

ESTUDIO PRELIMINAR DEL USO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS  
COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA  
MAMARRAMOS Y EN UN SECTOR DEL RÍO CANE EN EL SANTUARIO DE  
FAUNA Y FLORA IGUAQUE

HERMANN ALBERTO LUNA BERBESÍ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL

BUCARAMANGA

2009

ESTUDIO PRELIMINAR DEL USO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS  
COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA  
MAMARRAMOS Y EN UN SECTOR DEL RÍO CANE EN EL SANTUARIO DE  
FAUNA Y FLORA IGUAQUE

HERMANN ALBERTO LUNA BERBESÍ

Ingeniero Químico

Monografía presentada como requisito para optar al título de  
Especialista en Química Ambiental

Director

Ricardo Restrepo Manrique

Biólogo, Esp. Química e Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL

BUCARAMANGA

2009



*La Tierra es mi Cuerpo*

*El Agua es mi Sangre*

*El Viento mi Aliento*

*El Fuego es mi Espíritu*

*Oh Madre llévame*

*Tu hijo siempre seré.*

**(Desconocido)**

*Bendita la Lluvia que cae desde el Cielo*

*Bendita el Agua que corre por el Riachuelo*

*Bendita la Fuerza que te lleva al Mar*

*Bendita Tú, cuando decides regresar*

*El Ciclo del Agua*

*El Reloj de mi Madre Tierra*

**(Hermann Luna Berbesí, saumaagasau)**



*Dedicado al Espíritu del Agua*

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Mí y a mi Familia por su apoyo incondicional como siempre.

Al Santuario de Fauna y Flora Iguaque y a la Dirección Territorial Norandina de Parques Nacionales Naturales de Colombia por permitirme prestar el servicio de guardaparque voluntario y luego de aceptarme como investigador. También por permitirme la maravillosa experiencia de vivir en una reserva natural, lo cual me ha servido para encontrarme más a mi mismo. A la tierra de Bachué. Al Jefe Octavio Eraso y a todos los miembros del equipo del SFF IGUAQUE, a Jose por su colaboración en la aplicación del QBR, a: Ruben, Leonte, Pedro, Jonas, Gustavo, Yaki, Aleja, a William y la gente del centro de Visitantes. Gracias a Olegario por sus tranquilas palabras. En especial muchas gracias a Joselito por apoyar esta investigación desde que la propuse por primera vez.

A la Especialización en Química Ambiental de la Universidad Industrial de Santander. A su actual directora Yajaira Combariza, A Julvis por todo y por mis refrigerios vegetarianos. A su anterior director Jairo Puentes, cuya vida inspiró mi inicio como ambientalista. A mis compañeros. A ZP. A mis profesores Julio Calvo, Yolanda Vargas, Gonzalo Peña y a todos los que me mostraron una visión real y nueva para mi, principalmente del ambientalismo en Santander y Colombia.

En especial al Director del presente estudio, Ricardo Restrepo por darme a conocer la importancia de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua y por hacer agradable este aprendizaje.

Al CEIAM por su apoyo en asesorías y en el préstamo de equipos para el monitoreo de la calidad del agua.

Al profesor Nelson Fernández y a Claudia Rico por su valiosa colaboración

A la Universidad Pública, a todo aquello que quiero agradecer pero que no se como nombrarlo.

**A usted que lee este documento y desea de corazón, un ambiente sano para usted y para las futuras generaciones.**

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. ESTADO DEL ARTE	2
1.1 CALIDAD DEL AGUA	2
1.1.1 Parámetros Fisicoquímicos	3
1.1.1.1 Temperatura	4
1.1.1.2 Oxígeno Disuelto	5
1.1.1.3 Coliformes	6
1.2 MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS	7
1.2.1 Definición	7
1.2.2 MI como bioindicadores de la calidad del agua	7
1.2.3 Toma de muestras de macroinvertebrados	8
1.2.3.1 Recolección manual	8
1.2.3.2 Malla D	9
1.2.3.3 Red Surber	10

1.2.4 Separación de los organismos	11
1.2.5 Identificación	12
1.2.6 Preservación	12
1.3 TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS	12
1.3.1 Tratamiento de los resultados de la caracterización fisicoquímica del agua	12
1.3.1.1 Índices de Calidad y Contaminación	12
1.3.2 Análisis de los resultados de la identificación de los Macroinvertebrados	15
1.3.2.1 El índice BMWP´Col	15
1.3.2.2 Índice Biótico ICOBIO	18
1.3.3 Valoración del estado de conservación de las riberas mediante el índice de Calidad del Bosque de Ribera- QBR	19
2. MARCO CONTEXTUAL	23
2.1 PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA	23
2.2 SANTUARIO DE FAUNA Y FLORA IGUAQUE	24
3. METODOLOGÍA	28
3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO	29
3.1.1 Sector Carrizal	31
3.1.1.1 Carrizal alto	31

3.1.1.2 Carrizal medio	31
3.1.1.2.1 Centro de Visitantes	32
3.1.1.3 Carrizal Bajo	33
3.1.2 Sector Ortigal	34
3.1.2.1 Ortigal Alto	34
3.1.2.2 Ortigal Bajo	35
3.1.3 Sector Chaina.	35
3.1.3.1 Chaina Alto	35
3.1.3.2 Chaina Bajo	36
3.1.4 Sector Villa de Leyva	37
3.1.4.1 San Agustín	37
3.1.4.2 San Francisco	38
3.2 TOMA Y ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS	39
3.2.1 Toma de muestras para análisis fisicoquímico y microbiológico	39
3.2.1.1 Temperatura	39
3.2.1.2 Oxígeno disuelto	39
3.2.1.3 Coliformes Totales y Fecales	41
3.2.2 Análisis de los resultados de las muestras Fisicoquímicas y Microbiológicas	41

3.2.2.1 Determinación de los índices ICOMO	41
3.2.3 Captura de Macroinvertebrados	42
3.2.3.1 Captura de Macroinvertebrados para el análisis Cualitativo	42
3.2.3.1 Captura de Macroinvertebrados para el análisis Cuantitativo	42
3.3.4 Identificación de las familias de macroinvertebrados.	43
3.3.5 Análisis de los resultados del muestreo de Macroinvertebrados	43
3.3.5.1 Análisis Cualitativo	43
3.3.5.2 Análisis Cuantitativo	43
3.3.6 Análisis del estado de Conservación de las Riberas	43
3.3.7 Comparación de resultados	44
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	45
4.1 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS, ÍNDICES ICOMO, ICOBIO y BMWP/Col	45
4.1.1 Análisis de los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico y el índice ICOMO	46
4.1.2 Análisis de los resultados del cálculo del índice QBR	49
4.1.3 Análisis de los resultados del cálculo del índice BMWP´Col	56
4.1.4 Descripción de cada punto de muestreo según los índices ICOMO, QBR y BMWP/Col.	57
4.1.4.1 Carrizal Alto	57
4.1.4.2 Carrizal medio	57
4.1.2. 3 Carrizal bajo	58
4.1.2.4 Ortigal Alto	58
4.1.2.5 Ortigal Bajo	58

4.1.2.6 Chaina alto	58
4.1.2.7 Chaina Bajo	59
4.1.2.8 San Agustín	59
4.1.2.9 San Francisco	59
4.2 RESULTADOS DEL MUESTREO CUANTITATIVO DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS	59
4.2.1 Resultados por cada punto de muestreo	60
4.2.1.1 CARRIZAL ALTO	60
4.2.1.2 CARRIZAL MEDIO	61
4.2.1.3 Carrizal Bajo	61
4.2.1.4 Ortigal Alto	61
4.2.1.5 Ortigal Bajo	63
4.2.1.6 Chaina Alto	63
4.2.1.7 Chaina Bajo	63
4.2.1.8 San Agustín	65
4.2.1.9 San Francisco	65
4.2.2 Comparación de algunas familias en los 9 puntos de muestreo	65
4.2.2.1 Familia Acari 1 (no identificada)	66
4.2.2.2 Familia Leptohyphidae	67
4.2.2.3 Familia Simullidae	68
4.2.2.4 Familia Leptoplhebiidae	68
4.2.2.5 Familia Hyalellidae	69
4.2.2.6 Familia Chironomidae	70
4.2.2.7 Familia Calopterygidae	71

4.2.2.8 Familia Helycopsichidae	72
4.2.2.9 Familia Sphaeriidae	72
4.2.2.10 Physidae	73
4.2.3 Determinacion del índice de Disimilaridad ICOBIO	73
5. CONCLUSIONES	75
6. RECOMENDACIONES	77

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Recolección Manual. Tricóptero (Fam. Calamoceratidae) fuertemente adherido a una roca.	8
Figura 2. Tricópteros (fam. Leptoceridae) cuyas casas pueden ser confundidas con pequeñas ramas	9
Figura 3: (Izq.) Muestreo con Malla-D. (der. Malla-D)	10
Figura 4: (Izq) Muestreo con Surber. (der) Área de muestreo horizontal, Área vertical para el ingreso de los organismos	10
Figura 5. Localización del SFF Iguaque	24
Figura 6. Laguna de origen glaciar del SFF Iguaque	25
Figura 7: Frailejón ( <i>Espeletia Grandiglora</i> ), especie abundante en el santuario	25
Figura 8. Recurso hídrico del Santuario. Quebrada Mamarramos	26
Figura 9: Metodología Experimental	28
Figura 10. Puntos de muestro.	29
Figura 11. Precipitación mensual Estación Arcabuco Año 2006	30
Figura 12: Punto de muestreo Carrizal Alto	31
Figura 13: Punto de muestreo Carrizal Medio	32
Figura 14: Carrizal medio. Aguas claras. Puente sobre la quebrada Carrizal	32

Figura 15. (Izq.) Centro de visitantes. Pozo Séptico sobresaturado	33
Figura 16. (Izq.) Carrizal Bajo. Perifiton sobre las rocas. (Der.) Puente sobre la carretera	34
Figura 17. Ortigal alto. Excremento de ganado cerca de la quebrada	34
Figura 18. Punto de muestreo Ortigal Bajo	35
Figura 19. Punto de muestreo Chaina Alto	36
Figura 20. Punto de muestreo Chaina Bajo. Rio Cane-Iguaque	36
Figura 21. Punto de muestreo Quebrada San Agustín	37
Figura 22. (Izq) Coloración marrón oscura (Der) Excremento y basura en la Q. San Agustín	38
Figura 23. Punto de muestreo San Francisco	38
Figura 24. (Izq.) Rata muerta. (Der.) Numerosas larvas de la familia Simuliidae sobre una roca	39
Figura 25. Laboratorio improvisado en SFF Iguaque	40
Figura 26. Número de personas hospedadas en el Centro de visitantes. Agosto a Octubre de 2008	47
Figura 27: Riberas, punto Carrizal Alto. Quebrada Carrizal	50
Figura 28: Riberas, punto Carrizal Medio. Quebrada Carrizal	51
Figura 29: Riberas, Punto Carrizal Bajo. Quebrada Mamarramos	51
Figura 30: Quebrada La colorada parte alta. Zonas de pastoreo	52
Figura 31. Punto Ortigal Bajo. Puente Sobre la Quebrada La Colorada	53

Figura 32. Punto Chaina alto. Quebrada Chaina rodeada de arbustos. Funcionario del SFF Iguaque capacitándose en la toma de muestras	53
Figura 33. Punto Chaina Bajo. Río Cane. Riberas	54
Figura 34. Captación de agua sobre el rio Cane para su posterior potabilización	54
Figura 35. Quebrada San Agustín. Modificación del canal fluvial	55
Figura 36. Quebrada San Francisco. Riberas intervenidas.	55
Figura 37. Vertimientos puntuales sobre la quebrada San Agustín (Izq.) y sobre la quebrada San Francisco (Der.)	56
Figura 38. Abundancia de familias de MI en el punto Carrizal Alto	60
Figura 39. Abundancia de familias de MI en el punto Carrizal Medio	61
Figura 40. Abundancia de familias de MI en el punto Carrizal Bajo	62
Figura 41. Abundancia de familias de MI en el punto Ortigal Alto	62
Figura 42. Abundancia de familias de MI en el punto Ortigal Bajo	63
Figura 43: Abundancia de familias de MI en el punto Chaina Alto	64
Figura 44 : Abundancia de familias de MI en el punto Chaina Bajo	64
Figura 45 : Abundancia de familias de MI en el punto San Agustín	65
Figura 46 : Abundancia de familias de MI en el punto San Francisco	66
Figura 47. Abundancia relativa de la familia Acari 1	67
Figura 48. Abundancia relativa de la familia Leptohyphidae	67
Figura: 49 Abundancia relativa de la familia Simuliidae	68
Figura 50. Abundancia relativa de la familia Leptoplhebiidae	69

Figura 51: Abundancia relativa de la familia Hyalellidae	69
Figura 52: Abundancia relativa de la familia Chironomidae	70
Figura 53. Chironomidae que construye Casas similares alguans familia del orden Trichoptera	71
Figura 54: Abundancia relativa de la familia Calopterygidae	71
Figura 55: Abundancia relativa de la familia Helycopsichidae	72
Figura 56: Abundancia relativa de la familia Sphaeriidae	72
Figura 57: Abundancia relativa de la familia Physidae	73

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Valoración de los niveles de contaminación	15
Tabla 2. Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col	17
Tabla 3. Clasificación de los cuerpos de agua según el BMWP/Col	18
Tabla 4. Determinación del índice QBR	20
Tabla 5. Resultados del índice ICOBIO	74

## LISTA DE CUADROS

	<b>pág.</b>
Cuadro 1. Parámetros medidos por los índices de Calidad	14
Cuadro 2. Parámetros medidos por los índices de contaminación	14
Cuadro 3. Líneas 1 y 2 de investigación del Plan de Manejo del SFF Iguaque, relacionados con el presente estudio	27
Cuadro 4. Proyecto de investigación propuesto en el Plan de Manejo del SFF Iguaque, que se relaciona con el presente estudio	27
Cuadro 5: Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico, Índices ICOMO, BMWP/Col y QBR	45
Cuadro 6: resultados del QBR con el puntaje parcial de cada Bloque	46

## LISTA DE ANEXOS

### ANEXO A. GALERIA FOTOGRÁFICA DE MACROINVERTEBRADOS PRESENTES EN EL SFF IGUAQUE

A1. ORDEN EPHEMEROPTERA	84
A1.1. Familia Leptohyphidae	84
A1.2. Familia Leptophlebiidae	86
A1.3 Familia Baetidae	87
A2. ORDEN TRICHOPTERA	88
A2.1 Familia Glossosomatidae	88
A2.2. Familia Hydroptilidae	89
A.2.3. Familia Helicopsychidae	90
A.2.4 Familia Hydropsichidae	91
A.2.4 Familia Hydrobiosidae	93
A.2.5 Familia Leptoceridae	94
A.2.6 Familia Odontoceridae	100
A.2.7 Familia Polycentropodidae	101

A.3 ORDEN ACARI	102
A.3.1 Familia no identificada (Acari 1)	102
A.4 ORDEN DIPTERA	103
A.4.1 Familia Ceratopogonidae	103
A.4.2 Familia Chironomidae	104
A.4.3 Familia Tipulidae	110
A.4.4 Familia Simuliidae	112
A.5 ORDEN TRICLADIDA	113
A.5.1 Familia Planaridae	113
A. 6 CLASE OLIGOCHAETA, ORDEN NO IDENTIFICADO.	114
A.6.1 Familia no identificada (Oligochaeta 1)	114
A.7 ORDEN HAPLOTAXIDA	115
A. 7.1 Familia Tubificidae	115
A.8. ORDEN PLECOPTERA	116

A.8.1 Familia Perlidae	116
A.9 ORDEN COLEOPTERA	117
A.9.1 Familia Elmidae	117
A.9.2 Familia Gyrinidae	123
A.9.3 Familia Ptilodactylidae	124
A.9.4 Familia Scirtidae	125
A.9.5 Familia Psephenidae	126
A.10 ORDEN AMPHIPODA	127
A.10.1 Familia Hyaleliidae	127
A.11 ORDEN ODONATA	128
A.11.1 Familia Calopterygidae	128
A.12 ORDEN BASOMMATOPHORMA	129
A.12.1 Familia Physidae	129
A.13 ORDEN VENEROIDA	130
A.13.1 Familia Sphaeriidae	130

A.14 ORDEN HEMIPTERA	131
A.14.1 Familia Veliidae	131
A.14.2 Familia Gerridae	131
A.14.3 Familia Notonectidae	132
ANEXO B. REPORTE DE ABUNDANCIAS	133
A.B.1 Número de individuos por familia	133
ANEXO C. REPORTES DE LABORATORIO DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	135
C.1 PUNTO DE MUESTREO CARRIZAL MEDIO	135
C.2 PUNTO DE MUESTREO CARRIZAL BAJO	136
C.3 PUNTO DE MUESTREO ORTIGAL ALTO	137
C.4 PUNTO DE MUESTREO ORTIGAL BAJO	138
C.5 PUNTO DE MUESTREO CHAINA ALTO	139
C.6 PUNTO DE MUESTREO SAN AGUSTÍN	140
ANEXO D. NORMATIVIDAD COLOMBIANA	141

## LISTA DE ACRÓNIMOS

**BMWP** *Biological Monitoring Working Party*

**BMWP´Col.** BMWP propuesto para Colombia por Roldan (2003)

**DBO5** Demanda Bioquímica de Oxígeno para un tiempo de 5 días.

**DQO** Demanda Química de Oxígeno

**ICA** Índice de Calidad del Agua

**ICO** Índice de Contaminación del Agua

**ICOBIO** Índice de Contaminación Biótico

**ICOMO** Índice de Contaminación por Materia Orgánica

**IDEAM** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia

**meq** miliequivalentes

**mg** miligramos

**MI** Macro Invertebrados

**ml** mililitros

**PNNs** Parques Nacionales Naturales de Colombia

**QBR** Calidad del Bosque de Ribera

**SFF** Santuario de Fauna y Flora

**UFC:** Unidades formadoras de Colonia

**µm** micrometros

## GLOSARIO

**ABUNDANCIA:** Hace referencia al número de individuos encontrados de un determinado taxa. Los resultados expresados como porcentajes suelen ser mejores a la hora de comparar diferentes estaciones de muestreo.

