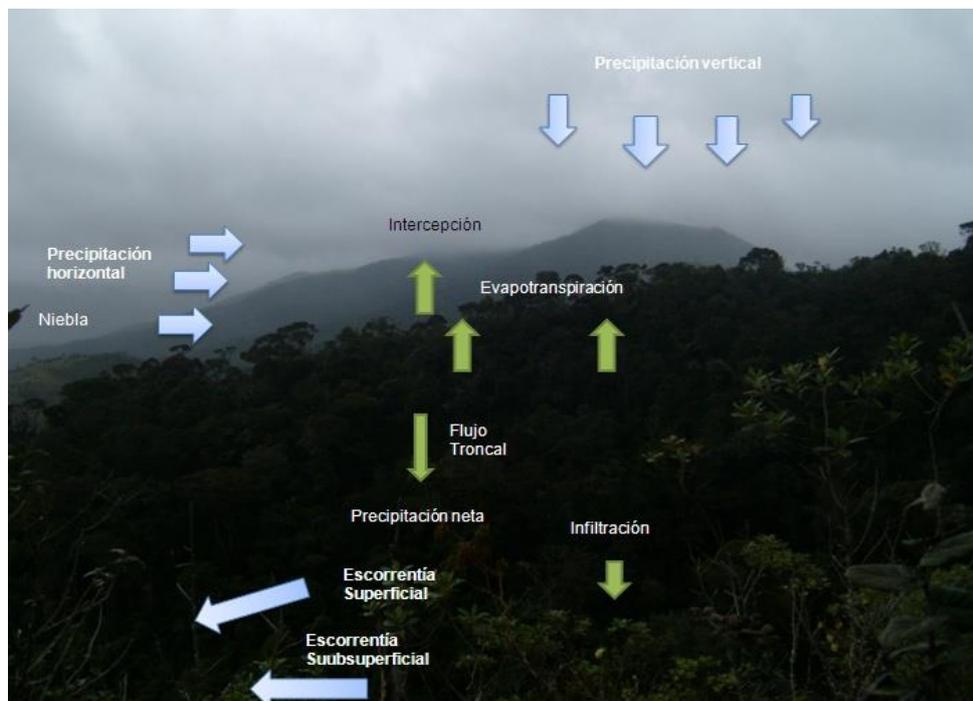
Estos impactos generan no solamente la pérdida de especies vegetales sino un cambio en la distribución espacial y proporción relativa de los compartimientos biomasa/necromasas en los ecosistemas, permiten inferir que los procesos fisiológicos y los procesos medioambientales que regulan el crecimiento de las plantas también están cambiando (Sarmiento, 1984). Además la introducción de especies como el *Holcus lanatus* y diferentes variedades de *Solanum tuberosum*, generan actividades impactantes asociadas en su manejo, como es el caso de la implementación de agroquímicos a lo largo de las dos cosechas anuales de papa, en cuanto a la ganadería, la demanda de madera con fines de desarrollar infraestructura pecuaria genera presión sobre los relictos de bosque, la herbívora y el pisoteo afecta y elimina plántulas y especies erectas de bajo porte. En síntesis los efectos directos se relacionan con daños selectivos a plantas individuales por herbívora y pisoteo. A mediano y largo plazo ocurren cambios en las comunidades de plantas y animales, perturbaciones en el suelo y en los procesos hídricos, lo cual tiene consecuencias sobre la disponibilidad de recursos y hábitats para la biota nativa (Landsberg et al. 1999).

Figura 45. Bosque alto andino presente en la zona de amortiguación del P.N.N Puracé en el corregimiento de Valencia.



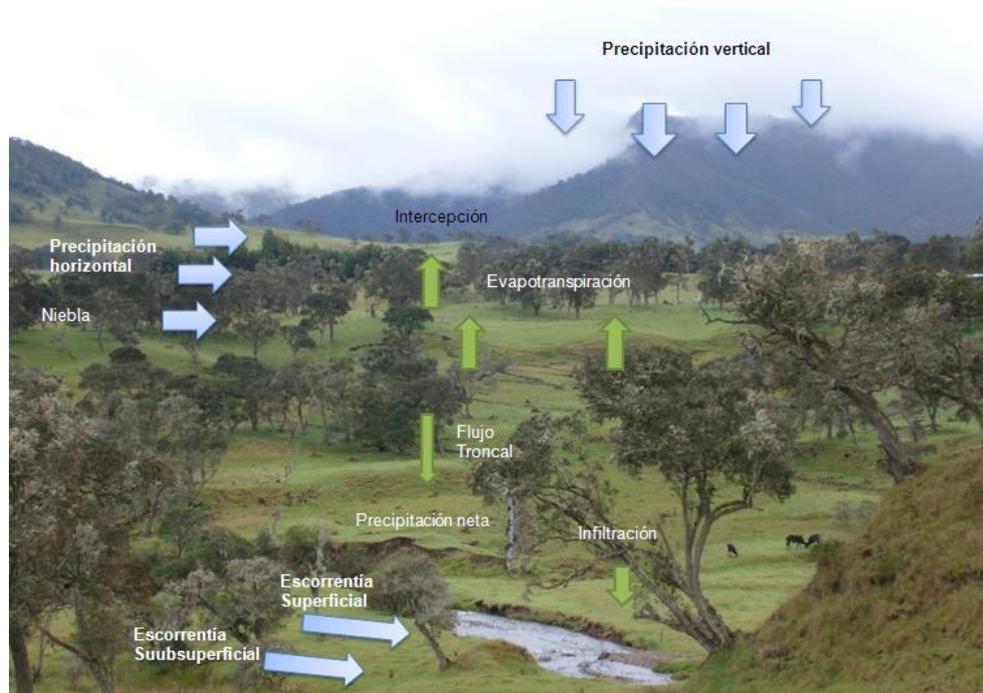
Los bosques alto-andinos son ampliamente conocidos como ecosistemas reguladores de caudal con un alto rendimiento hídrico. (Tobon y Arroyave, 2007; Attaroff y Rada, 2000; Cavalier, 1991; Cavalier y Goldtein, 1989). Ayudan especialmente a controlar y mantener los flujos de agua durante los periodos secos, lo que los hace de una singular importancia hidrológica en el trópico (Bruijnzeel, 2006). El ciclo hidrológico de los bosques alto andinos presenta una entrada principal de agua al sistema de la Cuenca en diferentes formas precipitación vertical y horizontal que son transportada por los vientos. Adicionalmente la interceptación de la niebla por la vegetación, precipitación neta dentro del bosque que es la fracción de agua que llega realmente a la superficie del suelo; estas características le dan una particularidad de la dinámica hídrica radica principalmente en el aporte adicional al balance hídrico de la Cuenca ya sea por la captación de la precipitación horizontal y la niebla generada por la condensación del agua gracias a factores como la altura y temperatura ambiente, el papel desempeñado por la vegetación en la captación de la misma lo constituye la presencia de estructuras vegetales del Bosque achaparrado, epifitas, musgos, líquenes y el suelo, permitiendo la disminución de la transpiración y liberación del agua en periodos de aumento de la temperatura y menor precipitación. Igualmente, es bien conocido el papel que desempeñan estos bosques de montaña en el control de la erosión y en la calidad de las aguas (Ataroff y Rada, 2000).

Figura 46. Ciclo hidrológico del bosque alto andino presente en la cuenca alta del río Caquetá.



Cuando desaparece el Bosque Alto Andino, la función ecológica de la vegetación en el balance hídrico desaparece, generando un aumento de la escorrentía superficial causado por la disminución en la percolación y el flujo subsuperficial, este genera una mayor capacidad de arrastre aumentando la erosión en las pendientes y aumentos espontáneos del caudal, factores como el pisoteo del ganado acrecienta este fenómeno y desequilibra los procesos hídricos naturales del suelo; a su vez determinan cambios en las abundancias relativas de las especies vegetales de hábitos rastreros como musgos y ciperáceas y herbáceas, especies pioneras en proceso de sucesiones vegetales debido a esto cambian la estructura vertical y horizontal de la comunidad y alteran los valores de la relación biomasa asimilatoria/necromasa. Características como la abundante acumulación de necromasa en pie y de carbono y nitrógeno en la materia orgánica del suelo hacen del ecosistema páramo un gran sumidero de nutrientes y energía. Cuando está sometido a fuego y pastoreo sufre transformaciones en los compartimientos funcionales de biomasa asimilatoria y necromasa. La producción biomasa asimilatoria area/necromasa aumenta con consecuencias para la reserva de nutrientes y carbono (Hosfetede 1995).

Figura 47. Alteración del ciclo hidrológico del bosque alto andino presente en la cuenca alta del río Caquetá.



La alteración de los límites y rangos altitudinales en el Macizo colombiano se debe a la fragmentación de las coberturas vegetales causadas por el proceso de sabanización del Bosque Alto Andino por una matriz de gramíneas y monocultivos de papa que traen como consecuencia cambios en la abundancia de especies vegetales, cambios en la sincronización de eventos fenológicos (reproducción temprana, migraciones tardías), cambios en la morfología (tamaño corporal) y cambios en la composición de las comunidades y las interacciones bióticas ya que la fauna depende del recurso alimenticio proporcionado por el Bosque Alto Andino.

La creciente ampliación de la frontera agropecuaria en el corregimiento de Valencia se debe a factores como la disminución de la productividad de las tierras y que las pasturas de kikuyo establecidas por muchos años y manejadas intensivamente se degradan y pierden capacidad de producción de forraje por el «acolchonamiento» del pasto y la baja fertilidad del suelo donde crece, presentando recuperación lenta e invasión de malezas (Hernández, 1992).