**AGUAS EPICONTINENTALES:** Aguas Situadas en los continentes. Pueden ser dulces o salobres como un mar epicontinental, que es una masa de agua salada con una gran extensión pero con escasa profundidad que se extiende sobre un continente.

**ALÓCTONA:** En el contexto del presente estudio, hace referencia a las especies vegetales que no son nativas de la región.

**AUTÓCTONA:** En el contexto del presente estudio, hace referencia a las especies vegetales que son nativas de la región.

**BIOMA:** Es una comunidad, o conjunto de ellas, formada por plantas y animales que viven en condiciones ambientales similares. Se trata, de hecho, de una categorización de espacios con características climáticas y ecosistémicas, que se nombra por el tipo dominante de vegetación. El conjunto de todos los biomas viene a integrar por último la biosfera.

**COMUNIDAD:** Conjunto de poblaciones biológicas que comparten un área determinada y coinciden en el tiempo.

**CONTAMINACIÓN:** Cuando una concentración máxima aceptable para variables seleccionadas, en relación con el uso, ha sido excedida o el hábitat y la biota han sido fuertemente modificadas, entonces el agua se define como contaminada.

**FITOPLANCTON:** Plancton marino o de agua dulce, constituido predominantemente por organismos vegetales, como ciertas algas microscópicas.-

**PLANCTON:** Conjunto de organismos animales y vegetales, generalmente diminutos, que flotan y son desplazados pasivamente en aguas saladas o dulces.

**FRUTICETO:** Conjunto de arbustos o frútices de una comunidad vegetal. Frútice: Planta leñosa en su totalidad, pero que se distingue de un árbol porque su tallo se ramifica desde la base

**HÁBITAT:** Lugar de condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal.

***In situ:*** En el lugar, en el sitio.

**LECHO:** Fondo del río o terreno por donde corren sus aguas.

**LIMNOLOGÍA.** Existen diversas definiciones para la palabra limnología, una de ellas es dada por Robert Wetzel en 1983, se refiere esta como el estudio de las relaciones funcionales y de productividad de las comunidades de agua dulce, y la manera como las afecta el ambiente físico, químico y biológico (Roldán, 2008).

**MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA:** Compendio actual de información de una serie de localidades a intervalos regulares, destinados a suministrar los datos con los cuales definir las condiciones corrientes, las tendencias establecidas, proveer información con la cual se puedan establecer relaciones causa-efecto, etc.

**NASA:** Elemento utilizado generalmente para muestrear invertebrados o peces, el cual consta de una malla.

**PERIFITON:** comunidad compleja de microbiota (algas, bacterias, hongos, animales y detritus orgánico e inorgánico) que se encuentra asociada a un sustrato.

**PATÓGENO:** Que origina y desarrolla una enfermedad.

**SATURACIÓN DE OXÍGENO (PORCENTAJE):** Es la relación entre la medición en campo del oxígeno disuelto en el agua y el oxígeno que podría estar en el agua debido a su solubilidad y a otros factores como la presión atmosférica y la temperatura del cuerpo de agua.

**RIBERA:** Margen y orilla del mar o río. Tierra cercana a los ríos, aunque no esté a su margen.

**TAXA:** Plural de taxón. **TAXÓN:** Grupo de organismos emparentados, que en una clasificación dada han sido agrupados, como Reino, Orden, Familia, Especie, etc.

**ZONA AMORTIGUADORA:** Zona en la cual se atenúan las perturbaciones causadas por la actividad humana en las zonas circunvecinas a las distintas áreas del SPNN (en este caso el área es el SFF Iguaque), con el fin de impedir que llegue a causar disturbios o alteraciones en la ecología o en la vida silvestre de estas áreas

TÍTULO: ESTUDIO PRELIMINAR DEL USO DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA MAMARRAMOS Y EN UN SECTOR DEL RIO CANE EN EL SANTUARIO DE FAUNA Y FLORA IGUAQUE\*

Autor: Hermann Alberto Luna Berbesí\*\*

Palabras clave: Parques Nacionales, Iguaque, Macroinvertebrados, Bioindicación, Calidad de agua

El Santuario de Fauna y Flora Iguaque hace parte del sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Posee un área de aproximadamente 7000 hectáreas las cuales albergan una gran biodiversidad, además es un lugar de gran importancia cultural y turística, ya que allí se asentó la extinta etnia muisca. El Santuario es una zona de recarga primordial para el suministro de aguas para regiones vecinas y en especial para una zona seca subsidiaria que cuenta con más de 35000 habitantes. Conociendo la importancia de ésta área estratégica, se plantea el presente estudio con el fin de sentar las bases para el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua, organismos que han sido reconocidos debido a su sensibilidad a diferentes tipos de contaminación, alterando notablemente la estructura de sus comunidades.

En la presente investigación se realizó un muestreo de las comunidades de macroinvertebrados, se determinó el estado de conservación de las riberas y se analizó algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en muestras de agua de diferentes quebradas que nacen en el Santuario. Con los resultados de dicho muestreo se calculó el índice de contaminación por materia orgánica ICOMO, el índice de disimilaridad ICOBIO, el índice biológico BMWP/Col y el índice de calidad bosque de ribera QBR. Los resultados muestran el alto grado de conservación en algunos puntos de muestreo y la degradación que han sufrido otros debido posiblemente, a las aguas residuales domésticas y a las actividades agropecuarias que se desarrollan dentro del Santuario, y en la zona amortiguadora.

Los resultados fueron socializados con el personal del Santuario, a quienes se entregó un documento técnico, una galería fotográfica para la identificación de las familias de macroinvertebrados, una colección de de referencia de organismos preservados y una guía para el muestreo de la calidad del agua.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Especialización en Química Ambiental. Director : Ricardo Restrepo Manrique

TITLE: PRELIMINARY ESTUDY FOR THE MACROINVERTEBRATES USE LIKE QUALITY WATER BIOINDICATORS ON MAMARRAMOS STREAM AND ON ONE SECTOR OF CANE RIVER IN FAUNA AND FLORA SANCTUARY IGUAQUE\*

Author: Hermann Alberto Luna Berbesí\*\*

Keywords: National Parks, Iguaque, Macroinvertebrates, Bioindication, Water Quality

The Fauna and Flora Sanctuary Iguaque is part of the National Natural Parks System of Colombia. It has an area of approximately 7,000 hectares which are home to a rich biodiversity, it's also a place of great cultural and tourist importance, because the extinct Muisca ethnic group was settled there. The Sanctuary is a major recharge area for water supply to neighboring regions and particularly to a dry subsidiary area that has more than 35,000 inhabitants. Knowing the importance of this strategic area, is proposed this study, to lay the groundwork for the use of aquatic macroinvertebrates as bioindicators of water quality, organisms that have been recognized for their sensitivity to different types of pollution, altering significantly the structure of their communities.

In this investigation was sampling macroinvertebrates communities, was assessed the conservation status of the banks and analyzed some physicochemical and microbiological parameters in water samples from different streams that begin in the Sanctuary. With the results of that sampling was calculated the Organic Matter Pollution Index ICOMO, the dissimilarity index ICOBIO, the biological index BMWP Col and the Quality Riparian Forest index QBR. The results shows the high degree of conservation in some sampling points and others who have suffered a degradation due possibly to domestic wastewater and agricultural activities that take place within the sanctuary, and in the buffer zone.

The results were socialized with the Sanctuary staff, who received a technical paper, a photo gallery for identification of macroinvertebrates families, a reference collection of preserved bodies and a guide for the sampling of water quality.

---

\* College Tesis

\*\* Santander Industrial University, Science Faculty, School of Chemistry. Environmental Chemical Specialization. Director: Ricardo Restrepo Manrique.

## INTRODUCCIÓN

Con el fin de sentar las bases para iniciar el monitoreo de la calidad del recurso hídrico en el Santuario de Fauna y Flora (SFF) Iguaque se planteó la presente investigación. Se abordó el concepto de calidad del agua a partir de la medición tradicional, basada en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, complementada con el estudio de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Además se determinó la calidad del bosque de ribera para conocer el grado de conservación del ecosistema forestal adyacente a los cuerpos de agua. Esta investigación se debe entender, como un estudio preliminar, sus resultados servirán de base a los futuros estudios enfocados en el monitoreo de la calidad del agua, pero por si sola no será suficiente para tomar decisiones acerca del manejo del recurso hídrico. Se requiere que los nuevos estudios se mantengan a lo largo del tiempo para poder conocer el estado real y las tendencias en la calidad de los ríos y quebradas que recorren el SFF Iguaque.

Junto con este documento se entrega al santuario una galería digital fotográfica, un manual para el muestreo de macroinvertebrados y una colección con ejemplares de cada una de las familias de macroinvertebrados encontradas en el presente estudio. Estas son herramientas que facilitaran el trabajo de las futuras investigaciones.

# 1. ESTADO DEL ARTE

## 1.1 CALIDAD DEL AGUA

El agua o dihidruro de oxígeno es un compuesto esencial para la vida debido a sus especiales cualidades, por ejemplo debido a su carácter dipolar, puede aislar iones negativos y positivos, neutralizando sus fuerzas y finalmente disolviéndolos, por esto le llaman el disolvente universal. Gracias a su gran capacidad calorífica, actúa como regulador de la temperatura en el planeta. Además es un elemento esencial para la vida, hace parte de tejidos y órganos de animales y vegetales, es el medio de transporte para los nutrientes, además de cumplir muchas otras funciones en sus metabolismos (Rojas, 2002, García *et al* 2001).

El agua pura como tal no existe en la naturaleza, sino soluciones acuosas de sales, iones, gases, sustancias coloidales, entre otros. La calidad del agua es relativa y ésta esta asignada dependiendo de su uso para recreación, consumo humano, tratamiento convencional, agricultura, preservación de fauna y flora, etc. Se puede definir por su composición química, por sus características físicas y biológicas. La calidad del agua y su grado de alteración o contaminación se determina mediante la comparación de los resultados de las mediciones con criterios y estándares previamente establecidos (Rojas, 2002, García *et al* 2001). Según Fernández *et al* (2008) los principales objetivos de la valoración de la calidad del agua se pueden resumir así:

1. Verificar si la calidad del agua es adecuada para el uso pretendido

2. Determinar tendencias en la calidad del agua y en la evaluación de impactos tales como la liberación de contaminantes o los efectos de medidas de restauración.
3. Estimar el flujo de nutrientes o contaminantes.
4. Valorar el entorno y trasfondo de la calidad de los ambientes acuáticos.

Actualmente en Colombia, algunos de los documentos más relevantes acerca de la legislación sobre el cumplimiento de estándares que determinan la calidad del agua son: el decreto 1594 de 1984 que trata el tema de los usos del agua y residuos líquidos, y la resolución 2115 de 2007 por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

**1.1.1 Parámetros Fisicoquímicos.** Numerosas variables fisicoquímicas y algunas microbiológicas, se utilizan para caracterizar un cuerpo de agua. Escoger cuales de ellas utilizar depende de los objetivos planteados en el monitoreo y de limitaciones de tipo económico, logístico, seguridad del personal y equipos, etc. El IDEAM propone algunos parámetros que aportaran información mínima necesaria que permita representar el estado, los procesos básicos, la composición química y la dinámica del agua en ambientes continentales de aguas superficiales, estos son Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad eléctrica, DBO<sub>5</sub>, DQO, Temperatura del agua, Sólidos suspendidos Totales, Nutrientes Nitrogenados, Coliformes totales y Fecales, Sólidos Totales, y Fósforo Soluble (IDEAM, 2004). En el presente estudio se escogió cuatro de estos parámetros (Oxígeno Disuelto, Temperatura del agua, Coliformes totales y Coliformes Fecales) con base en los objetivos del monitoreo y debido a limitaciones técnicas y económicas.

**1.1.1.1 Temperatura.** La determinación de la temperatura es muy importante en algunos procesos de tratamiento de aguas, y en análisis de laboratorio, como en la determinación del grado de saturación de oxígeno, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio. Para conocer la temperatura real del cuerpo de agua, ésta debe ser medida en campo, mediante un termómetro de mercurio u otros dispositivos (Rojas, 2002), como el medidor multiparámetro HANNA HI 98129 utilizado en el presente estudio, el cual utiliza una sonda de acero inoxidable.

Generalmente la temperatura de las aguas superficiales se encuentra entre 0 y 30 °C, y puede ser alterada en un mismo cuerpo de agua por factores climáticos, altitud sobre el nivel del mar o por la estratificación vertical, debida entre otros a la profundidad, que se aprecia mejor en cuerpos lénticos. Un incremento de la temperatura conlleva un aumento en la velocidad de las reacciones, una disminución del oxígeno disuelto y de los demás gases presentes en el cuerpo de agua. El metabolismo de los organismos también está relacionado con la temperatura, y debido a esto se produce déficit de oxígeno por la gran demanda de este en la respiración cuando la temperatura aumenta, provocando entre otros, el crecimiento de algas, bacterias, fitoplancton y turbiedad. Otros cambios de la temperatura del agua ocurren por la intervención humana, cuando algunos residuos llegan al agua con temperaturas superiores a las naturales, como el caso de vertimientos de siderúrgicas, termoeléctricas, fundiciones y plantas de tratamiento de aguas residuales, causando daños en el ecosistema acuático, como la muerte de especies poco tolerantes a cambios de temperatura o la liberación súbita de oxígeno debido a una disminución de su solubilidad en el agua (García *et al*, 2001).

**1.1.1.2 Oxígeno Disuelto.** Se entiende por oxígeno disuelto como el oxígeno libremente disponible en el agua. Proviene principalmente de la difusión del aire del entorno hacia el agua, también proviene de la fotosíntesis y debido a turbulencias. Es uno de los parámetros más importantes como indicador de la calidad del agua, además es de gran importancia para los ecosistemas acuáticos ya que define cuales serán las especies presentes de acuerdo a su tolerancias y rango de adaptación. El valor mínimo de oxígeno disuelto para garantizar la supervivencia de la mayoría de las especies se encuentra entre 4 y 5, por debajo de 2 mg/L causa la muerte de la mayoría de las especies de peces (Rojas, 2002, Roldán, 2003 y Vizcaíno et al, 1998). El decreto 1594/84 establece como criterio para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías un valor mínimo de 5 mg/l y en aguas dulces cálidas 4mg/l.

Ya que la solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura, de la altitud y de la salinidad, los datos de oxígeno disuelto se homologan para las diferentes condiciones. En aguas superficiales, comúnmente los resultados son expresados como porcentaje de saturación, el cual es una relación entre la concentración de oxígeno presente en el agua y la máxima posible a las mismas condiciones de altitud y temperatura. (Rojas, 2002, García *et al*, 2001 y Vizcaíno et al, 1998).

Uno de los métodos más comunes para la determinación del oxígeno disuelto es el método Winkler o la modificación de Alsterberg, que básicamente consisten, en la fijación en campo del oxígeno disuelto en una muestra de agua y luego se determina su concentración en el laboratorio mediante titulación. Otros métodos comunes son aquellos que usan un electrodo de membrana y sondas de luminiscencia, con los que es posible conocer inmediatamente el valor del oxígeno

disuelto (Vargas, 2006, Rojas, 2002, García *et al*, 2001 y Vizcaíno *et al*, 1998 y HACH, 2008).

**1.1.1.3 Coliformes.** Dentro de las características que un organismo debe tener para ser un buen indicador de contaminación en aguas por agentes causantes de enfermedades, están:

- a. Su ausencia implica la inexistencia de patógenos entéricos.
- b. La densidad de lo organismos indicadores esta relacionada con la probabilidad de la presencia de patógenos.
- c. En el medio los organismos indicadores sobreviven un poco más de tiempo que los patógenos.

Los coliformes cumplen con estas características pero no de forma ideal, y son el grupo indicador más utilizado para la determinación de contaminación en aguas por microorganismos (Botello, 2005, Glynn *et al*, 1999 y Pascual *et al*, 2000). Los coliformes son bacterias no patógenas que habitan en el suelo, plantas, cáscaras de huevo, y en los intestinos de humanos y animales. Están siempre presentes en las heces, junto a otros microorganismos que son causa de problemas en la salud. Los patógenos que pueden estar presentes junto a los coliformes fecales causan diarrea, retorcijones, náuseas, cefaleas u otros síntomas, representando un gran riesgo para bebés, niños y personas con sistemas inmunológicos gravemente comprometidos (EPA, 2000). En los cuerpos de agua del SFF Iguaque y su área de influencia, la presencia de coliformes fecales en altas concentraciones indicarían la presencia de aguas residuales domesticas o su contaminación por excrementos de animales como vacas, caballos, cabras, etc.

## 1.2 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

**1.2.1 Definición.** Los macroinvertebrados (MI) son animales que no poseen espina dorsal y que pueden ser observados a simple vista (Alonso *et al*, 2005), de un tamaño superior a 0.5mm. Algunos grupos pertenecientes a esta clasificación son los Turbelarios, Oligoquetos, Insectos, Arácnidos, Bivalvos, Gastrópodos y Crustáceos. (Roldán, 2008).

**1.2.2 MI como bioindicadores de la calidad del agua.** Se puede considerar Como un organismo indicador de la calidad del agua aquel que se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y su población es similar o superior a la del resto de organismos que comparten su hábitat (Roldán, 1999). Además de estas características, los macroinvertebrados poseen otras que los hacen buenos indicadores, por ejemplo:

1. Son abundantes y fáciles de recolectar.
2. Generalmente son sedentarios
3. Poseen ciclos de vida largos
4. Son sensibles a las perturbaciones del medio acuático, lo cual se refleja en cambios en las estructuras de sus comunidades (Roldán, 2003)

En Colombia generalmente los estudios de la calidad del agua se basan únicamente en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, y no siempre se tiene en cuenta otros componentes del ecosistema, como las comunidades de macroinvertebrados que allí habitan. Otros países han avanzado más en el tema, como los miembros de la comunidad europea. El parlamento Europeo mediante la Directiva Marco del Agua COM-97 aceptó el término “estado ecológico” del agua como una medida de la calidad del agua que integra la medición de los

parámetros tradicionales, las comunidades de organismos y otros factores como el estado de las riberas (D.O.C.E., 2000).

**1.2.3 Toma de muestras de macroinvertebrados.** Existen diversos métodos de captura de macroinvertebrados, a continuación se explican los tres métodos utilizados en el presente estudio según Roldán, 2003.

**1.2.3.1 Recolección manual.** Éste es un método cualitativo. Se levantan las rocas, hojas grandes, troncos, ramas del lecho. Se examina con cuidado la superficie de estos, pues algunos MI son difíciles de ver. Con la ayuda de un pincel suave se pueden capturar los organismos sin dañarlos. Algunos Tricópteros que fabrican casas pueden ser confundidos con pequeñas ramas, hojas o piedrecillas como lo hacen los representantes de las familias Leptoceridae, Calamoceratidae y Glossosomatidae (figura 1).

**Figura 1. Recolección manual (izq.), Tricóptero (fam.Calamoceratidae) fuertemente adherido a una roca (Der.)**



Fuente: Autor

Familias como Psephenidae y Planariidae pueden pasar desapercibidos debido a su mimetización y a sus cuerpos aplanados que se adhieren fuertemente a las rocas. Algunas ventajas de éste método son: La captura es más selectiva, el recipiente donde se recolecta tiene menos residuos minerales y vegetales que pueden demorar la identificación y el conteo de los MI.

**Figura 2. Tricópteros (fam. Leptoceridae) cuyas casas pueden ser confundidas con pequeñas ramas**



Fuente: Autor

**1.2.3.2 Malla D.** Éste es un método cualitativo. Generalmente se utiliza para acceder a lugares en donde es más complicado hacerlo con otro tipo de muestreadores, como en las orillas o en espacios estrechos entre rocas (Fig.3). Se hacen barridos tratando de abarcar 10 metros a lo largo de cada una de las orillas. Los MI son capturados en el fondo de la malla, luego pueden ser separados directamente con un pincel sobre la malla o ser trasladados a un recipiente con agua para asegurar la captura de más individuos.

**1.2.3.3 Red Surber.** Muestreo de tipo cuantitativo. El muestreador consta de un marco cuadrado de aproximadamente 30x30 cm., con un nasa adherida a este

marco, cuyos ojos de malla son iguales o inferiores a 500µm. La persona debe ubicarse de forma tal que no altere la muestra, para que el material que pueda ser removido por sus pies no sea capturado por el muestreador (Fig 4)

**Figura 3: (izq.) Muestreo con Malla-D. (Der. Malla-D)**



Fuente: Autor

**Figura 4: (izq.) Muestreo con Surber. (Der.) Área de muestreo horizontal, Área vertical para el ingreso de los organismos.**



El marco se ubica sobre el lecho en el lugar escogido, se toman las rocas que se encuentren únicamente dentro del área del muestreador y se frota cuidadosamente dentro de la boca buscando que el material levantado entre completamente en el muestreador sin estropearse. Este muestreo debe repetirse al menos tres veces (Roldán, 1996). La profundidad del punto de muestreo debe ser inferior al alto del muestreador, de otro modo los organismos pasarían por encima de este. Después se vacía el contenido de la malla dentro de un recipiente con agua, y se lava de modo tal que todo lo capturado quede dentro del recipiente. Resulta conveniente usar recipientes de fondo blanco con el fin de observar mejor los MI capturados. Finalmente se cuentan el total de individuos pertenecientes a determinado grupo taxonómico. Si el anterior resultado se divide por el área de muestreo, se obtiene el número de organismos pertenecientes a cada familia por metro cuadrado (Roldán, 1996, 2003).

El análisis y la separación de los individuos se facilitan cuando están vivos, pero deben ser analizadas lo antes posible, ya que las muestras se descomponen muy rápido, en caso de que la identificación no pudiera realizarse inmediatamente se agrega alcohol para conservar la muestra de campo (Roldán, 2003).

**1.2.4 Separación de los organismos.** En el lugar de trabajo se separan las muestras, puede ser conveniente separar inicialmente los grupos taxonómicos superiores, como órdenes y luego a nivel de familia o género. Se recomienda utilizar pinceles de diferentes tamaños, para la captura, así como unas pinzas entomológicas suaves para no maltratar las muestras.

**1.2.5 Identificación.** Para identificar los organismos se comparan los MI capturados con claves taxonómicas, fotografías o colecciones de organismos

preservados. Generalmente los trabajos realizados en Colombia que relacionan las comunidades de macroinvertebrados con la calidad del agua, identifican los organismos hasta el nivel de familia, y en algunos casos hasta género. Algunas de las claves para identificación de MI son dadas por diversos autores, para el presente estudio se utilizaron las dadas por los autores en (Roldán, 1996, 2003, Bouchard, 2004).

**1.2.6 Preservación.** Para facilitar futuras identificaciones, es importante conservar individuos de los diferentes grupos taxonómicos. Como estos organismos se deterioran fácilmente, existen diferentes soluciones usadas para su preservación, una opción sencilla es utilizar etanol al 70%. Para mejores resultados se añade glicerina al etanol, así las estructuras de los organismos se mantienen menos rígidas y frágiles, evitando su rápido deterioro. Con la adición de formol se mejora la preservación. Se aconseja usar una solución en partes iguales de etanol 70%, glicerina, formol y agua destilada, solución conocida como FAGA. (Fernández -conversaciones, 2008)

### **1.3 TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS**

#### **1.3.1 Tratamiento de los resultados de la caracterización fisicoquímica del agua**

**1.3.1.1 Índices de Calidad y Contaminación.** Un índice de calidad o de contaminación consiste básicamente en una relación de parámetros, cada uno de los cuales tiene un peso específico, los cuales sirven como una medida del grado de calidad o contaminación del agua. Los datos de campo se reducen

generalmente a un rango con valores entre 0 y 1. A estos rangos se les asigna un nivel, un color, una descripción verbal y un rango. Como herramienta divulgativa es muy útil la presentación de mapas, en donde se marcan las corrientes estudiadas con el color dado por el índice (Roldán, 2003). Estos índices pueden mejorar o aumentar la información de la calidad del agua y su difusión comunicativa, pero no reemplazan los otros medios de información existentes. (Fernández *et al*, 2008).

\* **Diferencias entre un ICA y un ICO.** El índice de calidad de agua ICA reduce grandes volúmenes de resultados de la medición de variables fisicoquímicas y microbiológicas de diversa índole, a un solo número que expresa la calidad del agua. Pero con esta unificación podría enmascarse la condición real y los cambios que se suceden sobre un curso hídrico. Por otro lado la asignación del peso de cada parámetro se basa en estudios realizados y en el criterio de cada autor, haciendo subjetiva la valoración de la calidad del agua (Ramírez *et al*, 1997). En la Tabla 1 Se muestran algunos ejemplos de índices de calidad del agua. El valor numérico del ICA se clasifica según la calidad del agua en orden ascendente en una de las cinco categorías siguientes: muy malo, malo, medio, bueno y excelente.

Un índice de contaminación consiste en la formulación de un valor numérico a partir de la agregación de variables fisicoquímicas y/o microbiológicas, que explican diferentes mecanismos de contaminación, utilizando para ello un número reducido de variables. Los autores en (Ramírez *et al*, 1997, 1999) proponen algunos índices (cuadro 2) los cuales son independientes y complementarios entre sí, y permiten precisar problemas ambientales, así como profundizar en la identificación de especies con potencial indicador, lo cual es muy importante para la presente investigación. El valor numérico de los ICOs se clasifica según el nivel de contaminación en orden ascendente como se observa en la (Tabla 1).

**Cuadro 1. Parámetros medidos por los índices de Calidad**

		Índices de la Calidad del Agua			
		Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento – INSF	Índice de León	Índice de Calidad del Agua-ICA (IDEAM)	
				Propuesta General	Propuesta Red Básica IDEAM
País	E.E.U.U.	México	Colombia		
Parámetros	DBO	X	X	X	
	DQO	X	X	X	X
	Oxígeno Disuelto	X	X	X	X
	Coliformes Fecales	X	X	X	
	Coliformes Totales		X		
	Nitratos	X	X		
	pH	X	X	X	X
	Cambio de Temperatura	X	X		
	Sólidos Totales	X			
	Sólidos Suspendidos		X	X	X
	Fosfatos	X	X		
	Turbidez	X			
	Amonio		X		
	fenoles		X		
	Alcalinidad		X		
	Dureza		X		
	Cloruros		X		
	Conductividad			X	X

Fuente: Fernández (2008), IDEAM 2006

**Cuadro 2. Parámetros medidos por los índices de contaminación**

	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOTRO	ICOTEM	ICOPH
<b>Objetivo</b>	mineralización	Contaminación orgánica	Relativo a sólidos suspendidos	Trofia del sistema	Relativo a la temperatura	Relativo al pH
<b>Parámetros</b>	Conductividad, dureza y alcalinidad	DBO5, % saturación de oxígeno y Coliformes totales	Sólidos suspendidos	Fósforo total	Temperatura del cuerpo receptor y del vertimiento	pH

Fuente: Ramírez et al (1997, 1999)

**Tabla 1. Valoración de los niveles de contaminación**

Nivel de Contaminación	Rango de valores	Color
Ninguno	0 - 0,2	Azul
Bajo	0,2 - 0,4	Verde
Medio	0,4 - 0,6	Amarillo
Alto	0,6 - 0,8	Naranja
Muy Alto	0,8 - 1	Rojo

Fuente: Ramírez et al (1997, 1999)

### 1.3.2 Análisis de los resultados de la identificación de los Macroinvertebrados

#### 1.3.2.1 El índice BMWP´Col.

**\*Historia del índice BMWP.** Según Roldán (2003) los primeros esfuerzos para determinar el daño ecológico causado por residuos domésticos e industriales en corrientes superficiales, fueron realizados en el siglo XIX por el alemán Friedrich Kolenati en 1848, quien trabajo con el género Trichoptera y Ferdinand Cohn en 1853 en su investigación acerca de los organismos que viven en el agua potable. Ya en el siglo XX Kolkwitz en 1908 y Marsson en 1909, sientan las bases del sistema saprobio en Alemania, que actualmente es adoptado por países pertenecientes a la Unión Europea. A mediados de ese siglo varios autores

continuaron realizando investigaciones de diversidad de especies basadas en índices matemáticos, que aún son aplicados, como los índices de Shannon y Weaven publicados en 1949, Simpson en 1949 y Margalef en 1951

Hynes en 1959 y 1963 presentó a los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. De aquí en adelante se continuó trabajando en índices que integraban la biología a la contaminación acuática, como Hellawell que en 1978 propuso el *Biological Monitoring Working Party-BMWP* para los ríos de Gran Bretaña, éste índice asigna puntajes a cada familia de macroinvertebrados bentónicos dependiendo de su tolerancia a la contaminación, los puntajes individuales se suman y el valor final es comparado con una tabla donde se determina la calidad ecológica del cuerpo de agua. Alba Tercedor y Sánchez Ortega en 1988 hacen una adaptación de este índice para la península Ibérica (BMWP').

En Colombia las adaptaciones del sistema BMWP comienzan en 1997 cuando Zuñiga *et al* adaptan el sistema para algunas cuencas del Valle del Cauca, Zamora en 1999 adapta el sistema a las aguas epicontinentales de Colombia, Roldan en 2001 adaptó el sistema a una cuenca del departamento de Antioquia y en 2003 propone un sistema para Colombia, pero recomienda ajustar los puntajes de calificación a cada región de estudio, ya que la tolerancia de algunas familias puede cambiar de una zona a otra. Sánchez (2005) adapta el sistema BMWP a la cuenca principal del Rio Pamplonita en el departamento Norte de Santander.

**\*Generalidades del índice BMWP'Col.** (Roldán, 2003). El índice BMWP'Col califica las familias encontradas en un punto de muestreo con valores entre 1 y 10, en orden descendente de acuerdo a su tolerancia a la contaminación por materia orgánica. El puntaje total BMWP/Col para cada sitio de muestreo es el resultado

de la suma de los puntajes de cada familia encontrada. Este valor se compara con una tabla que le asigna un color y un estado de calidad. Este color se usa luego para marcar los ríos y las corrientes en el mapa de la región estudiada.

**Tabla 2. Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP'Col**

Familias	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blpharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylida, Chordodidae, Ghompidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcydae, Xiphocntronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyallidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae.	2
Tubificidae.	1

Fuente: Roldán (2003)

**Tabla 3. Clasificación de los cuerpos de agua según el BMWP/Col**

CLASE	CALIDAD	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	> 150, 101-120	Aguas muy limpias a Limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy Contaminadas	Naranja
V	Muy Crítica	< 15	Aguas Fuertemente Contaminadas	Rojo

Fuente: Roldán (2003)

**1.3.2.2 Índice Biótico ICOBIO.** El ICOBIO permite comparar condiciones hidrobiológicas entre puntos de muestreo, indicando alguna alteración entre puntos de seguimiento. Así mismo, puede también verificar recuperación del cuerpo de agua entre puntos de muestreo en la misma sección de la cuenca, es determinado a través del análisis comparativo de las comunidades entre dos estaciones utilizando los siguientes índices disimilaridad:

1. Análisis de presencia – ausencia, Índice de Disimilaridad de Jaccard (1908)

Su fórmula corresponde a:

$$A = 100 \times \frac{C}{(A + B + C)}$$

Donde C= número de especies comunes para A y B

A= Número de familias presentes en A

B= Número de familias presentes en B

2. Densidades mediante el Índice de Disimilaridad de Bray y Curtis (1957)

Su fórmula corresponde a:

$$D = \frac{\sum |X_{i,ar} - X_{i,ab}|}{\sum (X_{i,ar} + X_{i,ab})}$$

Donde: D: Similaridad entre las 2 estaciones

$X_{i,ar}$ : Densidad del taxón *i* aguas arriba

$X_{i,ab}$  Densidad del Taxón *i* aguas abajo

Los resultados son valorados en una escala numérica entre 0 y 1 de la misma forma como se hace con los índices de contaminación vistos en el apartado 1.3.1.1.

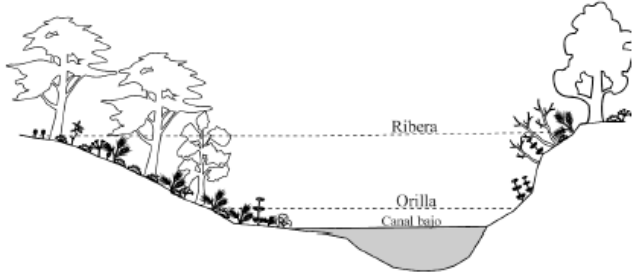
**1.3.3 Valoración del estado de conservación de las riberas mediante el índice de Calidad del Bosque de Ribera- QBR.** Los ríos no sólo albergan vida dentro del agua, sino también en sus orillas. Los ecosistemas de la ribera tienen muchas funciones: algunas plantas fijan sus raíces y evitan la erosión acelerada, son refugio de fauna, actúan como corredores biológicos, etc. A pesar de esta importancia, hoy en día las riberas de muchos ríos, se encuentran en un estado de degradación general, debido entre otros al impacto causado por la agricultura de regadío, ganadería pastoreo, vías de comunicación, asentamientos humanos, etc. La directiva marco del Agua de la Unión Europea (D.O.C.E., 2000) consideró a las riberas como uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta para cuantificar y calificar la “calidad ecológica” de los ecosistemas acuáticos.

**Tabla 4. Determinación del índice QBR**

**CALIFICACIÓN DE LA ZONA DE RIBERA DE LOS ECOSISTEMAS FLUVIALES.  
ÍNDICE QBR**

*Esta calificación debe ser aplicada en toda la zona de ribera de los ríos (orilla y ribera propiamente dicha). Zonas inundadas periódicamente por las avenidas ordinarias y las máximas.*

Los cálculos se realizarán sobre el área que presenta una potencialidad de soportar una masa vegetal en la ribera. No se contemplan las zonas con sustrato duro donde no puede enraizar una masa vegetal permanente.