Cabe resaltar que los bosques andinos presentan una alta sensibilidad al patrón espacial de fragmentación. Se presentan en los fragmentos alteraciones microclimáticas, pérdida de nutrientes en el suelo y de biodiversidad (Kattan *et al.*, 1994, Kattan & Alvarez, 1996, Rengifo, 1999). Los biomas o ecosistemas de montaña son muy sensibles a la inestabilidad climática. Durante el período glacial por ejemplo, como respuesta al cambio de temperatura y precipitación, se produjo un cambio en la distribución altitudinal de los biomas. Los diferentes requerimientos fisiológicos en relación con la disponibilidad del dióxido de carbono en la atmósfera, produjeron además cambios en la dominancia de las especies con patrones de fotosíntesis C3 y C4 (Hooghiemstra *et al.*, 2000).

Debido a todas estas alteraciones sobre las comunidades vegetales por el modelo agropecuario encontramos que especies introducidas como el *Rumex acetosella* se convierte en un especie dominante al finalizar el ciclo agrícola de la papa y empezar el pecuario; su control se realiza por extracción mecánica o con el uso de agroquímicos, acrecentando problemas como eliminación de especies rastreras y herbáceas y contaminando el suelo y las fuentes hídricas.

8.6. CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA.

Se relaciona a continuación la lista de especies observadas (información primaria) y reportadas (información secundaria) para diferentes grupos faunísticos en la región.

La tabla 15 relaciona las aves reportadas para el PNN Puracé; se indica además el biotopo o ambiente más frecuente en que las aves fueron observadas durante el período de estudio. A: Laguna B: Bosque Achaparrado C: Frailejón, matorral y pajónal. Cuadro adaptado de Riffo & Villarreal, 2000, Montezuma, 2009.

Tabla 17. Listado de aves presentes en el P.N.N. Puracé. (Montezuma, M, 2009)

ORDEN/especie	Nombre local	Familia	Biotopo		
			A	B	C
FALCONIFORMES					
<i>Falco sparverius</i>	Halcón	Falconidae		*	*
<i>Phacoboenus carunculatus</i>	Curiquinga	Falconidae		*	*
<i>Buteo polyosoma</i>	Aguila	Accipitridae		*	*
STRINGIFORMES					
<i>Ciccaba albitarsus</i>	Coscongo	Stringidae		*	
ANCERIFORMES					
<i>Anas Flavirostris</i>	Pato	Anatidae	*		
PODICIPEDIFORMES					
<i>Podiceps occipitalis</i>	Pato	Podicipedidae	*		
CHARADRIFORMES					
<i>Tringa Melanoleuca</i>		Scolopacidae	*		
<i>Gallinago sp.</i>	Guchana	Scolopacidae	*		*
GALLIFORMES					
<i>Penélope montagnii</i>	Pava	Cracidae		*	
<i>Chamaepetes goudotii</i>	Pava	Cracidae		*	
TINAMIFORMES	Charchara	Tinamidae		*	
<i>Nothocercus julius</i>					
COLUMBIFORMES					
<i>Patagioenas fasciata</i>	Collareja	Columbidae		*	
PSITTACIFORMES					
<i>Leptositaca branickii</i>	Perico de páramo	Psittacidae		*	
<i>Bolborhinchus ferrugineifrons</i>	Cotorra	Psittacidae		*	
<i>Pionus selinioides</i>	Cotorra	Psittacidae		*	

APODIFORMES

<i>Streptoprogne zonaris</i>		Apodidae	*	*
<i>Heliangelus exortis</i>		Trochilidae	*	*
<i>Coeligena torquita</i>		Trochilidae	*	
<i>Coeligena lutetiae</i>		Trochilidae	*	
<i>Lafresnaya lafresnayi</i>		Trochilidae	*	
<i>Opisthoprora euryptera</i>		Trochilidae	*	
<i>Eriocnemis mosquera</i>		Trochilidae	*	*
<i>Eriocnemis derbyi</i>		Trochilidae	*	*
<i>Eriocnemis vestitas</i>		Trochilidae	*	*
<i>Metallura williami</i>		Trochilidae	*	*
<i>Metallura tyrinathina</i>		Trochilidae	*	*
<i>Chalcostigma herrani</i>		Trochilidae	*	
<i>Aglaeactis cupripennis</i>		Trochilidae	*	

PICIFORMES

<i>Andigena hypoglauca</i>	7 colores	Ramphastidae	*	
<i>Campephilus melanoleucos</i>	carpintero	Picidae	*	

TROGONIFORMES

<i>Trogón personatus</i>	Soledad	Trogonidae	*	
--------------------------	---------	------------	---	--

PASSERIFORMES

Sp. 1	Mulita	Dendrocolaptidae	*	
<i>Cyanolyca viridicyana</i>	quiquina	Corvidae	*	
<i>Grallaria quitensis</i>	Tororoi	Formicariidae	*	
<i>Grallaria rufula</i>	Tororoi	Formicariidae	*	
<i>Grallaria nuchalis</i>	Tororoi	Formicariidae	*	
<i>Cistothorus platensis</i>	Cucarachero	Troglodytidae	*	*

<i>Troglodytes solstitialis</i>	Cucarachero	Troglodytidae	*	*
<i>Scytalopus sp.</i>		Rhinocryptidae	*	
<i>Notiochelidon murina</i>	Golondrina	Hirundinidae	*	*
<i>Turdus fuscater</i>	Mirla	Turdidae	*	*
<i>Turdus serranus</i>	Mirla	Turdidae	*	*
<i>Urothraupis stolzmani</i>		Thraupidae	*	
<i>Anisognathus igniventris</i>		Thraupidae	*	
<i>Anisognathus lacrimosus</i>		Thraupidae	*	
<i>Iridosornis rufivertex</i>		Thraupidae	*	
<i>Chlorospingus sp.</i>		Thraupidae	*	
<i>Buthraupis montana</i>		Thraupidae	*	
<i>Butraupis wetmorei</i>		Thraupidae	*	*
<i>Tangara vassorii</i>	Azulejo	Thraupidae	*	*
<i>Pyrrhomyias cinnamomea</i>		Tyrannidae	*	*
<i>Myioborus ornatus</i>	monjita	Tyrannidae	*	
<i>Mecocerculus leucophrys</i>		Tyrannidae	*	
<i>Anairetes agilis</i>		Tyrannidae	*	
<i>Ochthoeca frontalis</i>		Tyrannidae	*	*
<i>Ochthoeca fumicolor</i>		Tyrannidae	*	*
<i>Ochthoeca rufipectoralis</i>		Tyrannidae	*	*
<i>Myiotheretes fumigatus</i>		Tyrannidae	*	*
<i>Pseudotriccus ruficeps</i>		Tyrannidae	*	
<i>Basileuterus nigrocristatus</i>		Parulidae	*	
<i>Atlapetes schistaceus</i>		Emberizidae	*	*
<i>Atlapetes pallidinucha</i>		Emberizidae	*	*
<i>Atlapetes torquatus</i>		Emberizidae	*	*
<i>Diglossa cyanea</i>		Coerebidae	*	*

<i>Diglossa albilatera</i>	Coerebidae	*	*
<i>Diglossa humeralis</i>	Coerebidae	*	*
<i>Conirostrum sitticolor</i>	Coerebidae	*	*
<i>Catamenia homochroa</i>	Fringillidae	*	*
<i>Carduelis spinescens</i>	Fringillidae	*	*
<i>Haplospiza rustica</i>	Fringillidae		*
<i>Phrygilus unicolor</i>	Fringillidae		*
<i>Schizoeaca fuliginosa</i>	Furnaridae	*	*
<i>Margarornis squamiger</i>	Furnaridae	*	
<i>Sinallaxis sp.</i>	Furnaridae	*	*
<i>Hellmayrea gularis</i>	Furnaridae	*	*

Tabla 18. Listado de especies de aves presentes en el P.N.N. Puracé y que muestran cierto grado de amenaza, según criterios de Birdlife y UICN.

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

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

Figura 48. 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.



Cuadro 9. Descripción de las especies de grandes mamíferos presentes en el P.N.N. Puracé. Montezuma. M, 2009.

ESPECIE	PARAJE	RASTRO	DESCRIPCIÓN DE HÁBITAT
OSO DE ANTEOJOS <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.	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 <i>genero 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 4º 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 25º.
	Orilla alrededor laguna 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 17º.
DANTA DE MONTAÑA <i>Tapirus pinchaque</i>	Área de humedal afluente a la laguna de la Magdalena, ubicada entre la cuchilla Las Tres Tulpas y	Se visualizan varios caminos con gran cantidad de huellas superpuestas.	Páramo, Pastizal; conectividad media con un bosque mediano cerca del humedal, cobertura del estrato arbustivo 20%; cobertura del estrato rasante 85%, el resto dominado por hepáticas y musgos; distancia a la laguna 500 m; pendiente suave de 6º aproximadamente.

		el cerro Vigías conocida como "Valle de las Dantas". 3470msnm.	
		Orilla alrededor laguna La Magdalena. 3467msnm	Varios Caminos con gran cantidad de huellas. 3473 msnm 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°.
VENADO CONEJO <i>Pudu mephistopheles</i>	Cuchilla las Tres Tulpas en dirección al cerro Vigías.	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.	La zona se caracterizó por ser un pajonal pequeño de conectividad nula, son algunos arbustos no mayores a 2 m. y muchas plantas herbáceas.
VENADO <i>Mazama spp.</i>	Orilla alrededor laguna La Magdalena. 3467msnm	Varios caminos de huellas. Altitud: 3470msnm.	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°.
PUMA O LION <i>Puma concolor</i>	Cuchilla "Las Tres Tulpas". 3515msnm	10 excretas de felino de color blancuzco por su rápida degradación, característico en felinos; Se encontraron a lo largo del filo de la cuchilla.	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.

Tabla 19. 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
Oso de anteojos	<i>Tremarctos ornatus</i>	VU
<i>Pudu mephistopheles</i> *	Venado conejo	NT
<i>Masama sp.</i>	Venado	
<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*):** Se encontraron varios caminos de este gran mamífero en el este ecosistema, las huellas se dirigen en ambas direcciones entre el camino nacional 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. Se encontró 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 se encontraron 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 genero *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 esta especie se encontraron 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 43).

Figura 49. 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”. Garras de *Tremarctos ornatus*. Fotos: Mario Montezuma.



Por los rastros que se observó 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.

- ***Tapirus pinchaque***: Se observaron gran cantidad de caminos con huellas en doble sentido alrededor de la orilla de la laguna de la Magdalena, en más cantidad del lado de la cuchilla Las Tres Tulpas, ya que de esta zona se encuentra varios caminos que descienden y ascienden a esta cuchilla. Se observa 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 50. Excremento de danta de montaña *Tapirus pinchaque* y un rastro de huellas (superpuestas). Fotos: Mario Montezuma.



- **Venados:** Se realizó 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. Se observaron caminos con rastros de huellas y heces fecales de venados del genero *Mazama spp.* ubicados a las orillas de la laguna.

Figura 51. Excremento de venado, posiblemente del género *Mazama*. Foto. Mario Montezuma



- **Puma o Lion (*Felis concolor*):** Se encontró 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.

Se encontraron también fragmentos de huesos que solo pudieron separarse como pertenecientes a mamíferos y de aves, se encontró una uña de ave que podría pertenecer a *Nothocercus julius*, un tinamú conocido en la zona como “Charchara” y las pezuñas de un venado, que por estudio comparativo se determinó que pertenecía a *Pudu mephistopheles*, conocido como venado conejo.

Figura 52. Restos de excretas de puma *Felis concolor*, se observa cascacos de venado y pelos pertenecientes a el mismo individuo y a otras especies. Fotos: Mario Montezuma, Ricardo García.



Figura 53. Fotos de la diversidad de mamíferos alto andinos presentes en el P.N.N. Puracé, se destacan *Tapirus pinchaque*, *felis concolor*, *Pudu mephistophiles*, *Tremarctos ornatus*, fotos: Andrés Hernández.



Tapirus pinchaque



Felis concolor



Pudu mephistophiles



Tremarctos ornatus

- **Anfibios:** Se realizaron búsquedas durante el día y la noche; sin embargo todos los especímenes fueron colectados en horas del día, en el que se presentaron condiciones climáticas con abundante y baja neblina, los individuos fueron encontrados todos en reposo bajo sustrato rocoso, a excepción de *Hyloscirtus tigrinus* que fue colectado mientras se desplazaba dentro de la Laguna de la Magdalena. Los resultados obtenidos de las colectas arrojaron especímenes solo pertenecientes al orden Anura o Salientia, es decir ranas y sapos por: Mario Montezuma (2009).

Tabla 20. Especies de anuros colectadas en el P.N.N. Puracé.

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	Sustrato donde se encontró el ejemplar	No. Ind.
LEPTODACTYLIDAE	Eleutherodactylus	Eleutherodactylus myersi (Goin & Cochran, 1963)	Bajo sustrato rocoso/hojarasca	4
LEPTODACTYLIDAE	Eleutherodactylus	Eleutherodactylus buckleyi (Boulenger, 1882)	Bajo sustrato rocoso/Barro	2
LEPTODACTYLIDAE	Eleutherodactylus	Eleutherodactylus orcesi (Lynch, 1972)	Bajo sustrato rocoso	4
LEPTODACTYLIDAE	Phrynopus	Phrynopus sp. (Peters, 1873)	Bajo sustrato rocoso/Barro	2
BUFONIDAE	Osornophryne	Osornophryne bufoniformis (Peracca, 1904)	Bajo sustrato rocoso/riachuelo	3
HYLIDAE	Hyloscirtus	Hyloscirtus tigrinus (Mueses-Cisneros & Anganoy-Criollo, 2008)	orilla de la laguna, límite suelo/agua	1

Todas estas especies de anfibios anteriormente mencionadas, no se observaron en los sitios de muestreo; se presupone una disminución poblacional producto de actividades como la desecación de humedales y empleo de agroquímicos que contaminan las fuentes hídricas afectando a estos organismos, factores exógenos como el cambio climático agudizan la situación de los anuros. No obstante, de estas especies se encuentran poblaciones en el área del P.N.N. Puracé, en áreas de conflicto por la tierra, especialmente en áreas de amortiguación, con campesinos e indígenas por la ampliación de la frontera agropecuaria.

Figura 54. Anuros encontrados en el ecosistema Laguna de la Magdalena.
Arriba. *Hyloscirtus tigrinus* (Mueses-Cisneros & Anganoy-Criollo, 2008) y *Eleutherodactylus orcesi* (Lynch, 1972). **Medio.** *Eleutherodactylus buckleyi* (Boulenger, 1882) y *Eleutherodactylus myersi* (Goin & Cochran, 1963). **Abajo:** *Phrynopus* sp. (Peters, 1873) y *Osornophryne bufoniformis*(Peracca, 1904).
 Fotos: Mario Montezuma.



8.7 Evaluación de Impacto ambiental (EIA).

Los impactos ambientales identificados en la lista de chequeo páginas 96 y 97, generan alteraciones en los diferentes componentes ambientales que conforman los ecosistemas de la cuenca alta del río Caquetá y son producto del modelo agropecuario que conjuga la actividad ganadera y la agrícola.

Para la ceba de ganado, se emplean en su mayoría individuos de la raza normanda. Según: FEDEGAN, 2009, hay un total de 3.409 semovientes en el municipio, ubicados en 245 predios, representados en 1,932 machos y 1, 134 hembras. En el caso de los machos la extracción comercial se realiza aproximadamente a los 36 meses, para suplir los mercados de Popayán y en menor escala a La Vega y San Sebastián.

En cuanto a lo agrícola, se concreta en monocultivos de las diferentes variedades de la especie de papa, *Solanum tuberosum*, que demanda la implementación de arado artesanal o mecánico al igual que el uso de una gran cantidad de agroquímicos, produciéndose dos cosechas anuales.

El ciclo agropecuario presenta una sucesión entre los cultivos de papa y ganadería que generalmente abarca cuatro cosechas de papa y un ciclo ganadero, aunque el mercado y el costo de los insumos agrícolas determinan la duración de los ciclos.

Las actividades pecuarias se manifiestan en acciones tales como: la tala, quema, introducción de gramíneas, demanda de madera para la construcción de infraestructura, compactación del suelo, erosión, selección por herviboría, apertura de vías terciarias, emisiones de gases de invernadero como el metano, desecación de humedales y contaminación de fuentes hídricas, en cuanto a la actividad agrícola implica adecuación de los suelos con arado mecánico o artesanal, construcción de canales para la desecación del suelo, uso constante de agroquímicos a lo largo de la cosecha, apertura de vías, en general las actividades asociadas al modelo agropecuario se convierten en fuertes tensores para la biodiversidad del ecosistema y sus implicaciones en la alteración de los componentes del paisaje se observa en los sitios monitoreados a lo largo de la cuenca alta del río Caquetá, como lo es la alteración de la estructura composición de las comunidades de macroinvertebrados, del balance hídrico, características físico química del agua en especial los altos niveles de nitratos y la modificación en la geomorfología del cauce.

Cuadro10. Descripción de la actividad ganadera y sus impactos sobre los componentes del paisaje.

ACTIVIDAD	DESCRIPCION	TIPOLOGIA IMPACTOS	DESCRIPCION EFECTOS
Ganadería	Desarrollo de zonas para el establecimiento de pasturas con fines de crianza de ganado normando de leche y carne; que implica tala, quema, introducción de especies vegetales y animales para la ampliación de la frontera agropecuaria en ecosistemas alto andino y subparamo de la cuenca alta del río Caquetá.	Negativos, directos, de mediana intensidad, que pueden potencializar otros impactos, tales como inestabilidad de taludes e incrementos de riesgos epidemiológicos para la fauna natural. La ganadería extensiva no permite la revegetalización con especies arbóreas o arbustivas ejerciendo una selección por herbívora y pisoteo, haciendo prácticamente irreversibles los impactos, que podrían ser mitigables bajo un manejo técnico silvo pastoril.	<p>Aire. Emisión de partículas, cambios en el microclima, alteración de los vientos superficiales y emisiones de CH₄ y CO₂.</p> <p>Tierra. Cambios en el uso del suelo y aumento en procesos erosivos, compactación e inestabilidad.</p> <p>Agua. Contaminación de fuentes de agua por vertimientos orgánicos e inorgánicos.</p> <p>Flora y Fauna. Destrucción de la cobertura vegetal natural, pérdida de hábitats para la vida silvestre, incremento en riesgos epidemiológicos, así como la pérdida de recursos biológicos y biodiversidad.</p> <p>Paisaje. Alteración de la calidad visual y ampliación de la cuenca visual por denudación del paisaje natural.</p> <p>Social. Disminución en el uso de mano de obra, disminución de recurso suelos y zonas agrícolas productoras, incremento en riesgos epidemiológicos y alteración de áreas de interés socio cultural.</p>

Cuadro11. Descripción de la actividad agrícola y sus impactos sobre los componentes del paisaje.