La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25

Estación \_\_\_\_\_  
Fecha \_\_\_\_\_

**Grado de cubierta de la zona de ribera** Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	Descripción
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
+10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total
+5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%
-5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%
-10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%

**Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)** Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	Descripción
25	cobertura de árboles superior al 75 %
10	cobertura de árboles entre el 50 y 75 % o cobertura de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %
5	cobertura de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %
+10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %
+5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %
+5	si los árboles tienen un sotobosque arbustivo
-5	si hay una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %
-5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad
-10	si hay una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %

**Calidad de la cubierta (depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera\*)** Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	Descripción	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
25	número de especies de árboles o arbustos autóctonos > 1	> 1	> 2	> 3
10	número de especies de árboles o arbustos autóctonos = 1	1	2	3
5	número de especies de árboles o arbustos autóctonos = 0	-	1	1 - 2
0	sin árboles autóctonos			
+10	si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial en más del 75% de la longitud del tramo			
+5	si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial entre el 50 y 75% de la longitud del tramo			
+5	si las distintas especies se disponen en bandas paralelas al río			
+5	si el número de especies de arbustos es: > 2	> 2	> 3	> 4
-5	si hay estructuras construidas por el hombre			
-5	si hay alguna sp. de árbol y/o arbusto alóctono** aislada			
-10	si hay sp. de árboles y/o arbustos alóctonos** formando comunidades			
-10	si hay vertidos de basuras			





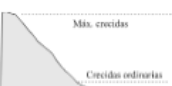



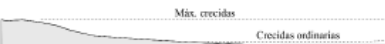


**Grado de naturalidad del canal fluvial** Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	Descripción
25	el canal del río no ha estado modificado
10	modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal
5	signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río
0	río canalizado en la totalidad del tramo
-10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río
-10	si existe alguna presa <o> U otra infraestructura transversal en el lecho del río

**Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)**

\* Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta)  
Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda de la orilla, y sumar o restar según los otros dos apartados.

**Tabla 4 (Continuación). Determinación del índice QBR**

Tipos de desnivel de la zona riparia	Puntuación			
	Izquierda	Derecha		
Vertical/cóncavo (pendiente > 75°), con una altura no superable por las máximas avenidas			6	6
Igual pero con un pequeño talud o orilla inundable periódicamente (avenidas ordinarias)			5	5
Pendiente entre el 45 y 75°, escalado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta entre la orilla y el último punto de la ribera. $\Sigma a > \Sigma b$			3	3
Pendiente entre el 20 y 45°, escalonado o no. $\Sigma a < \Sigma b$			2	2
Pendiente < 20°, ribera uniforme y llana.			1	1
<b>Existencia de una isla o islas en el medio del lecho del río</b>				
Anchura conjunta "a" > 5 m.			- 2	
Anchura conjunta "a" entre 1 y 5 m.			- 1	
<b>Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente</b>				
> 80 %			No se puede medir	
60 - 80 %			+ 6	
30 - 60 %			+ 4	
20 - 30 %			+ 2	
<b>Puntuación total</b>				
<b>Tipo geomorfológico según la puntuación</b>				
> 8	<b>Tipo 1</b>	Riberas cerradas, normalmente de cabecera, con baja potencialidad de un extenso bosque de ribera		
entre 5 y 8	<b>Tipo 2</b>	Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de los ríos		
< 5	<b>Tipo 3</b>	Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso		

**\*\* Especies frecuentes y consideradas alóctonas**

*Salix babylonica*  
*Nicotiana* sp.  
*Castanea sativa*

*Arundo donax*  
*Robinia pseudo-acacia*  
Frutales

*Ficus* sp.  
*Cerantonia siliqua*

*Ailanthus altissima*  
*Platanus x hispanica*

- 1) El índice no es aplicable en las zonas más altas de las cuencas en las que no existe de forma natural vegetación arbórea.
- 2) En las zonas áridas y semiáridas y en las ramblas, se entiende que se contemplan los arbustos con porte arbóreo como los árboles que se consideran en esta hoja de campo.  
(Para este último caso, ver la aplicación del índice realizado en Murcia y publicado en Tecnología del Agua)

Fuente: Jáimez *et al* (2002)

Munné *et al.* (1998, 2003), propusieron el Índice QBR, que en cuatro bloques recoge distintos componentes y atributos de las riberas: - cubierta vegetal, - estructura de la vegetación, - naturalidad y complejidad del bosque ribereño y grado de alteración del canal fluvial. Para el diseño del QBR se establecieron unas premisas a seguir:

1. Que fuera de fácil y rápida aplicación
2. Que fuera asequible a muestreadores no expertos
1. Que fuera independiente de las características geoestructurales de las riberas y de su situación biogeográfica
2. Que fuera de interpretación sencilla y útil para la gestión.

Para la determinación del índice se completa la tabla 6 en donde para cada bloque se escoge uno de cuatro puntajes (0, 5, 10 ó 25), luego se resta o se suma 10 ó 5 puntos, todo esto dependiendo del parámetro de la tabla que más se asemeje a la condición de la ribera. Si el total del bloque es negativo, se toma 0 como el total y si excede los 25 puntos, entonces se toma 25, de modo que la suma de los cuatro bloques se encontrará entre 0 y 100. Los valores del índice se distribuyen en cinco rangos de calidad (>95: estado natural; 90-75: calidad buena; 70- 55: calidad aceptable; 30-50: calidad mala; < 25: calidad pésima). Para la determinación del índice se procedió mediante el protocolo GUADALMED- PRECE (JÁIMEZ *et al*, 2002).

## 2. MARCO CONTEXTUAL

### 2.1 PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA<sup>1</sup>.

Conociendo la importancia de conservar las áreas naturales estratégicas y la riqueza biológica, cultural y social que éstas poseen, en Colombia se adoptaron estrategias de conservación y protección, iniciando en 1948, con la creación de la reserva natural de la Macarena. Luego desde la década de los 70 el INDERENA inició la estructuración de un Sistema de Parques Nacionales Naturales –SPNN- que actualmente cuenta con 51 áreas protegidas las cuales cubren cerca del diez por ciento del territorio nacional y están divididas en cinco categorías de conservación: Parque Nacional Natural, Santuario de Fauna y Flora, Área Natural Única, Vía Parque y Reserva Natural Nacional.

Los PNNS de Colombia tienen como misión “Administrar las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales y coordinar el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en el marco del ordenamiento ambiental del territorio, con el propósito de conservar *in situ* la diversidad biológica y ecosistémica representativa del país, proveer y mantener bienes y servicios ambientales, proteger el patrimonio cultural y el hábitat natural donde se desarrollan las culturas tradicionales como parte del Patrimonio Nacional y aportar al Desarrollo Humano Sostenible; bajo los principios de transparencia, solidaridad, equidad, participación y respeto a la diversidad cultural” (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2009)

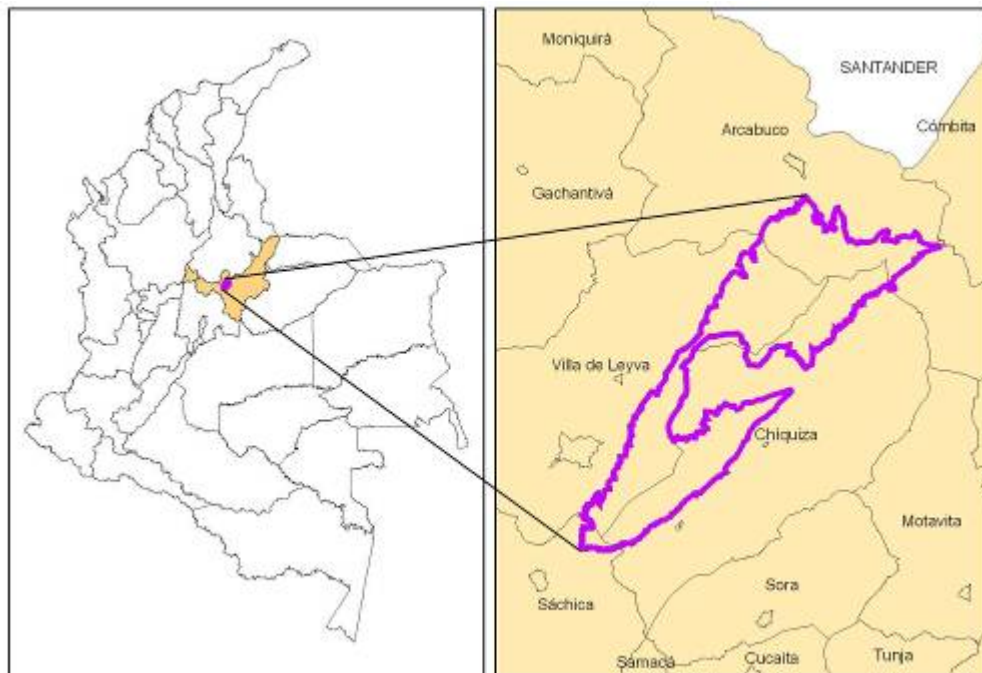
---

1 Parques Nacionales Naturales de Colombia.2009. Internet: [www.parquesnacionales.gov.co](http://www.parquesnacionales.gov.co) .

## 2.2 SANTUARIO DE FAUNA Y FLORA IGUAQUE<sup>2</sup>

El Santuario de Fauna y Flora, esta ubicado en el departamento de Boyacá, posee un área total de 6960 hectáreas y comprende elevaciones que van desde los 2400 hasta los 3890 m.s.n.m. Su nombre se debe a la laguna Iguaque, lugar sagrado para la cultura Muisca, la cual hace parte de un sistema de lagunas de origen glaciar, de gran interés biológico, cultural y turístico.

**Figura 5. Localización del SFF Iguaque**



Fuente: PARQUES (2006)

En el santuario se pueden reconocer cuatro biomas: Pastizales y fruticetos litoquersofitos, Bosques húmedos del piso térmico frío, subpáramo y Páramo. Además posee una gran riqueza en fauna silvestre (venado, zorro, armadillo, tucán, águila, etc.) y flora (frailejón, roble, pino colombiano, etc.). La estructura

---

<sup>2</sup>Parques Nacionales Naturales de Colombia. Plan de manejo del Santuario de Fauna y Flora Iguaque. 2006

geológica del SFF Iguaque conforma una zona de recarga primordial para el suministro de aguas para regiones vecinas y en especial para una zona seca subsidiaria que cuenta con mas de 35000 habitantes.

**Figura 6. Laguna de origen glaciar del SFF Iguaque**



Fuente: Autor

**Figura 7: Frailejón (*Espeletia Grandiglora*), especie abundante en el Santuario**



Fuente: Autor

**Figura 8. Recurso hídrico del Santuario. Quebrada Mamarramos**



Fuente: Autor

Teniendo en cuenta la importancia biológica, cultural y social que representa la conservación del recurso hidrológico del Santuario, en el presente trabajo propone dar comienzo al monitoreo de la calidad de las aguas, midiendo parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, y utilizando a los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, lo cual estaría respaldado por las líneas de investigación y la propuesta de monitoreo presentados en el plan de manejo del SFF Iguaque (cuadros 3 y 4). Numerosos trabajos realizados en otros países y algunos en Colombia demuestran que la composición de las comunidades de estos organismos refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos. (Roldán, 2003, Vizcaíno *et al*, 1998 y Alonso *et al*, 2005)

**Cuadro 3. Líneas de investigación 1 y 2 del Plan de Manejo del SFF Iguaque que se relacionan con la presente investigación.**

Línea de investigación	Sublínea de Investigación	Objetivo General	Objetivo Específico	Proyecto Prioritario
<b>Línea 1: Caracterización de Ecosistemas</b>	Estado de los ecosistemas Acuáticos	Establecer el estado de los ecosistemas acuáticos	Caracterizar las comunidades de fauna en los ecosistemas lóticos y lénticos del santuario	Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en los ecosistemas lóticos y lénticos del santuario.
<b>Línea 2: Dinámica de los ecosistemas</b>	Dinámica de ecosistemas acuáticos	Establecer los cambios en los ecosistemas acuáticos lóticos y lénticos en el área protegida y en la cuenca Cane-Iguaque	Detectar cambios en las fuentes de agua, sus ecosistemas y la biodiversidad como resultado de la acción humana	Monitoreo de las condiciones físicas y químicas de los cuerpos de agua en el santuario y en su zona aledaña

Fuente: PARQUES (2006)

**Cuadro 4. Proyectos de investigación propuestos en el Plan de Manejo del SFF Iguaque que se relacionan con la presente investigación.**

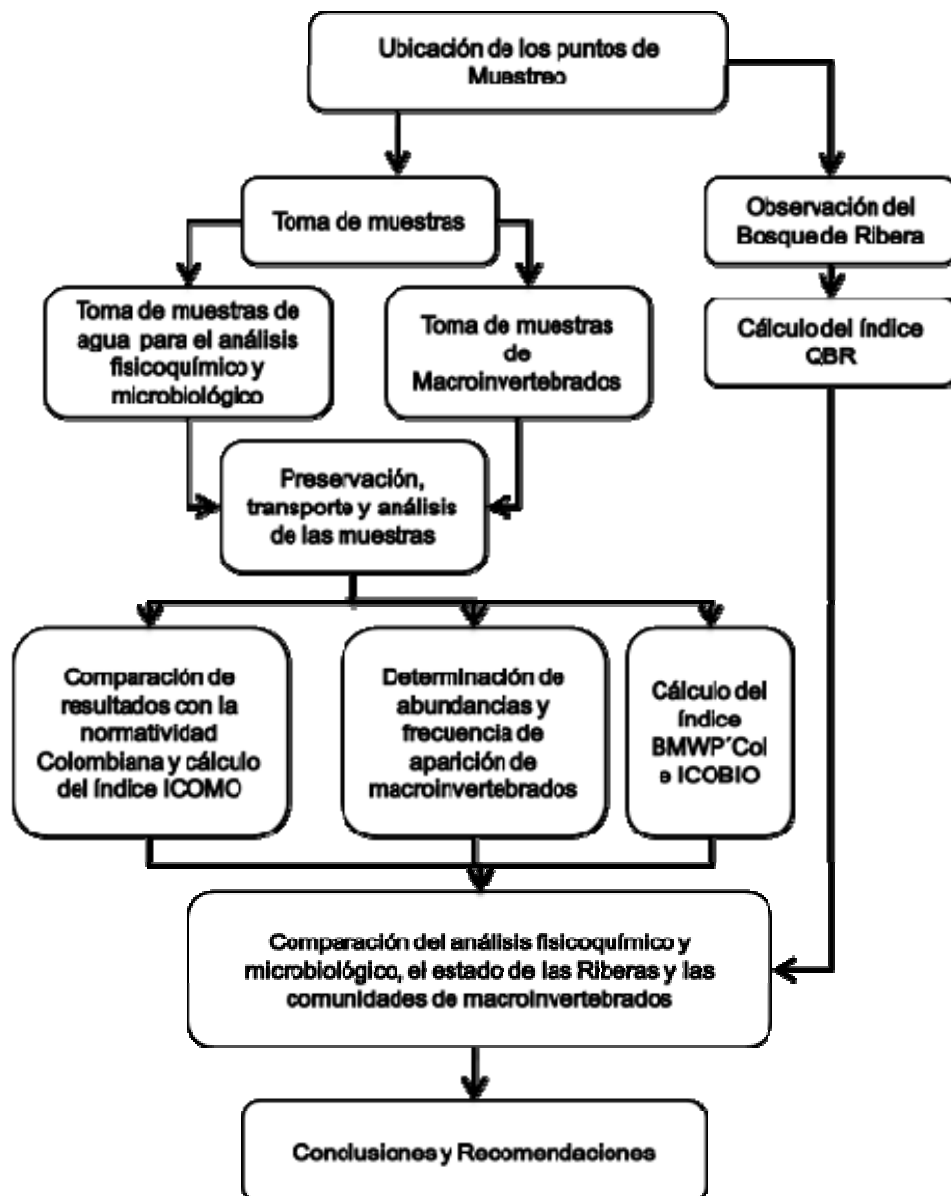
Proyecto de investigación	Objetivos
Caracterización de la estructura de comunidades y determinación taxonómica de especies de macroinvertebrados y de peces de una quebrada sin presencia de trucha arcoíris y de la quebrada Mamá Ramos a través del gradiente altitudinal con el fin de proponer bioindicadores de calidad del recurso hídrico y de hábitat acuático, y establecer el impacto causado por la trucha en las comunidades de fauna autóctona.	Conocer la estructura de fauna de los ecosistemas acuáticos.
	Establecer la pertinencia de utilizar macroinvertebrados como indicadores de calidad del agua y de los ecosistemas acuáticos.
	Establecer el impacto causado por la trucha en las comunidades de fauna autóctona.

Fuente: PARQUES (2006)

### 3. METODOLOGÍA

A continuación se presenta el esquema general de la metodología experimental seguida en el presente estudio.