ACTIVIDAD	DESCRIPCION	TIPOLOGIA IMPACTOS	DESCRIPCION EFECTOS
Monocultivo de papa	Desarrollo de zonas para el establecimiento del monocultivo de la papa, que implica la tala, quema, arado mecánico e introducción de especies vegetales para la ampliación de la frontera agrícola presentándose en ecosistemas alto andino y subparamo de la cuenca alta del río Caquetá.	Negativos, directos, de mediana intensidad, que pueden potencializar otros impactos, tales como pérdida de biodiversidad, introducción de especies vegetales, destrucción de la cobertura vegetal, homogenización del paisaje, inestabilidad de taludes, compactación del suelo, contaminación por lixiviados inorgánico generados por el constante uso del agroquímicos a largo del monocultivo de papa.	<p>Aire. Emisión de partículas, cambios en el microclima, alteración de los vientos superficiales y emisiones de CO₂.</p> <p>Tierra. Cambios en el uso del suelo y aumento en procesos erosivos y de compactación e inestabilidad por el arado mecánico.</p> <p>Agua. Contaminación de fuentes de agua por lixiviado inorgánico producto del uso de agroquímicos.</p> <p>Flora y Fauna. Destrucción de la cobertura vegetal natural, destrucción de hábitats para la vida silvestre, así como la pérdida de recursos biológicos y biodiversidad.</p> <p>Paisaje. Alteración de la calidad visual y ampliación de la cuenca visual por denudación del paisaje natural.</p> <p>Social. Disminución en el uso de mano de obra, disminución de recurso suelos y zonas agrícolas productoras, incremento en riesgos epidemiológicos y alteración de áreas de interés socio cultural.</p>

Cuadro 12. Determinación y ponderación de variables ambientales en la cuenca del río Caquetá.

Sub-sistemas	Componentes	Causas	Posibles impactos	Efecto						
				Reversibilidad		Recuperabilidad		Tipo de efecto		
				R	I	CP	MP	LP	D	I
A B I O T I C O S	Agua	-Vertimiento de aguas residuales.	-Alteración de las características físico químicas y biológicas.				X		X	
		- Descarga de agroquímicos por efecto de la escorrentía superficial.	-Alteración del balance hídrico.	X				X		X
		-Extracción del material aluvial.	-Aumento en el aporte de material de arrastre.	X			X		X	
		-Presencia de residuos sólidos.	-Aumento en los niveles de sedimentación.	X			X		X	
		-Alteración de la geomorfología del cauce.	-Cambios en la temperatura y humedad del suelo.	X				X		X
		-Transformación de la zona riparia.	-Incremento de arrastre de sedimentos por la escorrentía superficial.	X				X	X	
	Suelo	-Deforestación.	-Disminución de la fertilidad del suelo.	X				X	X	
		-Fuertes pendientes.	- Compactación del suelo por la ganadería.	X				X	X	
		-Arado mecánico para la agricultura.	-Eliminación de la edafofauna por la implementación de agroquímicos.	X			X		X	X
		-Cambio en el uso de la tierra.	-Erosión hídrica y eólica.	X				X	X	
		-Implementación de modelo agropecuario y asentamientos humanos en la ribera.	-Acidificación.	X					X	X
			-Exposición, pérdida, modificación de horizontes.					X	X	X
			-Desgate de taludes					X	X	

**B
I
O
T
I
C
O

P
E
R
C
E
P
T
U
A
L

A
N
T
R
O
P
I
C
O**

Flora	-Alteración de la cobertura vegetal por actividades como la tala, quema y demanda de madera para combustión o construcción de infraestructura.	-Pérdida de la diversidad vegetal.	X	X	X		
	-Introducción de especies de gramíneas exóticas para la ganadería.	- Afectación de las especies alto andinas.	X	X	X		
	-Implementación de cultivos.	-Cambios en los procesos sucesionales.	x	x	x		
		-Destrucción del hábitat.	X	X		X	
		-Contribución al aumento de la erosión.	X	X		X	
		-Cambios en la relación evapotranspiración / humedad relativa.	X	X		X	
		-Cambios en la relación necromasa/biomasa.	X	X		X	
		-Alteración del balance hídrico.					
	Fauna	-Deforestación.	-Desplazamiento.	X	X	X	
		-Transformación de la cuenca como sistema.	- Pérdida de hábitat y nichos.	X	X		X
		-Colonización.	-Disminución de la diversidad.	X	X	X	
		-Uso de agroquímicos.					
Paisaje	-Deforestación.	-Alteración del patrón visual (estética).	X	X	X		
	-Cambio en las coberturas vegetales.	-Disminución del atractivo turístico.	X	X		X	
	- Cambio en el uso del suelo.	- Cambio en la estructura del paisaje.	X	X	X		
	-Alteraciones geomorfológicas.	-Homogenización del paisaje.	X	X			
Socio económico	-Presencia de asentamientos humanos sin planificación.	-Incremento en la demanda de recursos naturales y servicios ambientales.	X	X	X		
	-Realización de actividades agropecuarias.	-Contaminación.	X	X	X		
	- Participación comunitaria en cabildos indígenas o asociaciones campesinas.	-Erosión y producción de sedimentos.					
		-Remoción de la cobertura vegetal.	X	X	X		
		-Pérdida de la fertilidad y disminución en la producción.	X	X	X		
			X	X	X		

***Convenciones: R:** Reversible, **I:** Irreversible, **CP:** Corto plazo, **MP:** Mediano plazo, **D:** Directo e **I:** Indirecto.

8.7.1 Matriz de CIR. Para la expansión de la frontera agropecuaria cuenca alta del río Caquetá.

A C T I V I D A D E S	N O M I N A L										S U M A	C I R	
		10	9	8	7	6	5	4	3	2			1
1		1	0.5	0	0	0.5	1	0	1	0.5	X	4.5	10%
2		1	0.5	0	0	0.5	0	0	1	X	0.5	3,5	7.7%
3		1	0.5	0.5	0	0	0	0.5	X	0	0	2.5	5.5%
4		1	1	0	0	0	0	X	0.5	1	1	4.5	10%
5		1	1	0.5	1	0	X	1	1	1	0	6,5	14%
6		1	1	1	0.5	X	1	1	1	0.5	0.5	7.0	15.5%
7		1	1	1	X	0.5	0	1	1	1	1	7.0	15.5%
8		1	1	X	0	0	0.5	1	0.5	1	1	7,0	15.5%
9		1	X	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	2.5	5.5%
NOMINAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
TOTAL												45	100%

Componentes y efectos del Ecosistema estudiado

1. Contaminación de cuerpos de agua.
2. Alteración del balance hídrico.
3. Alteración del paisaje.
4. Alteración del bosque riparios.
5. Inestabilidad del suelo.
6. Alteración de los ciclos biogeoquímicos.
7. Asentamientos humanos.
8. Calidad de aguas superficiales.
9. Alteración de las comunidades de Macroinvertebrados.

8.7.2 Matriz FEARO. Para la expansión de la frontera agropecuaria.

COMPONENTES ACTIVIDADES			A	C	D	D	Q	E	I	I	S	G	E	
			P	O	E	E	U	R	N	N	E	E	N	M
			ERTURA - DE - VIAS - TERCIARIAS	NS TRUCCION - DE - ESTRUCCURAS	EMANDA - DE - MADERA	FORRESTACION - POR - TALA	UEMA - DE - LA - VEGETACION	EROSION - DEL - SUELO	INTRODUCCION - DE - GRAMINEAS	INTRODUCCION - DE - SEMOVIENTES	SELECCION - POR - HERBIVORIA	GENERACION - DE - LIXIVIADOS	EMISIONES - DE - CO ₂ - Y - CH ₄	
ABIOTICO	G	SUELO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ANARANJADO	ROJO	ANARANJADO	ROJO	ANARANJADO	
		GEOLOGIA	ROJO	ANARANJADO	ROJO	GRIS	ANARANJADO	ROJO	ANARANJADO	ANARANJADO	ROJO	GRIS	GRIS	
		GEOMORFOLOGIA	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO
	A	SUPERFICIAL	ANARANJADO	ANARANJADO	ROJO	ROJO	GRIS	ANARANJADO	GRIS	ROJO	GRIS	ROJO	ANARANJADO	ANARANJADO
		SUBTERRANEA	ANARANJADO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ANARANJADO	GRIS	ROJO	GRIS	ROJO	ROJO	ROJO
	A	AIRE (Composición)	ANARANJADO	ANARANJADO	ANARANJADO	ANARANJADO	ROJO	ANARANJADO	ROJO	ROJO	ANARANJADO	ANARANJADO	ANARANJADO	GRIS
		RUIDO	ROJO	ROJO	ANARANJADO	ANARANJADO	ANARANJADO	ANARANJADO	ROJO	BLANCO	ROJO	BLANCO	ROJO	ROJO
PAISAJE	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	
BIOTICO	V	COBERTURA VEGETAL	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ANARANJADO	ANARANJADO	
		DIVERSIDAD DE Sp.	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ANARANJADO	ANARANJADO	ROJO	ROJO	ANARANJADO	
	F	BIOINDICADORES	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ANARANJADO	ANARANJADO	ANARANJADO	ROJO	ROJO	GRIS
FAUNA	DIVERSIDAD	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	ANARANJADO	ANARANJADO	ROJO	ROJO	ROJO	ROJO	
ANTROPICO	EMPLEO		VERDE	AZUL	VERDE	VERDE	GRIS	VERDE	VERDE	AZUL	ANARANJADO	GRIS	GRIS	
	INGRESOS		VERDE	AZUL	VERDE	VERDE	GRIS	VERDE	VERDE	GRIS	VERDE	GRIS	GRIS	
	ACTIVIDADES COMERCIALES		VERDE	VERDE	AZUL	GRIS	GRIS	ANARANJADO	ANARANJADO	VERDE	GRIS	GRIS	GRIS	
	SALUD		ANARANJADO	ANARANJADO	ANARANJADO	ANARANJADO	ANARANJADO	ANARANJADO	ANARANJADO	ANARANJADO	ANARANJADO	ROJO	ROJO	