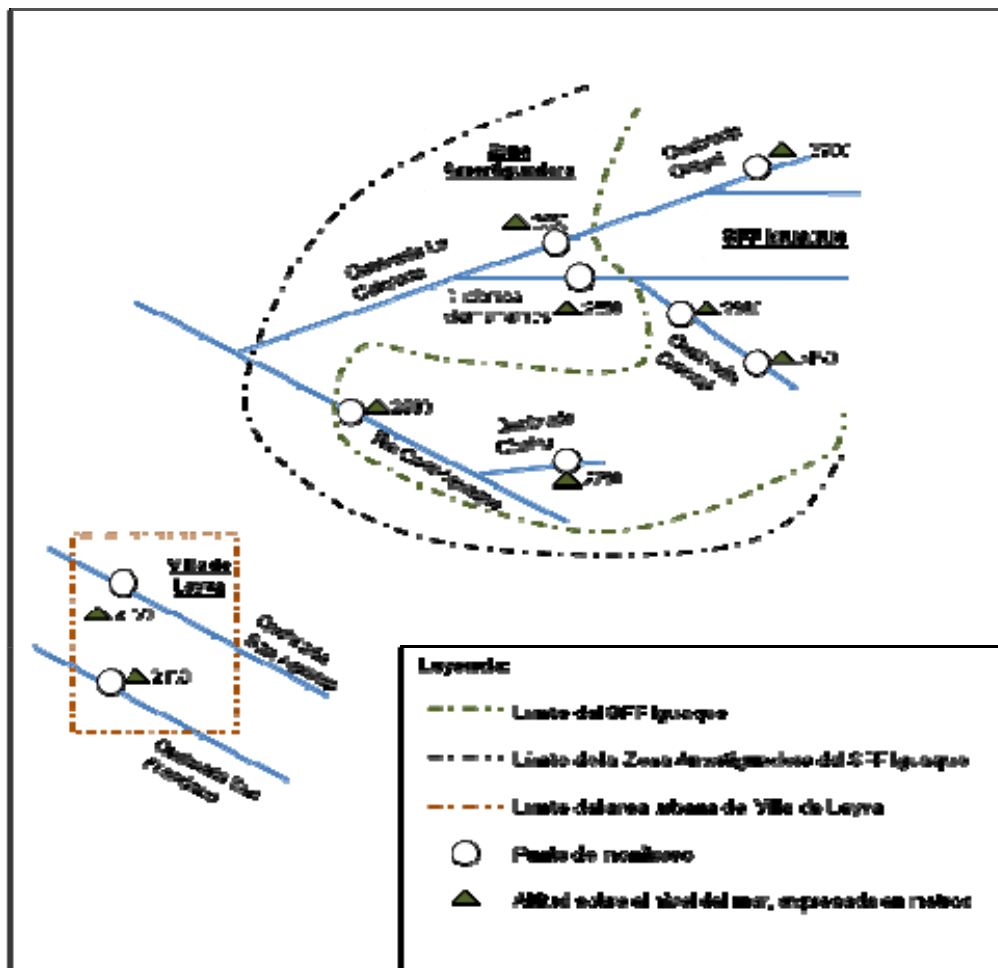
Figura 9: Metodología Experimental



### 3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO

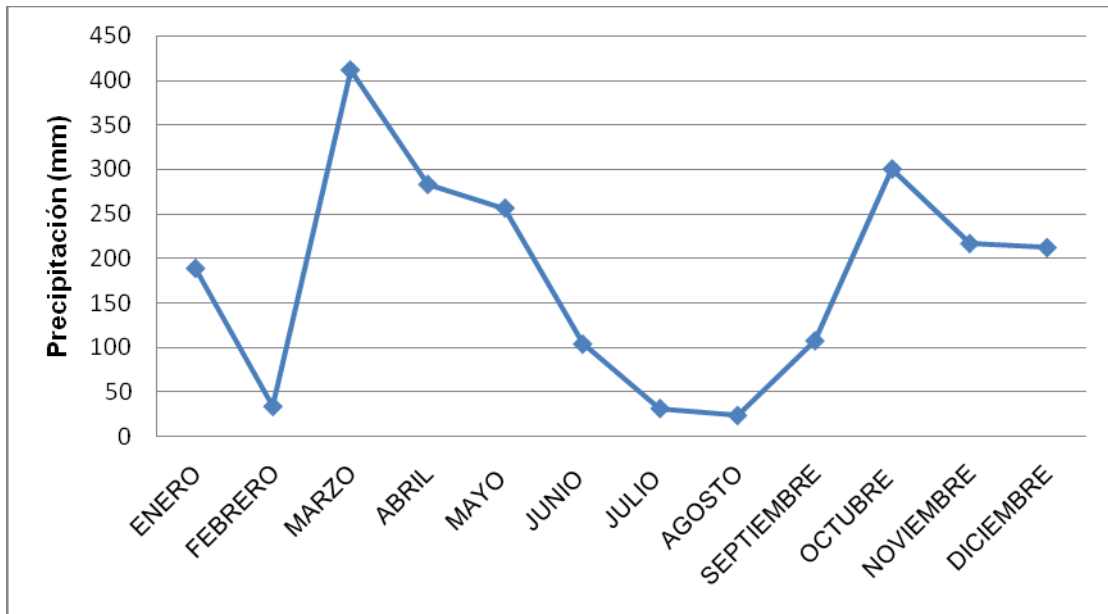
Se eligieron 9 puntos de muestreo. Los criterios que se tuvieron para elegirlos fueron: que estuvieran en distintas altitudes, que tuvieran distintos niveles de conservación, que según la información secundaria pudieran tener distintos niveles de contaminación, y que algunos estuvieran ubicados dentro del Santuario, otros en la zona amortiguadora y otros dentro del municipio de Villa de Leyva.

Figura 10. Puntos de muestreo.



Fuente: Autor

**Figura 11. Precipitación mensual Estación Arcabuco Año 2006**



Fuente: Torres (2008)

Tanto las muestras de macroinvertebrados como las muestras de agua para análisis fisicoquímico y microbiológico fueron tomadas entre los meses de Agosto y Septiembre del año 2008, en la época de transición Sequia-lluvia. Esta región presenta un régimen de lluvias bimodal, en la Figura 11 se observa un pico de máxima precipitación en Abril y otro en los meses de Octubre y Noviembre.

Según el plan de manejo del SFF Iguaque (PNNs, 2006), es muy posible que las corrientes de agua que allí nacen están siendo contaminadas, debido principalmente al impacto generado por excrementos de ganado, aguas residuales domésticas y actividad agrícola en donde el control de plagas se realiza con productos químicos. En el presente trabajo solo se estudió la contaminación debido a la materia orgánica. El análisis de pesticidas, aunque se considera de gran importancia, no se incluyó debido a su alto costo.

### 3.1.1 Sector Carrizal

**3.1.1.1 Carrizal alto.** Este punto se encuentra aproximadamente a 3150 m.s.n.m., con coordenadas planas N: 1´121.300 y E: 1´069.400, sobre la quebrada Carrizal y dentro del Santuario. El agua es clara, inodora y sin objetos flotantes. El lugar de la toma de la muestra se encuentra dentro del Santuario y no existen viviendas ni fincas aguas arriba.

**Figura 12. Punto de muestreo Carrizal Alto**



Fuente: Autor

**3.1.1.2 Carrizal medio.** Este punto se encuentra aproximadamente a 2900 m.s.n.m., con coordenadas planas N: 1´122.400 y E: 1´068.900, sobre la quebrada Carrizal y dentro del Santuario. El agua es clara, inodora y sin objetos flotantes. Sobre las rocas se observa una cobertura marrón de perifiton, la cual hasta el momento no ha sido estudiada. Se escogió éste punto porque aguas arriba, a unos 300 metros de distancia se encuentra el Centro de Visitantes. También existe cerca del punto de muestreo un puente que hace parte del recorrido turístico, el cual es transitado diariamente.

**Figura 13. Punto de muestreo Carrizal Medio**



Fuente: Autor

**Figura 14. Carrizal medio. Aguas claras. Puente sobre la quebrada Carrizal**



Fuente: Autor

**3.1.1.2.1 Centro de Visitantes.** En este sector se presenta un caso de especial interés, ya que se sospecha de la contaminación por vertimiento de aguas residuales domésticas, generadas en el Centro de Visitantes. Éste es un hotel con

capacidad para albergar a 50 personas y recibe de manera discontinua a los turistas, en algunas épocas la afluencia de visitantes es masiva y en otras permanece totalmente vacío, lo cual debe ser tenido en cuenta en el momento de analizar los resultados de los muestreos que se realicen allí, con el objetivo de determinar el impacto que pueda causar sobre la quebrada Carrizal. El Centro cuenta con un pozo séptico que no opera eficientemente, además los habitantes, con predios ubicados aguas abajo del santuario se han quejado del cambio en la calidad de sus aguas y manifiestan: “el agua de aquí antes era muy clara, ahora desde que está el hotel (centro de visitantes), están llenas de excremento”, (tomado de una charla del autor con un habitante del sector).

**Figura 15. (Izq.) Centro de visitantes. (Der.) Pozo Séptico sobresaturado**



Fuente: Autor

**3.1.1.3 Carrizal Bajo.** Este punto se encuentra aproximadamente a 2550 m.s.n.m., con coordenadas planas N: 1´123.600 y E: 1´066.400, sobre la quebrada Mamarramos (En honor a un antiguo y reconocido habitante de la zona). A diferencia de los otros puntos el agua se ve ligeramente turbia y no es inodora. También se observa abundante perifiton. Aguas arriba encontramos algunas fincas, varios animales como vacas, cabras, perros y gallinas, además de un puente vehicular sobre una carretera sin pavimento.

**Figura 16. (Izq.) Carrizal Bajo. Perifiton sobre las rocas. (Der.) Puentes sobre la carretera**



Fuente: Autor

### **3.1.2 Sector Ortigal**

**3.1.2.1 Ortigal Alto.** Este punto se encuentra aproximadamente a 2900 m.s.n.m., con coordenadas planas N: 1´124.900 y E: 1´069.200 sobre la quebrada Colorada u Ortigal dentro del Santuario, el agua es clara, inodora y sin objetos flotantes. A pocos metros de la quebrada se encuentran grandes potreros donde se observó la presencia de ganado.

**Figura 17. Ortigal alto. Excremento de ganado cerca de la quebrada**



Fuente: Autor

**3.1.2.2 Ortigal Bajo.** Este punto se encuentra aproximadamente a 2550 m.s.n.m., con coordenadas planas N: 1´123.900 y E: 1`063.300, sobre la quebrada La Colorada, en la zona amortiguadora fuera del Santuario. La apariencia del agua es similar a la del punto carrizal bajo, ligeramente turbia y con perifiton sobre las rocas. En este punto el agua ha pasado por varias fincas, donde hay ganado vacuno y otros animales más pequeños como cabras y gallinas, existen potreros y carreteras muy cerca del lugar de muestreo.

**Figura 18. Punto de muestreo Ortigal Bajo**



Fuente: Autor

### **3.1.3 Sector Chaina.**

**3.1.3.1 Chaina Alto.** Este punto se encuentra aproximadamente a 2750 m.s.n.m., con coordenadas planas N: 1´119.800 y E: 1`067.300, sobre la quebrada Chaina dentro del Santuario. El agua es clara, inodora y sin objetos flotantes. Algunos animales pastan cerca de esta zona. La quebrada ésta rodeada por vegetación formando un túnel a lo largo de la zona de muestreo.

**Figura 19. Punto de muestreo Chaina Alto**



Fuente: Autor

**3.1.3.2 Chaina Bajo.** Este punto se encuentra aproximadamente a 2500 m.s.n.m., con coordenadas planas N: 1'119.700 y E: 1'066.100 sobre el Río Cane-Iguaque, dentro del Santuario cerca del límite con la zona amortiguadora. El agua se ve turbia, de color ligeramente marrón a gris opaco y no es inodora. A unos pocos metros, aguas abajo se observa un sistema de captación de agua mediante rejillas. Aguas arriba se encuentran numerosas fincas, algunas con ganado o con cultivos de papa. Se observó objetos flotantes, sobre todo plásticos, entre éstos dos envases de pesticida utilizado en los cultivos de papa.

**Figura 20. Punto de muestreo Chaina Bajo. Rio Cane-Iguaque**



Fuente: Autor

### 3.1.4 Sector Villa de Leyva.

**3.1.4.1 San Agustín.** Este punto se encuentra a aproximadamente 2150 m.s.n.m., con coordenadas planas N: 1´114.900 y E: 1´061.800, dentro del perímetro urbano del municipio de Villa de Leyva, Boyacá, sobre la quebrada San Agustín, la cual atraviesa de un extremo al otro al municipio. Existen puentes y casas muy cerca de las riberas, algunas a menos de 3 metros. Se observó gran cantidad de basuras fuera y dentro de la quebrada. Algunas veces el agua es turbia, de color marrón transparente, otras veces se ve clara, posiblemente por la acción de lavado de la lluvia. En el lecho se observan vidrios, bolsas y ropa. El agua posee olor a materia orgánica en descomposición. Se observó una gran cobertura de perifiton sobre las rocas del lecho. En este lugar de la quebrada ya se han recibido numerosos vertimientos del campo y la ciudad. Se observaron volando abundantes insectos adultos pertenecientes al Orden Diptera.

**Figura 21. Punto de muestreo Quebrada San Agustín**



Fuente: Autor

**Figura 22. (Izq) Coloración marrón oscura (Der) Excremento y basura en la Q. San Agustín**



Fuente: Autor

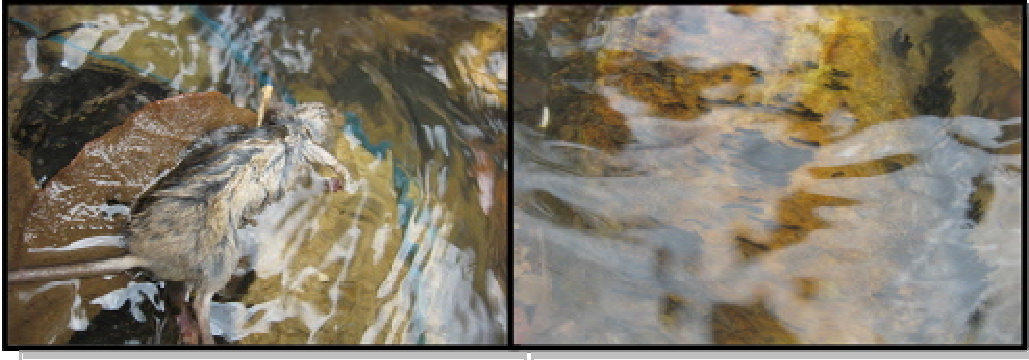
**3.1.4.2 San Francisco.** Este punto se encuentra aproximadamente a 2150 m.s.n.m., con coordenadas planas N: 1´114.500 y E: 1´061.100, sobre la quebrada San Francisco, dentro de la zona urbana del Municipio de Villa de Leyva. Existen construcciones a pocos metros de la quebrada, vertimientos directos y basura. El agua se ve ligeramente turbia y posee olor a materia orgánica en descomposición.

**Figura 23. Punto de muestreo San Francisco**



Fuente: Autor

**Figura 24. (Izq.) Rata muerta. (Der.) Larvas de la familia Simuliidae**



Fuente: Autor

## **3.2 TOMA Y ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS**

### **3.2.1 Toma de muestras para análisis fisicoquímico y microbiológico.**

**3.2.1.1 Temperatura.** Se midió la temperatura *in situ* utilizando un medidor portátil multiparámetro de referencia HANNA HI 98129 con sonda de acero inoxidable. La sonda se sumergió totalmente y se realizó la lectura cuando el valor en la pantalla se estabilizó.

**3.2.1.2 Oxígeno disuelto.** Instantes después de medir la temperatura del agua se procedió a la toma de muestras para la medición de oxígeno disuelto según la norma ASTM D888-92 y Vargas (2006). Se utilizó un recipiente Winkler de 300 ml, el cual se sumergió directamente en la quebrada, teniendo cuidado de que no se generaran burbujas que pudieran alterar el resultado e inmediatamente se tapó. Luego se agregó 1 ml de solución de  $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ , 1 ml de solución de álcali-yoduro-azida y se tapó nuevamente. El contenido del recipiente se mezcló invirtiendo la botella varias veces. Se dejó sedimentar el precipitado de color pardo rojizo hasta que se precipitara aproximadamente el 60%. Se agregó 1 ml de ácido

sulfúrico concentrado, se tapó el frasco sin dejar burbujas y se mezcló invirtiendo el recipiente hasta que el precipitado se disolviera completamente. Luego las muestras fueron llevadas a un laboratorio improvisado en las instalaciones del Santuario. La solución se vertió en un Erlenmeyer de 500 ml, se inició la titulación con el tiosulfato estandarizado hasta obtener un color amarillo pálido, luego se agregó unas gotas de almidón y se continuó la titulación hasta que el color azul desapareciera. Se anotó el volumen gastado del titulante y se calculó la concentración de oxígeno disuelto en mg/l, según la siguiente ecuación:

$$OD = \frac{V \times N \times 8.000}{V_F}$$

Donde:

OD: Oxígeno disuelto, en mg O<sub>2</sub> /l

V: Volumen de tiosulfato gastado en la titulación del yodo en ml

N: Normalidad de tiosulfato

V<sub>f</sub>: Volumen del frasco

8000: 8 mg O/meq x 1000 ml/l.

**Figura 25. Laboratorio improvisado en SFF Iguaque**



Fuente: Autor

**3.2.1.3 Coliformes Totales y Fecales.** En cada punto de muestreo se tomaron 4 muestras puntuales para la determinación de coliformes. Se recolectaron en recipientes plásticos estériles, y se preservaron guardándolas en una nevera con hielo (a 4°C aprox.). Estas muestras se llevaron al laboratorio SIHSA LTDA (Sistemas Hidráulicos y Sanitarios) de la ciudad de Bucaramanga para la determinación de coliformes totales y fecales antes de que transcurrieran 24 horas desde el momento que se tomó de la muestra. Éstos fueron determinados mediante el método analítico SM 9222B<sup>3</sup>/ Filtración por membrana, expresando los resultados en UFC/100 ml. Los reportes de resultados del laboratorio se encuentran en el Anexo C.

### **3.2.2 Análisis de los resultados de las muestras Fisicoquímicas y Microbiológicas.**

**3.2.2.1 Determinación del índice ICOMO.** Para la determinación de este índice se usó los resultados de oxígeno disuelto, temperatura del agua, altitud sobre el nivel del mar y Coliformes totales. Con los tres primeros parámetros se determinó el porcentaje de saturación de oxígeno. En el presente estudio se calculó el ICOMO con dos de los tres subíndices propuestos por Ramírez *et al* (1997), se calculó el subíndice de saturación de oxígeno y el subíndice de coliformes totales, no se calculó el subíndice de DBO<sub>5</sub>, ya que el proyecto no disponía de los medios económicos para realizar dichos análisis. Se determinó el índice según el procedimiento descrito por Ramírez *et al* (1997), el cual se muestra a continuación:

$$ICOMO = \frac{I_{Coliformes\ Totales} + I_{Oxigeno}}{2}$$

$$I_{Coliformes\ totales} = -1.44 + 0.56 \log_{10} Col.\ tot. (NMP/100ml)$$

<sup>3</sup> Standard Methods for the examination of Water and Waster, 19<sup>th</sup> Edition, 1995.

Si:

Coliformes totales > 20.000 (NMP/100ml) entonces  $I_{col.tot} = 1$

Coliformes totales < 500 (NMP/100 ml) entonces  $I_{col.tot} = 0$

$$I_{Oxígeno} = 1 - 0.01Oxígeno\%$$

Si:

Oxígeno% > 100 entonces  $I_{Oxígeno} = 0$

Según los resultados del ICOMO, cada punto de muestreo se clasificó en una de las 5 categorías siguientes: ninguno, bajo, medio, alto o muy alto como se explicó en el numeral 1.3.1.1

### **3.2.3 Captura de Macroinvertebrados.**

**3.2.3.1 Captura de Macroinvertebrados para el análisis Cualitativo.** Para el muestreo cualitativo se utilizó la malla D, el muestreo manual y el muestreador Surber. Con la búsqueda manual se pudo examinar detalladamente debajo de rocas, palos y hojas. Con la malla D se buscó acceder a las orillas y a otros lugares en los que no era técnicamente posible usar el muestreador Surber, se utilizó la malla a lo largo de unos 10 m en cada una de las orillas. El muestreador Surber fue utilizado cerca de las orillas y en diversos puntos ubicados dentro del área delimitada por éstos 10m. El muestreo se repitió tantas veces como fue necesario hasta que no se encontraron familias distintas a las que ya se habían capturado.

**3.2.3.1 Captura de Macroinvertebrados para el análisis Cuantitativo.** Se utilizó el muestreador Surber, con un ojo de malla de 500  $\mu\text{m}$  aproximadamente y un área de muestreo de 30cm x 30cm. En cada punto de monitoreo se tomaron tres muestras, una en cada orilla y otra en el centro, lo que equivale a un área de total

de 0.27 m<sup>2</sup>. Con el fin de obtener muestras homogéneas se muestreó sobre el mismo tipo de lecho en los 9 puntos de muestreo, en las orillas se muestreó en coriotopo piedra corriente lenta (PCL) y en el centro piedra corriente rápida (PCR).

**3.3.4 Identificación de las familias de macroinvertebrados.** Los organismos fueron identificados con la ayuda de un estereoscopio, mediante la comparación de su morfología con las claves taxonómicas dadas por los autores en (Roldán 1996, 2003, Cranston *et al*, 1983 y Bouchard, 2004). También se utilizó como referencia algunas fotografías y se consultó a especialistas en el tema.

### **3.3.5 Análisis de los resultados del muestreo de Macroinvertebrados.**

**3.3.5.1 Análisis Cualitativo.** Con los resultados del muestreo cuantitativo se calculó el índice BMWP´Col y el índice ICOBIO, tal como se explicó en el numeral 1.3.2.

**3.3.5.2 Análisis Cuantitativo.** Los resultados del muestreo cuantitativo fueron analizados teniendo en cuenta las abundancias relativas de cada familia de MI dentro de cada punto de muestreo.

**3.3.6 Análisis del estado de Conservación de las Riberas.** El estado de conservación de las riberas fue determinado mediante la observación en campo de las riberas, identificación de especies y registro en el formato de cálculo del índice QBR (Tabla 6). Para los puntos de muestreo Chaina alto, Ortigal alto y,

Ortugal Bajo se tomo el valor del QBR reportado por Torres (2008) y para el punto Carrizal Bajo el reportado por Cañon y Suarez (2009).

**3.3.7 Comparación de resultados:** Los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico, el de las familias de macroinvertebrados y el del estado de conservación de las riberas, fueron comparados entre sí, relacionando así los niveles de contaminación de los cuerpos de agua con los índices biológicos.

#### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

##### 4.1 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS, ÍNDICES ICOMO, ICOBIO y BMWP/Col

**Cuadro 5: Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico, Índices ICOMO, BMWP/Col y QBR**

	SECTOR CARRIZAL			SECTOR ORTIGAL		SECTOR CHAINA		SECTOR VILLA DE LEYVA	
	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO	BAJO	San Agustín	San Francisco
Altitud Aprox. m.s.n.m.	3150	2900	2550	2900	2550	2750	2500	2150	2150
Temperatura (°C)	11,9	12,5	12,7	10,5	15,5	12,4	16,5	18,8	19,2
Oxígeno Disuelto (mg/l)	7,4	7,2	7	7,2	6,8	7,2	7	6,2	6,2
% saturación Oxígeno	101,5	96,9	90,4	92,4	93,7	95,0	95,8	87,1	88,8
Coliformes tot. (UFC/100 ml)	360	300	376000	36000	104000	188000	232000	256000	180000
E Coli (UFC/100 ml)	360	300	168000	9000	104000	136000	105000	256000	98000
ICOMO	0	0,02	0,55	0,54	0,53	0,53	0,52	0,56	0,56
Icol	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Iox%	0	0,03	0,09	0,1	0,06	0,05	0,04	0,13	0,11
QBR	100	100	**80	*85	*55	*75	35	20	20
BMWP/Col	150	149	97	107	75	91	97	122	74

Fuente: Autor, \*Torres (2008) y \*\*Cañon et al (2009)

#### **4.1.1 Análisis de los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico y el índice ICOMO.**

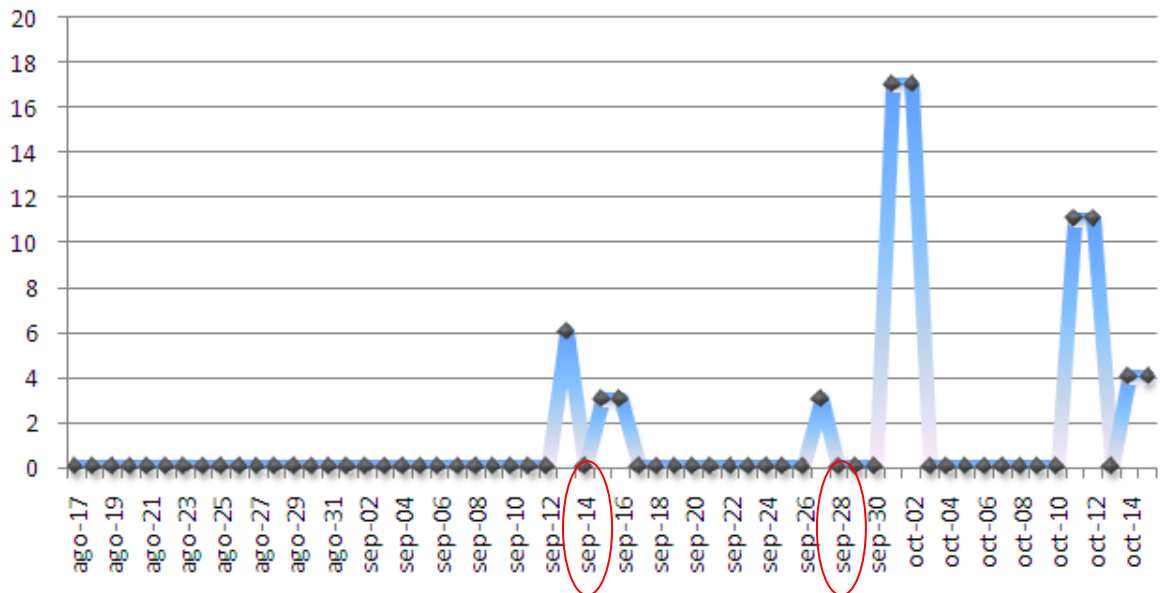
Al revisar el siguiente análisis se debe tener en cuenta que está basado en un solo muestreo por cada punto, en una época de transición de sequía a lluvia, para conocer el estado real y las tendencias en la calidad del recurso hídrico es necesario realizar el monitoreo periódico en distintas épocas climáticas. Para los 9 puntos de muestreo se reportaron valores de temperatura entre 10,5 y 19,2 °C y valores de oxígeno disuelto entre 6,2 y 7,4 mg/l, ambos parámetros medidos cerca del mediodía, entre las 10 a.m. y las 12 p.m., cuando la actividad fotosintética es mayor y se presentan los mayores valores de oxígeno disuelto.

Se observa que en todos los puntos el agua es muy oxigenada, posiblemente debido a la dinámica de los cuerpos de agua analizados, evidenciado por el subíndice lox% con valores inferiores a 0.2 (Color Azul). En la quebrada Carrizal en los 3150 m.s.n.m., se supera el 100% de saturación lo que indica una muy buena capacidad de reoxigenación (Ramírez y Viña 1998). Los 9 puntos de muestreo cumplen con el nivel mínimo de oxígeno establecido en el decreto 1594/84 en cuanto al uso del agua para preservación de flora y fauna (5mg/l para aguas dulces frías).

Los parámetros microbiológicos medidos, Coliformes totales y E.coli (Fecal), se presentaron en niveles altos en 7 puntos, evidenciado por el subíndice de coliformes, el cual adquiere su valor máximo (1, color rojo). Los dos puntos de muestreo ubicados sobre la quebrada Carrizal presentan un valor bajo de coliformes, con un puntaje de 0 (mínimo valor dado para el Subíndice de contaminación por coliformes, color azul).

El índice ICOMO se encontró dentro de dos rangos, el primero catalogado en el nivel “ninguna contaminación” (Azul), para los puntos Carrizal Alto y Carrizal Medio. En el capítulo 3 se habló de la preocupación que existe por habitantes de la zona debido a la posible contaminación de la Quebrada Carrizal-Mamarramos por el impacto causado por el centro de visitantes (que se encuentra ubicado en medio de estos dos puntos), que posee un pozo séptico que funciona deficientemente. Según los resultados del ICOMO, no se observó dicho impacto. Cerca de la fecha del muestreo (14 de septiembre) el hotel recibió escasos visitantes como se observa en la figura 26, ya que hasta ese momento se estaba consolidando la empresa comunitaria NATURAR IGUAQUE, quienes a partir del mes de Octubre del 2008 se hicieron cargo del manejo del Centro de visitantes.

**Figura 26. Número de personas hospedadas en el Centro de visitantes. Agosto a Octubre de 2008**



**Fuente: Estudio de capacidad de carga bajo el marco de límite de cambio aceptable y plan de monitoreo. SFF Iguaque.2008**

El punto de monitoreo carrizal bajo (muestreado el 28 de agosto), aguas abajo de los dos anteriores puntos, se encuentra en el rango de contaminación medio

ICOMO (color amarillo en transición hacia color naranja), en este punto la quebrada Carrizal-Mamarramos ha pasado cerca de varias fincas y cerca de la cabaña de los funcionarios, la cual es habitada en promedio por 5 personas. Estos dos factores pudieran ser los causantes parciales de la contaminación en la quebrada. Con el tiempo cuando se continué con el monitoreo de la calidad del agua de la quebrada se podrá establecer los causantes de la contaminación de la quebrada, siendo necesario añadir un nuevo punto de muestreo después de la cabaña de funcionarios, entre los puntos de muestreo Carrizal medio y Carrizal bajo.

En el sector Ortigal, los dos puntos de muestreo se encuentran en el rango de contaminación ICOMO Medio, indicando que tanto el punto que se encuentra dentro del Santuario como el que se encuentra en la zona amortiguadora están contaminados, debido a las fincas y al ganado que pasta en diversos puntos aguas arriba de estos puntos. En el sector Ortigal dentro del Santuario, existen varios predios privados donde se realizan actividades agropecuarias, con el tiempo este lugar será “saneado”, es decir, el gobierno adquirirá los predios y con el tiempo se convertirá en una reserva natural. El índice ICOMO ayudará en cierto modo a cuantificar el grado de recuperación del Sector Ortigal, con estos cambios, a futuro se podrá observar la disminución del valor del subíndice de coliformes totales y por lo tanto la disminución del valor del ICOMO.

En el sector Chaina, los dos puntos se encuentran en el rango de contaminación ICOMO Amarillo, es evidente que la actividad agropecuaria de la zona ha afectado la quebrada Chaina y al Río Cane. En el punto de muestro Chaina alto, la calidad puede ser afectada con mayor facilidad debido a su escaso caudal. Para los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre de 2008, Torres (2008) reporta un valores entre 0,058 y 0.48m<sup>3</sup>/s. En el sector Chaina, del mismo modo como ocurre en el sector Ortigal existen predios a los que se planea “sanearlos”, entonces el

índice ICOMO sera de gran ayuda para medir la mejora en la calidad en la parte alta de la quebrada Chaina y en algunos sectores del Río Cane.

En el sector de Villa de Leyva los dos puntos de muestreo presentaron un ICOMO amarillo en trancisión hacia naranja, es decir con contaminación media en trancisión hacia alta, con el valor más alto de todos los 9 puntos de muestreo (0.56). Aguas arriba en la parte más alta de la quebrada se encuentran fincas y en la zona urbana, donde se tomaron las muestras, el agua de las quebradas San Agustín y San Francisco han pasado cerca de varias casas del municipio de Villa de Leyva. Fue posible observar en el recorrido numerosos vertimientos que salían de las casas y caían directamente a las quebradas, aparentemente, sin ningún tratamiento previo (ver figura 37). Las fincas y los vertimientos se tomaron como los posibles causantes del alto valor ICOMO.

#### **4.1.2 Análisis de los resultados del cálculo del índice QBR**

Los puntos Carrizal alto y Carrizal medio, presentaron la mayor puntuación posible para este índice (100), cualificados como bosques de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural. Se observó para ambos casos una cobertura vegetal superior al 80%, representada en su mayoría por especies de árboles nativas como *Clusia sp.* (<sup>4</sup>GAQUE), *Viburnum sp* (JUCO), *Miconia sp.* (TUNO), etc. La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total. No existen estructuras en las riberas construidas por el hombre, aunque si existe un puente aguas arriba del punto Carrizal Medio que no se encuentra sobre las riberas y por lo tanto, no es tenido en cuenta; también existe un sendero, pero este no es pavimentado y su ancho es menor a 4 metros, por lo tanto tampoco es tenido en cuenta (Jáimez, 2002). El canal del río no ha sido modificado, por lo tanto, en ambos puntos se adquiere el valor máximo valor en el bloque “grado de naturalidad del canal fluvial”.

---

<sup>4</sup> Las palabras en tre parentesis y en mayúscula hacen referencia en este numeral al nombre común.

**Cuadro 6: resultados del QBR con el puntaje parcial de cada Bloque**

BLOQUES	SECTOR CARRIZAL			SECTOR ORTIGAL		SECTOR CHAINA		SECTOR VILLA DE LEYVA	
	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO	BAJO	SAN AGUSTÍN	SAN FRANCISCO
	1, Grado de Cobertura	25	25	15	NR	NR	NR	0	0
2, Estructura de la cobertura	25	25	20	NR	NR	NR	15	15	5
Tipo Geomorfológico	II	II	NR	NR	NR	NR	II	II	II
3, Calidad de la Cobertura	25	25	20	NR	NR	NR	20	5	10
4, Grado de naturalidad del Canal Fluvial	25	25	25	NR	NR	NR	0	0	5
Puntaje QBR	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>**80</b>	<b>*85</b>	<b>*55</b>	<b>*75</b>	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>20</b>

Fuente: Autor, \*Torres (2008) y \*\*Cañon *et al* (2009). NR: No reporta

**Figura 27: Riberas, punto Carrizal Alto. Quebrada Carrizal**



Fuente: Autor

**Figura 28: Riberas, punto Carrizal Medio. Quebrada Carrizal**



Fuente Autor, Cañon et al (2009)

En el punto Carrizal Bajo el bosque de ribera presenta una calidad buena (Verde), bosques ligeramente perturbados (QBR: 80), con una buena cobertura de árboles y arbustos, con algunas especies nativas, y otras introducidas tales como; Retamo liso, Cipreses y Eucalipto. A diferencia de los dos puntos de muestreo anteriores, la conectividad entre las riberas y el bosque adyacente es parcial, debido a las potrerización y a la presencia de fincas. El grado de naturalidad del canal fluvial es alto debido a que no se observó alteraciones a lo largo de la zona de análisis

**Figura 29: Riberas, Punto Carrizal Bajo. Quebrada Mamarramos**



Fuente Autor, Cañon et al (2009)

En el sector Ortigal, el punto de muestreo más alto tiene un QBR con Calidad Buena (Verde), Bosques ligeramente perturbados (QBR: 85). Este punto posee buena cobertura de arboles y arbustos, pero existen algunas especies introducidas. En las zonas próximas a las riberas la cobertura se ha visto afectada debido al uso de tierras para el pastoreo. En la parte baja desmejora la calidad de las riberas hasta un nivel intermedio (amarillo), indicando un inicio de alteración importante, este punto se encuentra fuera del Santuario en la zona amortiguadora, en donde la vegetación está representada principalmente por Eucaplito, fam Myrtaceae (introducida), y algunas especies nativas, representantes de las familias Solanaceae, Rubiaceae y Melastomataceae.

**Figura 30: Quebrada La colorada parte alta. Zonas de pastoreo**



Fuente: Torres (2008), Autor

En el sector Chaina el punto más alto presenta un índice QBR de 75, calidad Buena, Bosque ligeramente perturbado, éste se encuentra dentro del Santuario, la vegetación aledaña a la quebrada ha sido modificada para cultivos de papa y legumbre. La índice QBR se ve afectado en este punto por la presencia de un acueducto y la falta de cobertura vegetal con cambio de la estructura natural por pastizales. En el sector Chaina Bajo, el QBR disminuye a una mala calidad, (naranja), alteración fuerte del bosque de ribera. Esto se debe a la conversión de áreas

naturales en zonas de pastoreo, a la introducción de especies arbóreas como el eucalipto y a la presencia de estructuras construidas por el hombre. En la grafica se ven sistemás de captación en el Rio Cané, tanques y diferentes estructuras intermintetentes que modifican el canal fluvial.