Convenciones

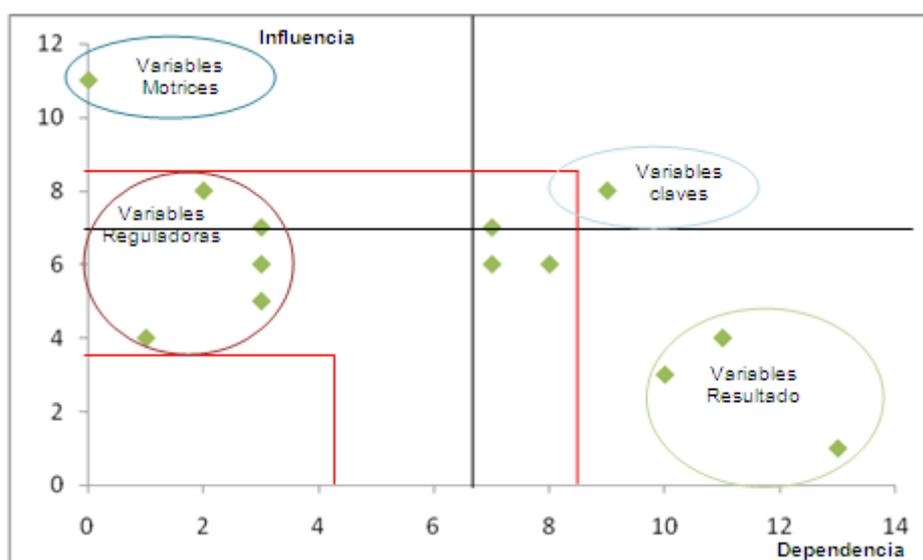
- **ROJO:** Significativamente Adverso
- **ANARANJADO:** Adverso
- **VERDE:** Benéfico
- **AZUL:** Significativamente Benéfico
- **BLANCO:** No impacto
- **GRIS:** Falta Información

Cuadro 13. Determinación de variables influyentes y dependientes en la cuenca del río Caquetá.

MATRIZ DE INFLUENCIA /DEPENDENCIAS	INFLUENCIAS														DΣ	Grado de Dependencias SD/S	
	Vertimiento de aguas residuales.	Vertimiento de agroquímicos.	Vertimiento de residuos sólidos.	Alteraciones en las Características Físico químicas del agua.	Deforestación.	Cambios en las Comunidades bióticas.	Explotación agropecuaria.	Procesos erosivos.	Arrastre de sedimentos	Afectación en la composición y estructura del suelo.	Pendientes abruptas.	Prácticas agrícolas y ganaderas.	Organización y participación comunitaria.	Características del paisaje			
DEPENDENCIAS	XX	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	GD
Vertimiento de aguas residuales.	01	01	X						X					X		3	0.75
Vertimiento de agroquímicos.	02		02					X					X	X		3	0.6
Vertimiento de residuos sólidos.	03			03										X		1	0.25
Alteraciones en las características físico químicas del agua.	04	x	x	X	04								X	X		10	3.33
Cambios en las comunidades bióticas.	05	X	x	x	x	05		X	X	X	x		X	X		11	2.2
Deforestación.	06						06	X	X	X	X		X	X		2	0.42
Explotación agropecuaria.	07					X		07						X		2	0.37
Arrastre de sedimentos	08	X					X	x	08			X	X	X		7	1
Procesos erosivos.	09						x	X		09	X	X	X	X		7	0.77
Afectación en la composición y estructura del suelo.	10		x			x	x	X	x	x	10	X	X			8	1.33
Pendientes abruptas.	11						X				x	11				3	0.6
Prácticas agrícolas y ganaderas.	12		X	x	x	x			x	x	x	x	12	x	x	9	1.12
Organización y participación comunitaria.	13													13		0	0
Características del paisaje	14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	14	13	6.5
ΣI	15	4	6	4	3	4	7	7	7	6	6	5	8	11	1		

8.7.3 Matriz de Influencia y Dependencia. Para esta matriz se analizaron un número de variables influyentes y dependientes que se relacionan entre si (Cuadro 11), que permite evaluar de forma cualitativa las actividades más impactantes sobre el sistema hídrico de la cuenca alta del río Caquetá, y las que tiene un mayor grado de dependencia (entre 2 y 6), como lo son la calidad del paisaje , alteraciones de la físico química del agua y alteración de las comunidades bióticas, para las variables con un menor grado de dependencia pero que al igual no dejan de tener relevancia , estas están dadas por el vertimiento de aguas residuales , agroquímicos, residuos sólidos; organización comunitaria, deforestación y actividades agropecuarias.

Figura 55. Plano de influencia y dependencia.



La figura 49, agrupa las variables en el diagrama del plano de Influencia y Dependencia en diferentes clases establecidas.

- **Variables motrices:** Son variables indicadoras de una mayor influencia que inciden en el sistema, en este caso es la organización y participación comunitaria que ejerce un gran impacto sobre la cuenca.
- **Variables claves:** Son las prácticas asociadas al modelo agropecuario es una variable que aplica en este rango debido a que es muy motriz y muy dependiente, esta incide directamente sobre la situación del sistema.
- **Variables reguladoras:** Tienen un comportamiento medianamente influyente y/o dependientes, que al tiempo generan efectos en la respuesta de otras variables, se consideró las siguientes actividades: Deforestación, vertimiento de aguas residuales, uso de agroquímicos y residuos sólidos, arrastre de sedimentos, erosión, fuertes pendientes y alteración en la estructura del suelo.

9. CONCLUSIONES

Los cambios en las coberturas vegetales en el bosque alto andino del corregimiento de Valencia en el municipio de San Sebastián, se asocian a las actividades del modelo agropecuario, que implica la tala, quema, introducción de especies vegetales y animales, uso agroquímicos, vertimientos e impactos asociados que generan alteraciones directas e indirectas en todos los componentes del paisaje de la cuenca alta del río Caquetá, comprometiendo el balance hídrico de la cuenca y las características físico químicas y biológicas del cauce.

Las características físico químicas del río Caquetá en los tres sitios de muestreo, no presentan diferencias significativas en un tramo de 7,3 Km. Sin embargo el bajo porcentaje de saturación de oxígeno, las altas concentraciones de iones de Ca^+ , NO_3^- y Cl^- se asociaron al uso del suelo en los alrededores y la cercanía del asentamiento humano de Valencia.

La pérdida de la cobertura vegetal en el periodo comprendido entre (1989-2005), se representa en la disminución de 4,020 ha. del bosque nativo, 2,885 (ha) en la Vegetación con características de bosque secundario y el aumento en 6,828 (ha) y 76(ha) de la Vegetación Baja (cultivos, zonas intervenidas) y Vegetación Altura Media (pastizales). La desaparición de la cobertura vegetal genera la disminución en los niveles de la percolación de la precipitación, aumentando la escorrentía superficial, sumado a los 27 drenajes presentes entre los sitios de monitoreo, aumentan drásticamente el caudal y el aporte alóctono de sedimentos, con el consecuente aumento en los valores de la conductividad y concentración de iones disueltos como ocurrió en mes de agosto.

En cuanto a los macroinvertebrados acuáticos, en el sitio 1, El Puente, se colectaron 552 individuos de macroinvertebrados acuáticos, correspondiente al 27,5% del total del material colectado, donde los órdenes Díptera, Haplótaxia, Coleóptera y Ephemeroptera fueron los que presentaron el mayor número de familias. En el sitio 2, El Porvenir, se encontró 688 especímenes, correspondiente a un 34,3% de los individuos obtenidos, donde los órdenes Diptera y Ephemeroptera presentan un mayor número de familias. Para el Sitio 3, Tamboras, se colectó un total de 761 individuos, constituyéndose en el sitio con mayor número de especímenes con un 38% de la muestra; se presentó una dominancia de las familias de los órdenes Díptera y Ephemeroptera.

En todos los sitios de muestreo el índice de diversidad de Shannon-Weaver es bajo. El índice biológico BMWP indica que para los sitios 1, 2 y presentan una calidad del agua aceptable con características medianamente contaminadas, determinando que la estructura y composición de las comunidades bentónicas presenta un comportamiento similar a través de 7Km monitoreados y para el sitio 3 presenta una mejor puntuación, evidenciando que los tensores provenientes de las actividades agropecuarias tiene unos niveles de impacto sobre el área de influencia de la cuenca.