**Figura 31. Punto Ortigal Bajo. Puente Sobre la Quebrada La Colorada**



Fuente: Autor

**Figura 32. Punto Chaina alto. Quebrada Chaina rodeada de arbustos. Funcionario del SFF Iguaque capacitándose en la toma de muestras**



Fuente: Autor

**Figura 33. Punto Chaina Bajo. Río Cane. Riberas**



Fuente: Autor

**Figura 34. Captación de agua sobre el río Cane para su posterior potabilización**



Fuente: Autor

En el sector Villa de Leyva, en las quebradas San Agustín y san Francisco se observa el mayor grado de alteración de las riberas en comparación con los demás 7 puntos de muestreo, con un QBR de 30 (ROJO), degradación extrema y calidad pésima. En el punto san Agustín se tiene una buena cobertura, pero el puntaje se ve afectado por la ausencia de conectividad con el bosque adyacente, se encuentran diversas especies introducidas de Sauce, Pino y Eucalipto entre otros. Otros factores de la baja puntuación son la presencia de paredes y estructuras

transversales que alteran la naturalidad del canal fluvial, y el vertimiento de basuras. El Punto de muestreo San Francisco, posee una cobertura baja, sin conectividad con el ecosistema forestal adyacente, con especies arbóreas y arbustivas introducidas como el SAUCE y CAÑA BRAVA, Se encuentran estructura construidas por el hombre sobre las riberas, con alteracion de las terrazas adyacentes al lecho del rio y con estructuras intermitentes que modifican el canal del río.

**Figura 35. Quebrada San Agustín. Modificacion del canal fluvial**



Fuente: Autor

**Figura 36. Quebrada San Francisco. Riberas intervenidas.**



Fuente: Autor

**Figura 37. Vertimientos puntuales sobre la quebrada San Agustín (Izq.) y sobre la quebrada San Francisco (Der.)**



Fuente: Autor

#### **4.1.3 Análisis de los resultados del cálculo del índice BMWP´Col**

Los puntos Carrizal Alto y Carrizal Medio se presentaron los valores más altos para BMWP´Col, en comparación con los demás puntos de muestreo, con un valor de 150 entran en la clasificación de aguas muy limpias. El punto Carrizal Bajo presente un valor de 97, en un rango de transición entre aguas ligeramente contaminadas a aguas limpias.

El punto Ortigal alto entra en la clasificación aguas limpias con un puntaje de 107 y el punto Ortigal Bajo presenta un valor de 75, clasificado como aguas ligeramente contaminadas.

El punto de muestreo Chaina Alto tiene un puntaje de 91 y entra en la clasificación, aguas ligeramente contaminadas, mientras que el punto chaina bajo, en el Rio Cane, presenta un valor de 97, en el rango de transición entre calidad aceptable y buena.

En el sector Villa de Leyva el punto de muestreo sobre la quebrada San Agustín presenta un valor BMWP´Col de 122, en la clasificación de aguas limpias y el punto sobre la quebrada San Francisco presenta un valor de 74 (similar al punto Ortigal Bajo, BMWP 75), el más bajo calculado.

#### **4.1.4 Descripción de cada punto de muestreo según los índices ICOMO, QBR y BMWP/Col.**

**4.1.4.1 Carrizal Alto.** Este punto, que se encuentra dentro del Santuario, presenta un alto estado de conservación del bosque de ribera, el bosque adyacente se encuentra en una de las zonas menos intervenidas del área protegida. Las aguas son bastante oxigenadas, tanto que para el día y hora del muestreo el porcentaje de saturación de oxígeno superó el 100%. Los niveles de coliformes totales y fecales medidos fueron muy bajos. Como aguas arriba del punto de muestreo no se encontraron asentamientos humanos ni actividad agropecuaria, se supuso que la presencia de estos coliformes se debe a la fauna nativa. El valor ICOMO fue de 0, tanto como para el  $I_{ox\%}$  y el  $I_{col}$  de los 9 puntos de muestreo, en este punto y en el punto Carrizal Medio, el valor QBR, tanto como el valor BMWP/Col fueron los más altos. Siendo calificado según el QBR como Calidad muy buena, estado natural, bosque de ribera sin alteraciones, y según el BMWP /Col como Calidad Buena, aguas muy limpias.

**4.1.4.2 Carrizal medio.** En este punto los valores medidos por los 3 índices son muy similares al punto anterior, a pesar de que aguas arriba de este punto se encuentra el centro de visitantes. Parte de las aguas residuales de este lugar y de una cabaña que se encuentra junto a él, son enviadas a un pozo séptico que se encuentra saturado y por lo tanto lo que allí llega, se acumula en la superficie y puede ser lavado por la acción de las lluvias, transportado por gravedad hacia las quebradas y/o permeado a través del suelo.

**4.1.2. 3 Carrizal bajo.** En este punto, que se encuentra aguas abajo de los dos anteriores, existe una notable contaminación por materia orgánica, determinada a partir del alto número de coliformes totales y fecales. El índice ICOMO no es tan alto como el Icol, debido que son aguas muy oxigenadas. La calidad del bosque de ribera cambia, ya que este punto se encuentra fuera del Santuario, por lo tanto encontramos fuerte actividad agrícola que han convertido algunas zonas con el pasar de los años en pastizales, también se encuentran diversas especies introducidas, que no se observaron en los dos puntos anteriores.

**4.1.2.4 Ortigal Alto.** En este punto que se encuentra dentro del Santuario, los resultados muestran que existe contaminación por materia orgánica, evidenciado por la alta presencia de Coliformes, pero sus aguas están bien oxigenadas. El índice QBR muestra que en sus riberas ya son evidentes algunos signos de alteración y según el BMWP/Col las aguas están ligeramente contaminadas.

**4.1.2.5 Ortigal Bajo.** Según el ICOMO, en este punto que se encuentra en la zona amortiguadora, existe contaminación de manera similar que ocurre en la parte alta y sus aguas también son oxigenadas, mediante el QBR se observa un aumento de la degradación de la calidad del bosque de ribera y también se observa una disminución del puntaje BMWP´Col, con respecto al punto anterior.

**4.1.2.6 Chaina alto.** Este punto que se encuentra dentro del Santuario, sobre la quebrada Chaina, presenta contaminación en un nivel medio por materia orgánica, con aguas bien oxigenadas. Según el QBR el bosque de ribera se encuentra ligeramente perturbado y según el BMWP´Col, sus aguas están ligeramente contaminadas.

**4.1.2.7 Chaina Bajo.** Para este punto que se encuentra dentro del Santuario y cerca del límite con la zona amortiguadora, se determinó que tenía una contaminación por materia orgánica en un nivel similar a la quebrada Chaina, pero se estima que la cantidad de residuos que llegan al Río Cane son superiores, ya

que su caudal (5,54 m<sup>3</sup>/s, feb 08 y 19,32 m<sup>3</sup>/s, Nov 08) es mucho mayor que el de la quebrada Chaina (0,058 y 0.48m<sup>3</sup>/s, Oct-Nov 08). El índice QBR muestra alteración fuerte sobre el bosque de ribera, parte de ellas has sido convetidas en pastizales y hay presencia de especies introducidas. El índice BMWP´Col, califica las aguas de este punto como ligeramente contaminadas.

**4.1.2.8 San Agustín.** Este punto se encuentras dentro del área urbana del municipio de Villa de Leyva, fue escogido inicialmente como un punto de referencia de un lugar muy intervenido. Los resultados muestran una contaminación media por materia orgánica, y aguas bien oxigenadas. Las riberas, según el índice QBR tienen una calidad pésima (QBR=20), con una degradación extrema, debido a las estructuras construidas por el hombre, baja cobertura arbórea y arbustiva, y especies introducidas entre otros. El BMWP´Col lo califica como aguas limpias a muy limpias.

**4.1.2.9 San Francisco:** Este punto se encuentras dentro del área urbana del municipio de Villa de Leyva. Los resultados del los índices ICOMO y QBR son, muy similares a los del punto San Agustín. El BMWP´Col califica sus aguas como ligeramente contaminadas.

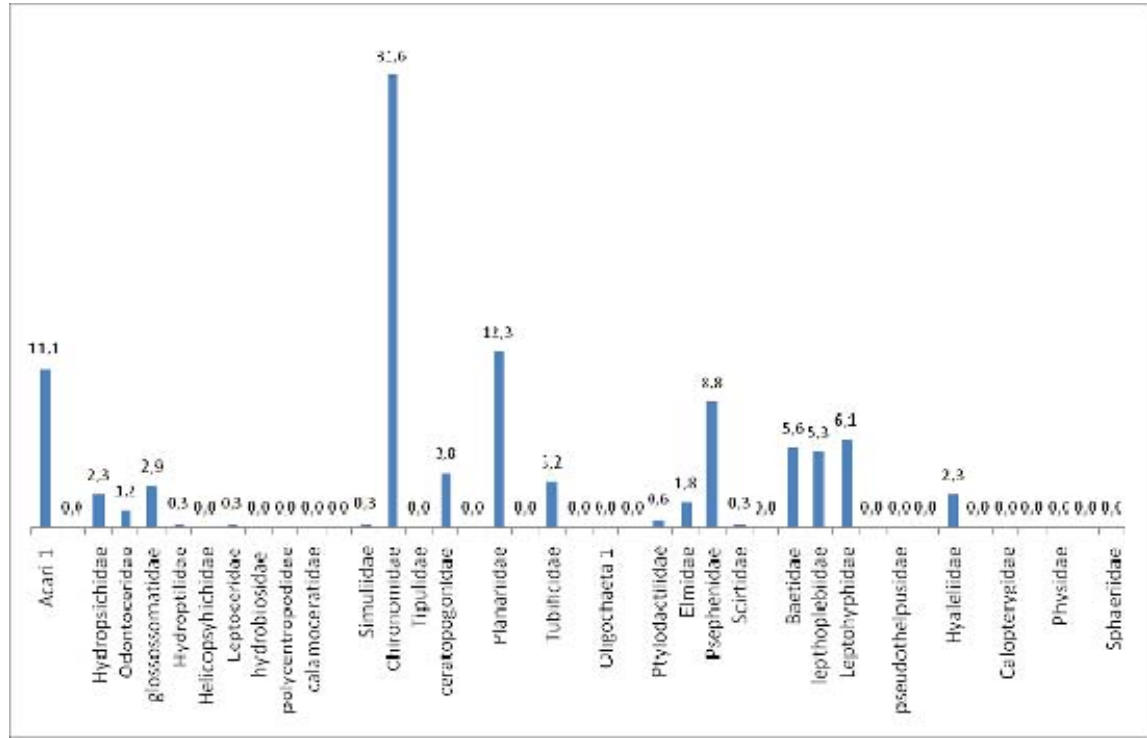
## **4.2 RESULTADOS DEL MUESTREO CUANTITATIVO DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS**

En cada uno de los puntos de muestreo se contó el número de individuos pertenecientes a las familias de MI. Este número equivale a 3 muestras puntuales, cada una en área de 30 cm x 30 cm. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

#### 4.2.1 Resultados por cada punto de muestreo

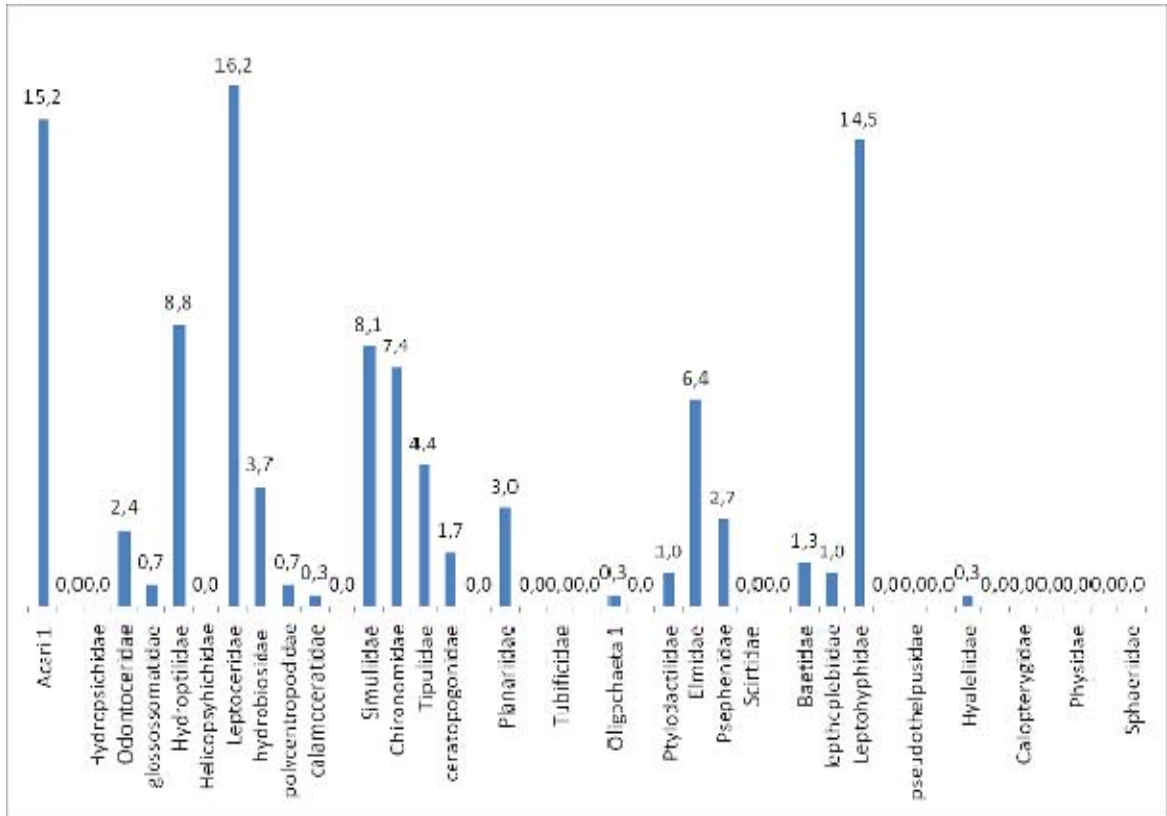
**4.2.1.1 CARRIZAL ALTO.** Las familias más abundantes son Chironomidae (31,6%), Planariidae (12,3%), Acari 1 (11,1%), Psephenidae (8,8%).

**Figura 38. Abundancia de familias de MI en el punto Carrizal Alto**



**4.2.1.2 Carrizal Medio.** Las familias más abundantes son leptoceridae (16,2%), Acari1 (15,2%), Leptohyphidae (14,5%).

**Figura 39. Abundancia de familias de MI en el punto Carrizal Medio**



**4.2.1.3 Carrizal Bajo.** La familia más abundante es Leptophlebiidae, con un porcentaje bastante alto (36,8%), le siguen Chironomidae (12,6%) y Glossosomatidae (9,5%).

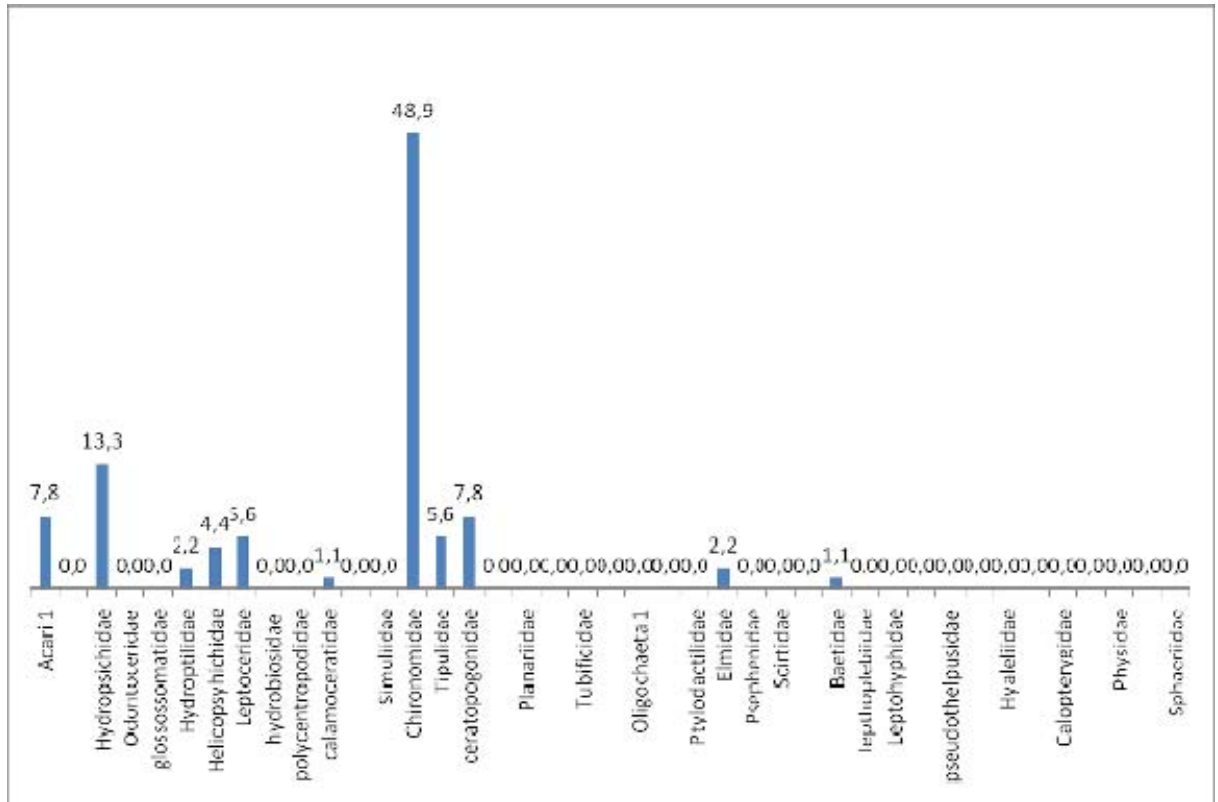
**4.2.1.4 Ortigal Alto.** La familia chironomidae presentó la mayor abundancia relativa 25%, seguido por el Efemeróptero Baetidae (17.9%), Tipulidae (13.4%), Acari y Leptoceridae con 9.8%

**Figura 40. Abundancia de familias de MI en el punto Carrizal Bajo**



**4.2.1.5 Ortigal Bajo.** La familia más abundante fue Chironomidae (48,9%), Hydropsichidae (13,3%), Ceratopogonidae y Acari 1 (7,8%).