No se observa una diferencia significativamente estadística entre los sitios de monitoreo pero a través de la bioindicación se demuestra la abundancia de géneros de macroinvertebrados con características eutróficas corresponde a los sitios 1 y 2 que dominan claramente la población especialmente las familias del orden Díptera, con relación al sitio 3 la presencia de género *Anchitarsus* del orden coleóptera y al abundancia de individuos de los órdenes Trichoptera y Ephemeroptera demuestran una mejor calidad biológica, llama la atención la ausencia del orden Plecóptera en todos los sitios de muestreo evidenciando la clara alteración de las condiciones físico químicas y biológicas del cauce por las actividades relacionadas con el modelo agropecuario.

La bioindicación con perifiton corrobora los resultados de los índices empleados en macroinvertebrados, estableciendo que la cuenca alta del río Caquetá sufre un proceso de degradación continua tanto espacial como temporal.

Las metodologías matriciales de evaluación de impacto ambiental arrojan para el caso de la matriz de CIR y FEARO coinciden que los componentes con un mayor grado de impacto por las actividades asociadas al modelo agropecuario son el agua, los ciclos biogeoquímicos, el suelo, la biodiversidad entendida en flora y fauna.

En cuanto a la matriz de influencia –dependencia se encontró variables de tipo matriz como es el caso de la organización y participación comunitaria que ejercen un grado cierto grado de presión sobre la cuenca, variables claves que son las prácticas asociadas al modelo agropecuario y variables reguladoras que tienen un comportamiento medianamente influyente y/o dependientes, que al tiempo generan efectos en la respuesta de otras variables, se consideró las siguientes actividades: Deforestación, vertimiento de aguas residuales, uso de agroquímicos y residuos sólidos, arrastre de sedimentos, erosión, fuertes pendientes y alteración en la estructura del suelo.

10. RECOMENDACIONES

Con respecto a la investigación realizada en la cuenca alta del río Caquetá y los resultados obtenidos se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Socializar este tipo de estudios a la comunidad campesina, indígena, autoridades municipales e instituciones gubernamentales para que tengan conocimiento de la problemática de la cuenca alta del río Caquetá.
- Construir escenarios participativos de capacitación en buenas prácticas agrícolas y tecnificación de las actividades agropecuarias a comunidad de corregimiento de Valencia.
- Concretar las acciones y estrategias que han sido formulados en los programas y proyectos encaminados al ordenamiento y gestión ambiental de la cuenca alta del río Caquetá, que conlleven a cabo acciones de conservación, protección y restauración de los ecosistemas alto andinos presentes en el área.

ANEXO 1. CONDICIONES CLIMATICAS.

Figura1. Valores anuales de la precipitación entre los periodos 1988-2007.

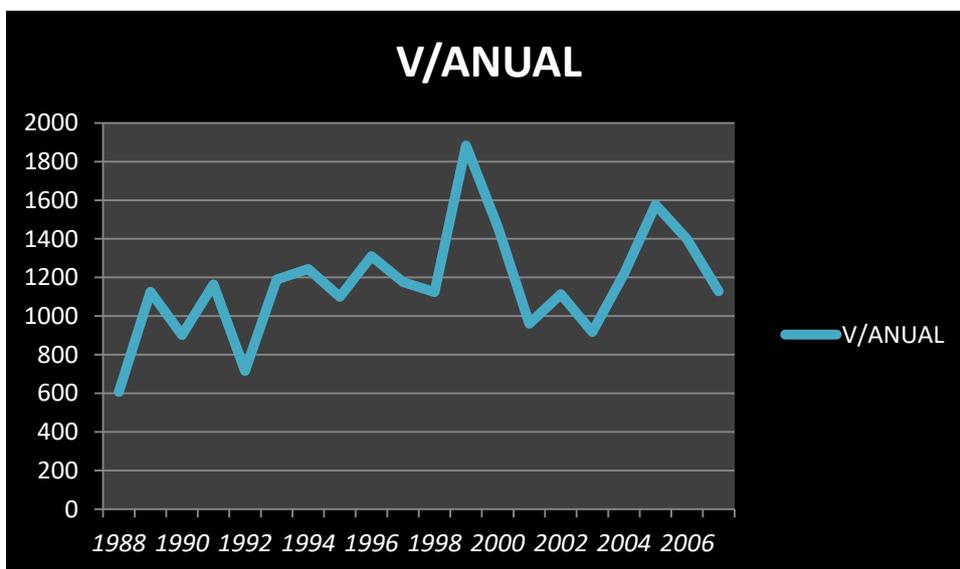
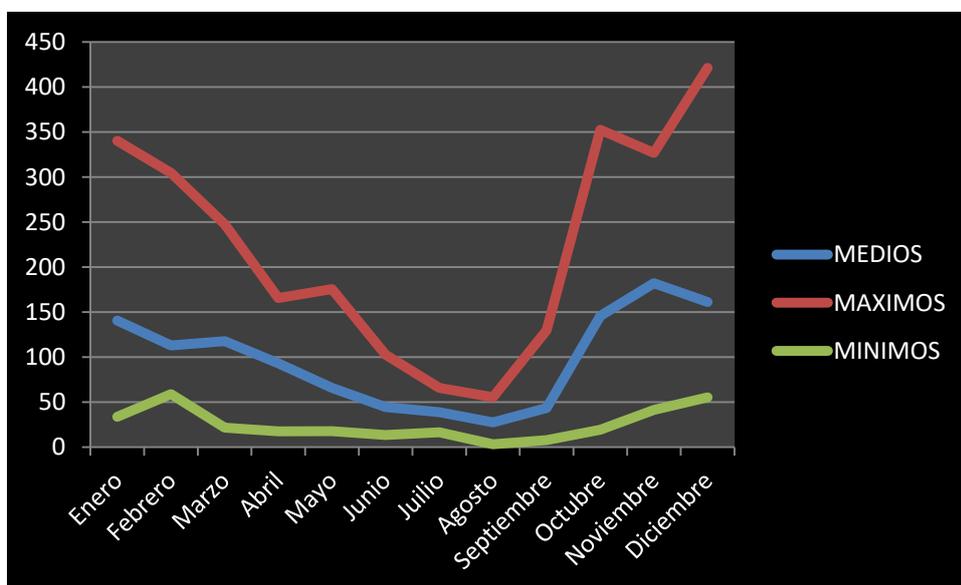


Figura2. Valores mensuales de la precipitación en el año 2007.



Cuadro 1. Precipitación Corregimiento de Valencia Municipio de San Sebastián periodo 1988-2007.

AÑO	ESTACION	ENT	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	V/ANUAL
1988	2	0.1		70.3	45.0	135.7	41.2	47.4	32.8	23.5	32.0	19.4	41.3	55.4	606.83
1989	2	0.1	101.8	70.18	183.0	44.43	69.9	38.3	32.7	9.6	30.3	99.13	119.5	326.8	1125.53
1990	2	0.1	83.93	205.0	60.0	68.1	46.3	32.2	40.9	39.3	10.3	106.7	110.5	98.5	901.73
1991	2	0.1	155.7	70.4	247.5	28.9	64.0	32.3	54.7	51.0	26.5	77.1	206.3	149.2	1163.6
1992	2	0.1	106.1	98.5	21.7	58.3	27.5	13.5	58.8	30.5	41.1	23.3	114.8	122.0	716.1
1993	2	0.1	48.9	135.5	173.1	70.9	126.1	31.5	25.1	19.3	23.8	169.1	268.1	98.1	1189.5
1994	2	0.1	228.4	68.8	68.8	112.0	53.1	19.4	16.6	31.4	122.8	147.8	186.5	137.7	1243.9
1995	2	0.1	57.6	81.4	119.4	137.4	90.5	26.0	25.1	20.8	27.5	127.7	295.7	109.4	1099.5
1996	2	0.1	271.5	93.9	100.4	64.2	108.8	48.0	58.8	25.8	20.2	203.9	100.9	178.4	1310.4
1997	2	0.1	340.2	59.0	136.0	59.2	23.1	88.7	65.39	19.3	72.0	129.0	166.0	73.8	1176.1
1998	1	0.1	33.7	100.0	79.9	17.7	175.6	28.1	33.5	31.2	7.8	136.3	326.8	132.9	1124.4
1999	1	0.1	285.0	265.7	100.8	81.1	67.6	47.7	17.2	27.4	129.8	131.5	279.8	421.3	1883.2
2000	1	0.1	268.5	304.6	129.1	103.3	80.9	41.5	48.3	26.6	114.3	112.3	142.1	99.7	1462.7
2002	1	0.1	100.2	100.5	120.6	40.6	77.0	35.8	30.4	55.5	40.3	73.0	224.1	96.3	960.1
2002	1	0.1	71.4	73.1	76.13	139.2	44.7	3	41.5	48.8	55.0	175.0	118.2	167.7	1113.4
2003	1	0.1	54.6	96.0	130.4	91.0	17.9	19.1	40.2	3.3	33.4	171.3	101.9	158.7	917.8
2004	1	0.1	176.3	93.0	67.5	165.6	79.0	33.8	50.2	14.6	29.8	172.2	186.9	149.3	1218.2
2005	1	0.1	183.2	130.23	122.1	129.9	54.6	27.2	28.8	9.3	38.0	306.3	270.9	276.4	1576.9
2006	1	0.1	146.4	82.0	213.1	159.0	22.2	101.5	56.2	13.2	8.1	182.5	202.8	210.6	1397.6
2007	1	0.1	0	61.8	142.0	156.83	46.3	75.6	19.5	50.4	9.2	352.5	178.4		1128.7
		MEDIOS	140.6	113.0	117.7	93.2	65.8	44.5	38.9	27.5	43.6	145.8	182.1	161.2	1173.9
		MAXIMOS	340.2	304.6	247.5	165.6	175.6	102.7	65.9	55.5	129.8	352.5	326.8	421.3	421.3
		MINIMOS	33.7	59.0	21.7	17.7	17.9	13.5	16.6	3.3	7.8	19.4	41.3	55.4	3.3

ANEXO 2. FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ENCONTRADOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAQUETÁ.

DÍPTERO



Tipula



Molophilus



Chironomus



Simulium



Allaudomyia



Chironomus

COLEOPTERA



Anchitarsus



Cylloepus



Atopsyche

TRICHOTERA

EPHEMEROPTERA



Baetodes



Camelobaetidios

HAPLOTAXIA



Aelosoma

CRUSTÁCEA

HIRUDINEA

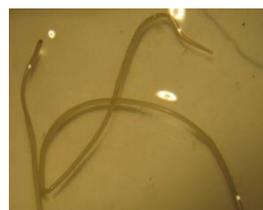
GORDOIDEA



Hyallega



Glossoponiformes



Gordius

ANEXO 3. REGISTRO FOTOGRAFICO DE LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS IMPACTANTES ENCONTRADAS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAQUETÁ.

Figura1. Actividades de deforestación en la cuenca del río Caquetá.



Figura 2. Deseccación de humedales.



Figura 3. Arado mecánico para establecer los cultivos de papa en el corregimiento de Valencia.



Figura 4. Establecimiento de canales de drenaje del suelo.



Figura 5. Aspersiòn de cultivos de papa con agroquimicos.



Figura 6. Empleo de agroquimicos para los cultivos de papa.



Figura 7. Compactación del suelo por pisoteo del ganado.



Figura 8. Acceso directo a las fuentes de agua por el ganado .

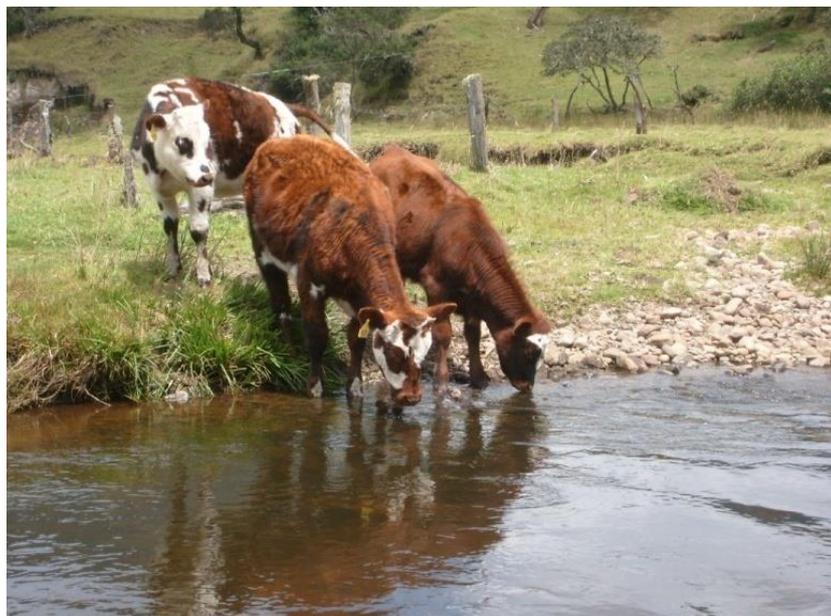


Figura 9. Demanada de madera para la construcción de infraestructura ganadera.



Figura10. Potrero ganadero alternado por cultivos de papa.



Figura11. Alteraciones geomorfológicas del cauce por la erosión de las riberas.



Figura 12. Mal manejo de los residuos sólidos en el corregimiento de Valencia.



Figura 13. Habitantes del corregimiento en actividades de cosecha del cultivo de papa.



Figura 14. Habitantes del corregimiento de Valencia .



ANEXO 4. ENCUESTA AGROPECUARIA APLICADA EN LA INVESTIGACIÓN

ENCUESTA AGROPECUARIA DEL CORREGIMIENTO DE VALENCIA
CARACTERIZACIÓN DE LAS PERTURBACIONES AMBIENTALES GENERADAS POR EL MODELO AGROPECUARIO EN LA CUENCA ALTA DEL RIO CAQUETA, ALTA
MONTAÑA ANDINA, MUNICIPIO DE SAN SEBASTIAN DEPARTAMENTO DEL CAUCA

Nombre: _____ Apellidos: _____ Lugar de residencia: _____

Grupo étnico: Indígena Campesino Se encuentra organizado: Asociación Cabildo

1. Numero de personas que habitan en el hogar: 2. Nombre de la vereda: _____ 3. Tamaño de la finca en Hectáreas:
4. A que se dedica su producción: Ganado Papa 5. Si la alterna la producción cuanto tiempo dura cada actividad: Ganado Papa

Modelo Ganadero

1. Razas bovinas que emplea en su finca: _____ 2. Tipo de producción : Leche Carne Doble propósito
3. Cuantos animales tiene en su finca: Toros Vacas Novillos Novillas Terneros

Producción lechera

1. Cuantas vacas ordeña: 2. Cuantos litros aproximados produce una vaca: 3. Cuantas veces al día ordeña: 4. Cuantos meses dura la lactancia del ternero: 5. Cuantos meses dura la gestación del ternero: 6. Después del parto a los cuantos meses entra la vaca en calor:
7. A los cuantos meses después del parto se da el seca de las vacas: 8. Cuantos meses dura el intervalo entre partos: 9. A presentado algún caso de mastitis: Sí No Cuantos? _____ 10. Produce algún derivado lácteo: Queso Yogurt Otros? _____
11. Donde comercializa los derivados lácteos? _____ 12. Que tipo de pasto emplea: _____ 13. Rota el ganado: Sí No

Producción de Carne

1. Capa usted sus novillos: Sí No a los cuantos meses? _____ 2. Cuanto tiempo dura la ceba? _____ 3. Emplea suplementos alimenticios como: Sal Concentrado Otros? _____ 4. Que raza emplea para la ceba? _____ 5. Donde comercializa sus animales? _____ 6. Rota constantemente sus animales de potreros? Sí No a los cuantos meses? _____

Ciclo de Manejo Ganadero

1. Realiza usted un plan de vacunación contra: Fiebre aftosa Si No en que mes: _____, Brucelosis Si No en que mes: _____, Carbón sintomático, Edema maligno y Septicemia hemorrágica Si No en que mes: _____.
2. En que época realiza la desparasitación interna? _____ Que productos utiliza? _____ Como los emplea? _____
3. En que época realiza la desparasitación externa? _____ Que productos utiliza? _____ Como los emplea? _____
4. Emplea algún tipo de vitaminización? Si No a que tipo de animales: Vacas paridas Terneros Novillo Novillas de vientre

Modelo papero

1. Que variedades de papa emplea? _____ 2. Cuanto dura un cosecha? _____ 3. Cuantas cosechas al año? _____
2. Que tipo de arado emplea en su cultivo: Mecánico (tractor) _____ Manual _____ Tracción animal _____
3. Emplea algún tipo de fertilizante? Si No Cuales? _____ en que época del cultivo? _____ cuantas veces? _____
4. Emplea algún tipo de fungicida? Si No Cuales? _____ en que época del cultivo? _____ cuantas veces? _____
5. Emplea algún tipo de insecticida? Si No Cuales? _____ en que época del cultivo? _____ cuantas veces? _____
6. El terreno de cultivo es propio o alquilado 7. Donde comercializa su producción papera? _____
8. Cuantas cosechas produce en la finca antes de reintroducir el ganado? _____ 9. Extrae su cosecha papera a través de: Caballo
Tractor Vehículo otras? _____ 10. Cuantas hectáreas cultiva en papa? _____ 11. Cuantos trabajadores emplea en la: Siembra Abono Cuido Cosecha

Ambiente

1. Que tipo de madera para la Construcción de infraestructura (viviendas, cercos, puentes, corrales) _____
2. Quema antes de cada cosecha: Si No 3. Solo al establecer el cultivo: Si No

BIBLIOGRAFIA

Arroyave, F.P. 2007. *Contribucion de la precipitación horizontal al ciclo hidrológico de los páramos, con referencia inicial al paramo de Guerrero*. Tesis MSc. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 112p.

Attaroff , M. y F. Rada, 2000. “Deforestation Impacto on Water Dynamics in a Venezuelan Andean Cloud Forest”. *Ambio* 29: 440- 444.

Beck,S.G., 2008; Young, 2006; Van der Hammen y Hooghiemstra, 2001. *Gradients in a tropical Mountain Ecosystem of Ecuador Studies. Vol. 198. Analysis and Synthesis.* 543p.

Braun Blanquet, 1979. *Global distribution of species diversity in vascular plants: Toward a world map of phytodiversity.* *Erdkunde* 50: 317-327.

Brown, J. y Lomillo, 1998; Pielou, 1979. *Biogeography.* 2ªed. Sinauer Associates Publishers. Sunderland.

Bruijnzeel, 2004. *Hydrological functions of tropical forest: not seeing the soil for the trees?* *Agriculture and Environment* 104.

Bruijnzeel L. A., 2006. Hydrological impacts of converting tropical montane cloud forest to pasture with initial reference to northern Costa Rica. Tech. Rep. DFID-FRP Project no. R7991, Department for International Development-Forest Research Programme, 2006.

Castaño-Uribe, 2002a. *En el contexto de los Andes tropicales: una aproximación a los efectos de un tensor adicional por el Cambio Climático Global (Global Climatic Tensor), Paramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en condición de HotSpot & Global Climatic Tensor,* Ideam.

Castaño-Uribe, 2002b. *En el contexto de los Andes tropicales: una aproximación a los efectos de un tensor adicional por el Cambio Climático Global (Global Climatic Tensor), Paramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en condición de HotSpot & Global Climatic Tensor,* Ideam.

Cavalier, J. 1991. “El ciclo del agua en los bosques montanos”. Cap 4. p. 69-83 En: Uribe, C. (ed). *Bosques de Niebla de Colombia.* Banco de Occidente. Bogotá.

Cavalier, J. y D. Goldtein, 1989. “Mist and fog interception in Elfin cloud forest in Colombia and Venezuela”. *Journal of Tropical Ecology* 5: 309-322.

CVC, 2005. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC, *Informe Región Grupo de Trabajo de Paramos Centro Occidente (GTP-CO).*

Cuatrecasas, 1958, Rangel, 2000, Cleff, 1981. Atlas de paramos de Colombia, Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt, Bogotá, 2007.

Cleff, A.M., Ch.O. Rangel, T. Van der Hammen y M.R. Jaramillo. 1984. *La vegetación de las selvas del transecto Buritica. En: Hammen, T. Van der Hammen y P.M. Ruiz (Eds): Studies on tropical andean ecosystems vol.2, pp.267-406. Cramer. Varduz.*

Cleff, A., 1981. Secuencia altitudinal de la vegetación de los páramos de la cordillera Oriental, Colombia. *Ecología. Tropical 1 (N.S.) 39-47. Bogotá.*

Chaves y Arango, 1998^a. *Atlas de paramos de Colombia*, Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt, Bogotá, 2007.

Church, P.P. 1982. Atlas of Upper- Air Circulation Over Tropical South America. Department of Meteorology. University of Madison- Wisconsin. Madison.

FAO, 2003. Review of World Water Resources by Country, FAO Technical Paper 23. Rome. Disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/OO5/Y4473E/YAA73E00.pdf>.

Ferwerda W., L. Hadeed, T. McShane y S. Rietbergen S., con asistencia de S. Stolton y N. Dudley. 2000. *Bosques Nublados Tropicales Montanos.* WWF International/ IUCN. The World Conservation Union.

Fittkau , E., J. Illies, H. Klinge, G. Schwabe y H. Sioli 1968; *Biogeography and ecology in South America.* Junk Publishers, Netherlands.

Figuerola, A. 1998. *Evaluación de impacto ambiental. Un instrumento para el desarrollo.* Cali: Corporación Autónoma de Occidente, 1998. 175p.

Gallotti, H. y Florenzano, G. 2002. *Imagens de Satelite para Estudos Ambientais,* Oficina de textos, 2002.

Gentry, A.H. Y C.H. Dodson. 1987. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Ann. Missouri Botanical Garden 74, 205-233.*

Grubb y Whitmore, 1996. A Comparison of Montane and lowland Rain Forest in Ecuador II: The climate and its Effects on the distribution and Physiognomy of the Forest. *The journal of Ecology 54, No.2:303-333.*

Hernández-Camacho et al; 1992. Atlas de paramos de Colombia, Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt, Bogotá, 2007.

Holdrige, L. 1987. Ecología basada en las zonas de vida, San José, ILCA, Costa Rica.

Hooghiemstra et al., 2000. (Flint et al., 1994; Hooghiemstra et al., 2002; Jaramillo, 2000; Morse, 2004; Triplehorn y Johnson, 2005) Espacial de los insectos acuáticos.

Hofstede et al., 2003. Distribucion, impacto humano y conservación de los paramos neotropicales. En: Kappelle, M. y S. Horn (Eds.). *Paramos de Costa Rica*. Editorial INBio. Santo Domingo de Heredia.

Hosfetede, R. 1995. *Effects of burning and grazing on a Colombian paramo ecosystem*. Universidad de Amsterdam, I T C, Enschede.

IAvH, 2007. *Atlas de paramos de Colombia*, Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt, Bogotá, 2007.

IDEAM, 1999. *Análisis de la información IDEAM 1999, Información complementaria tomada de atlas de Colombia*, IGAC, 1992 y mapa Geológico de Colombia, INGEOMINAS, 1998.

IDEAM, 2002. *Paramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en condición HOTSPOT & GLOBAL CLIMATIC TENSOR*, Ideam. 2002.

Kaimowitz 1996. *La economía en el departamento del cauca: Concentración de tierras y pobreza*, Banco de la república, centro de estudios económicos regionales (CEER).

Kappelle y Brown, 2001. *Bosques nublados de neotrópico*. Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio. Heredia. 698 p.

Kattan, G. H., H. Álvarez & M. Giraldo. 1994. Forest fragmentation and bird extinctions: San Antonio eighty years later. *Conservation Biology* 8(1): 138-146.

Kattan, G. H. & H. Álvarez. 1996. Preservation and management of diversity in fragmented landscapes islands, p. 3-18 *en*: J. Schethas & K. Greenberg. *Forest Patches in Tropical Landscapes*. Island Press, Washington D. C.

Landsberg, H. y R. Weingartner. 1999. Montañas y recursos hídricos. *Unasyuva* 195(49):40-46.

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.

Luteyn, J. L. y S.P. Churchill. 2000. Vegetation of tropical Andes: An overview. En: Lenntz, D. (ed). *Imperfect Balance: Landscape Transformation in the Precolumbian Americas*. Columbia University Press. Nueva York.

Ministerio de agricultura, 2002. <http://www.minagricultura.gov.co.com>.

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

Montezuma-Chaves M. 2009. 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. Departamento de Biología. Universidad del Cauca. Popayán, Cauca – Colombia.

Rangel, O. 2000a. *Colombia diversidad Biótica III.* La región de vida paramuna. Universidad Nacional-Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá.

Rangel, O. 2000b. *Colombia diversidad Biótica III.* La región de vida paramuna. Universidad Nacional-Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá.

Ramírez, 1998. *Limnología Colombiana Aportes a su Conocimiento y Estadísticas de Análisis.* Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.

Roldan G, 1980. *Estudios limnológicos de cuatro ecosistemas neotropicales diferentes, con especial referencia a su fauna de Ephemeropteros.* Act. Biol.; 9 (34): 103-117.

_____, **1988.** *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Dpto de Antioquia.* 217 pag Bogotá, Fondo FEN. Colombia – Colciencias – Universidad de Antioquia.

_____,**2001.** *Estudio limnológico de los recursos hídricos del parque de Piedras Blancas.* Rev. Acad. Col. Cien. Exac. Fis. y Nat.; Colección Jorge Álvarez Lleras; n° 9 , 152 p.

_____, **2003.** *Bioindicación de la calidad del aguas en Colombia. Uso del método BMWP/Col,* 170 p. Primera edición. Medellín. Colombia :Editorial Universidad de Antioquia.

_____, **2008.** *Fundamentos de limnología tropical.* 2 ed. Medellín. Colombia :Editorial Universidad de Antioquia. 440 p.

Sentir.org, 2001a; *Selva andina o Bosque de niebla.* En: <http://www.Sentir.org/zonas/bosqueniebla.html>.

Sentir.org, 2001b; Van der Hammen y Hooghiemstra, 2001; Luteyn y Churchill, 2000; Churchill et al., 1995; Graf, 1994. *Selva andina o Bosque de niebla.* En: <http://www.Sentir.org/zonas/bosqueniebla.html>.

Tobón, C., y Arroyave, F. 2007. "Inputs by fog and horizontal precipitation to the páramo ecosystems and their to the water balance". *Fourth International Conference on Fog Collection and Dew.* La Serena, Chile,2007. Proceedings, pp. 233-236.

Tobón et al., 2008. Tobon y Arroyave, 2007; Bruijnzeel, 2001; González, 2000. Hidrología de los Bosques alto-andinos. En: *Ecología de Bosques Andinos*, Universidad Nacional de Colombia. J.D. León Ed. 213 p.

Van der Hammen, 1998a, citado en Chaves y Arango, 1998. Atlas de paramos de Colombia, Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt, Bogotá, 2007.

Vásquez, G. 2001. Evaluación de la calidad de las aguas naturales: Significado y alcances en la determinación de análisis de parámetros físico químicos y biológicos fundamentales. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales y de la Educación. Popayán, 2001.

Watershed Management, 2001. Ministerio del Medio Ambiente. Guías metodológicas para el manejo integral de aguas subterránea. Bogotá, 2001.

Zamora-Muñoz C, 1995. C.E. Sáinz-Cantero., a. Sanchez-Ortega, and J. Alba-Tercedor. *Are biological indices BMWP an ASPT and their significance regarding water quality seasonally dependent?.* Factors explaining their variations. *Water Research*; 29: 285-290.

Zamora H, 1998. *Evaluación Rápida de la Calidad ambiental en Ecosistemas lóticos mediante el análisis de sus macroinvertebrados.* Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas ACCB. **1998.**

_____,**2007.** El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua, en los ecosistemas acuáticos epicontinentales de Colombia. *Rev. De la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas ACCB.* 19:73-81