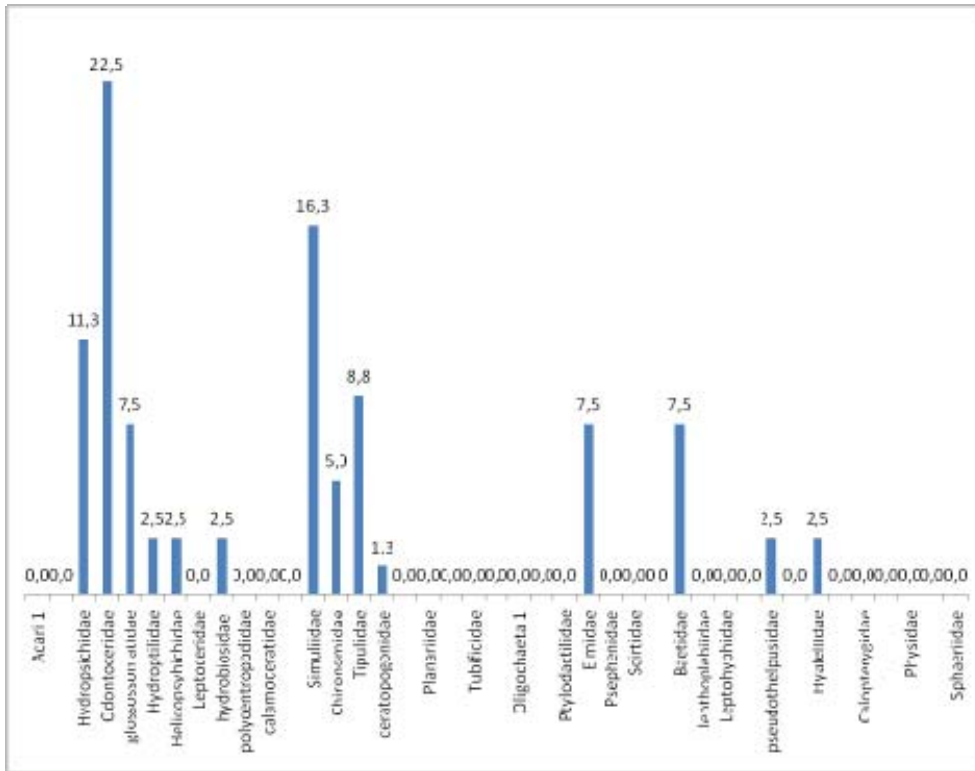
**Figura 42. Abundancia de familias de MI en el punto Ortigal Bajo**



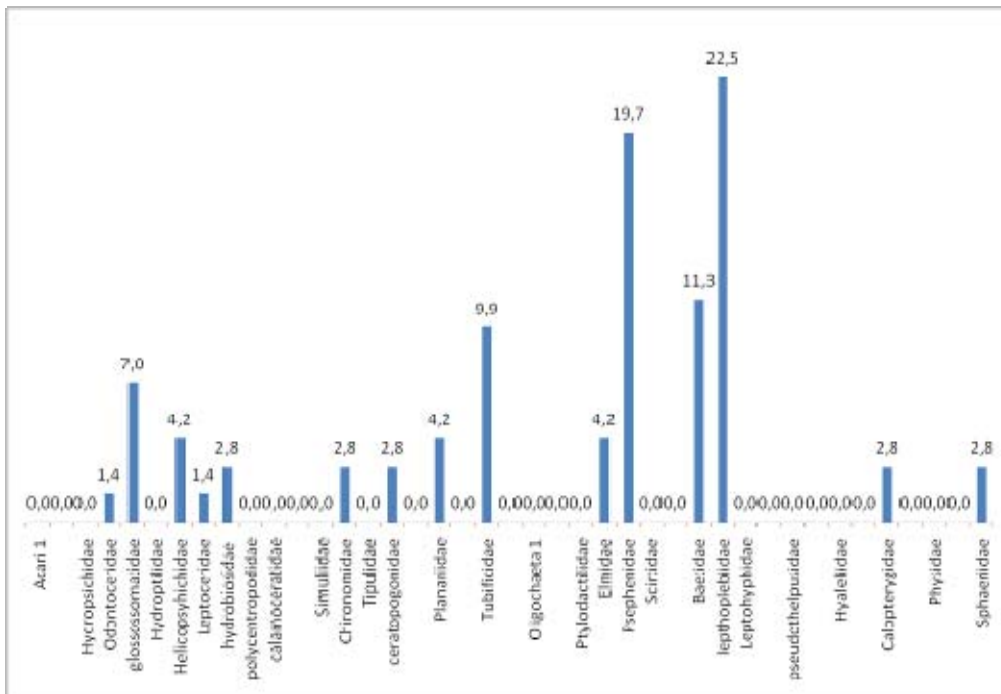
**4.2.1.6 Chaina Alto.** La familia Odontoceridae presenta la mayor abundancia con un 22,5%, seguido del díptero Simuliidae (16,3%) y del tricóptero Hydropsichidae (11,3%)

**4.2.1.7 Chaina Bajo.** La familia Leptophlebiidae presenta el valor más grande de abundancia 22,5%, seguido por el Coleóptero Psephenidae 19,7%, el Efemeróptero Baetidae 11,3 % y el Anélido Tubificidae 9,9%.

**Figura 43: Abundancia de familias de MI en el punto Chaina Alto**

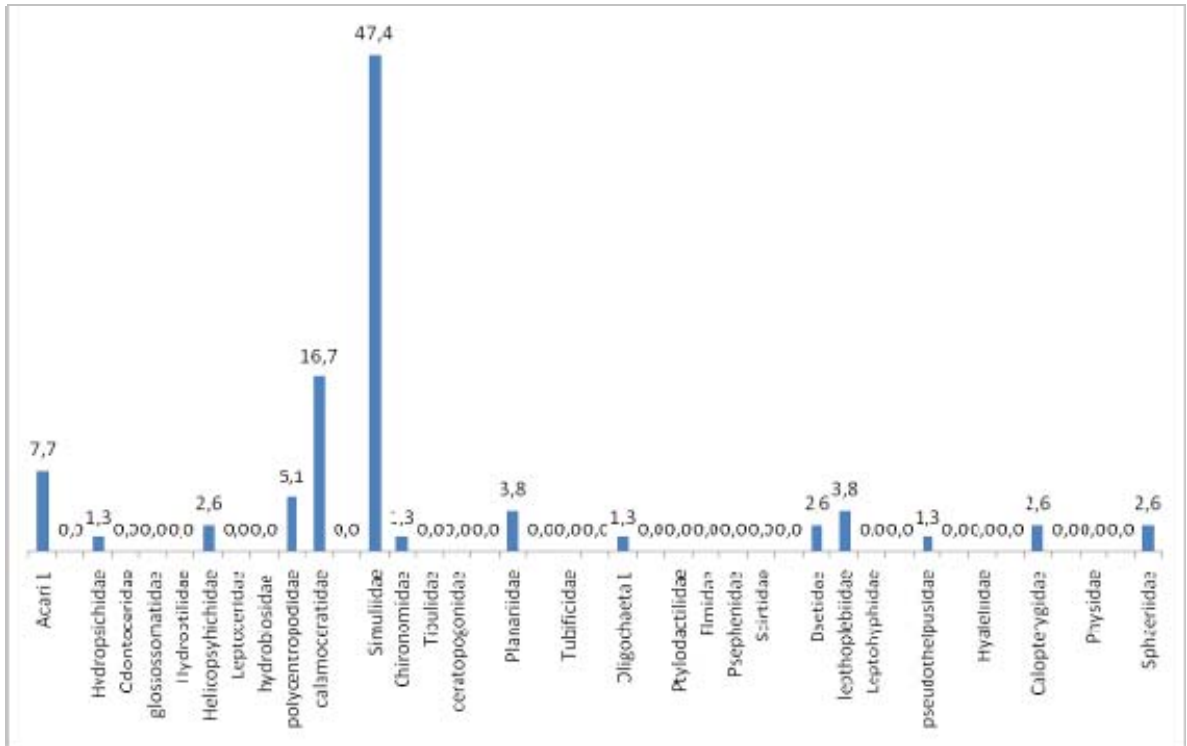


**Figura 44 : Abundancia de familias de MI en el punto Chaina Bajo**



**4.2.1.8 San Agustín.** La familia Simuliidae, es por mucho quien presenta la mayor abundancia (47,4%), le sigue Calamoceratidae con (16,7%) y Acari1 como (7,8%).

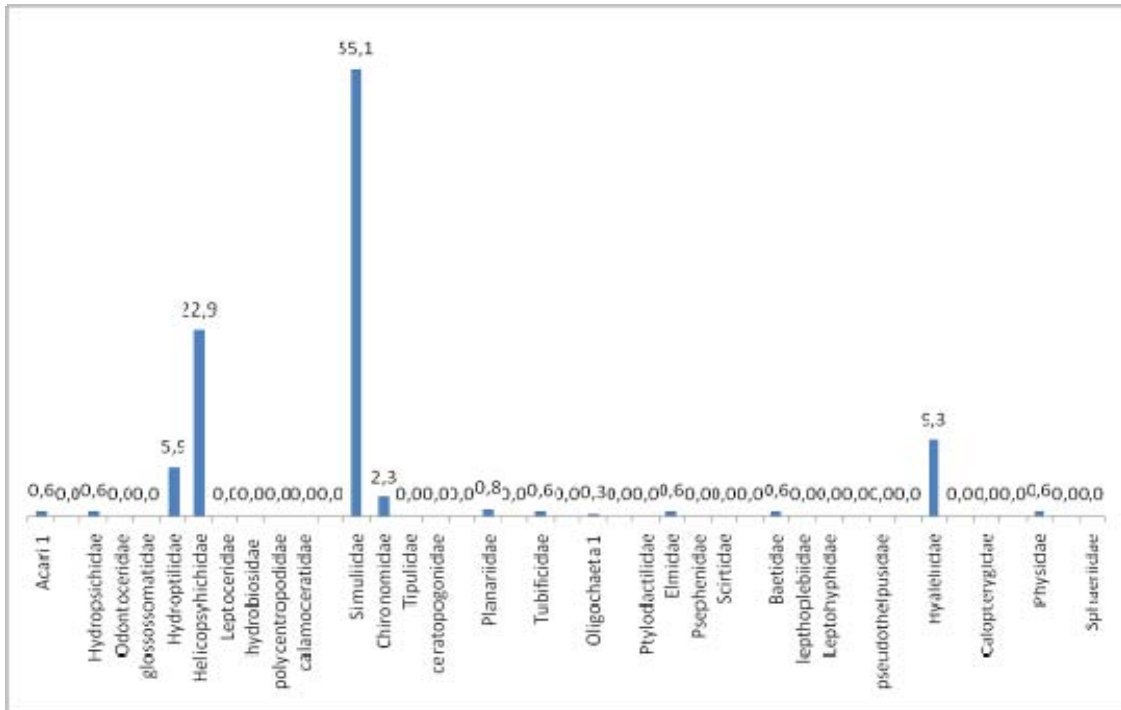
**Figura 45 : Abundancia de familias de MI en el punto San Agustín**



**4.2.1.9 San Francisco.** La familia Simuliidae, es por mucho la que presenta mayor abundancia (55.1%), seguido por Helycopsichidae (22.9%) y Hyaleliidae (9.3%).

**4.2.2 Comparación de algunas familias en los 9 puntos de muestreo**

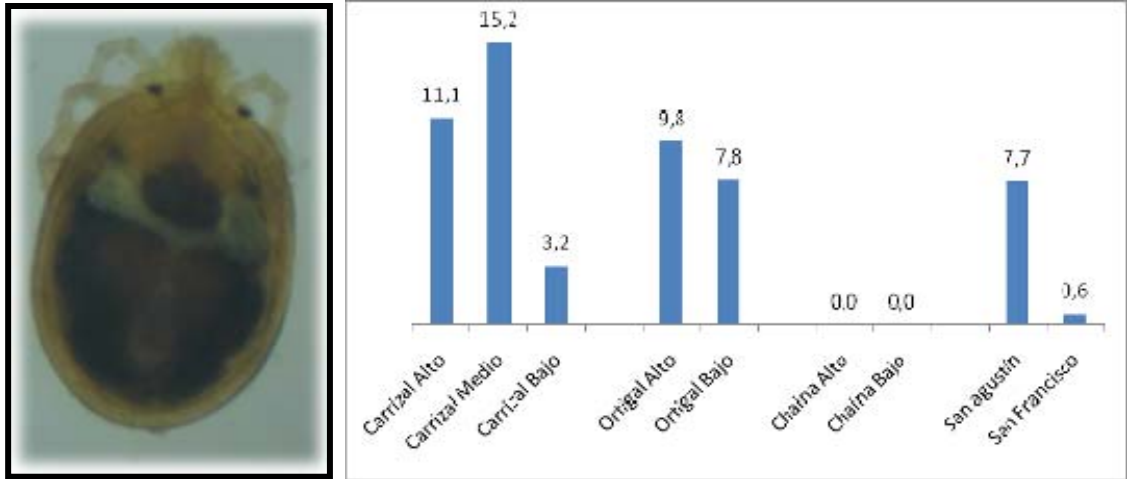
**Figura 46 : Abundancia de familias de MI en el punto San Francisco**



**4.2.2.1 Familia Acari 1 (no identificada):** Presenta la mayor abundancia en los puntos Carrizal alto (11%) y Carrizal medio (15.2%), ambos sin contaminación por materia orgánica ICOMO (azul), en los sectores ortigal alto y bajo también presenta valores altos (9.7 y 7.6%), su ICOMO es mucho más alto (amarillo). La diferencia porcentual es menor que la diferencia del número de individuos, mientras que para carrizal alto y medio tenemos 38 y 45 individuos, para ortigal alto y bajo tenemos 11 y 7 individuos.

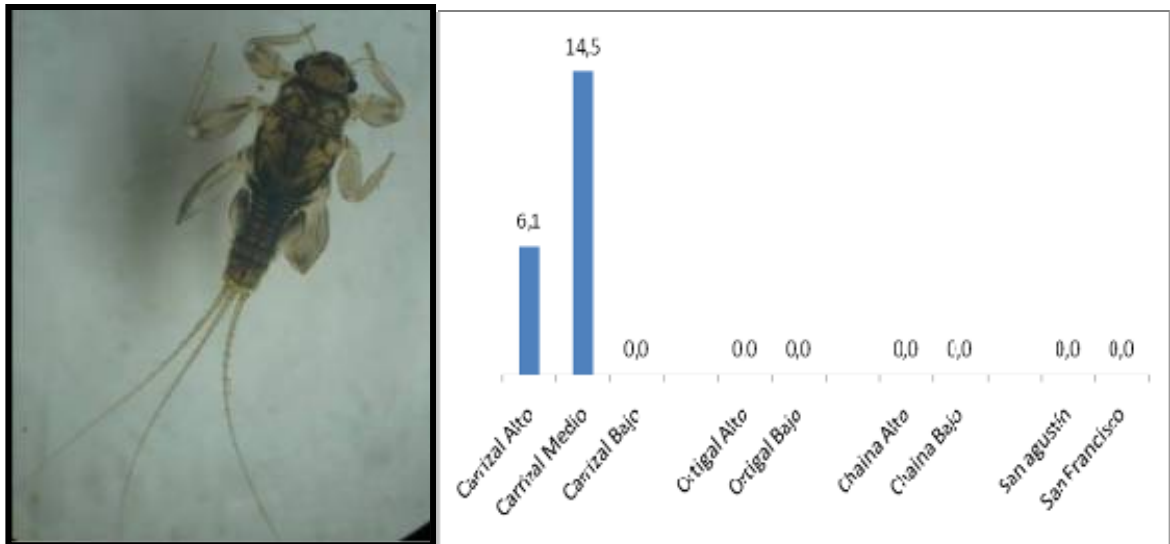
En los puntos Chaina Alto y Chaina Bajo no se encontraron, ambos puntos con un ICOMO amarillo. En las quebradas San Agustín y San Francisco la abundancia de esta familia fue de 7.7% y 0.6%, el número de individuos es bajo con 6 y 2 individuos. Aunque se encontró en aguas con diferentes grados de contaminación su abundancia fue mayor en los sitios menos contaminados. El BMWP`Col. Clasifica a los acaros como poco tolerantes a la contaminación (Puntaje =10).

**Figura 47. Abundancia relativa de la familia Acari 1**



**4.2.2.2 Familia Leptohyphidae.** Solo se encontró en las zonas Carrizal Alto y Carrizal Medio, únicas catalogadas con ICOMO AZUL. En Carrizal Medio tuvo una abundancia relativa de 14.5% (43 individuos) y en Carrizal Alto 6.1% (21 individuos). Posiblemente este efemeróptero tenga una tolerancia muy baja a la contaminación en estas aguas. Se le asigna un puntaje BMWP´Col de 7, y podría estar subestimado para el Santuario.

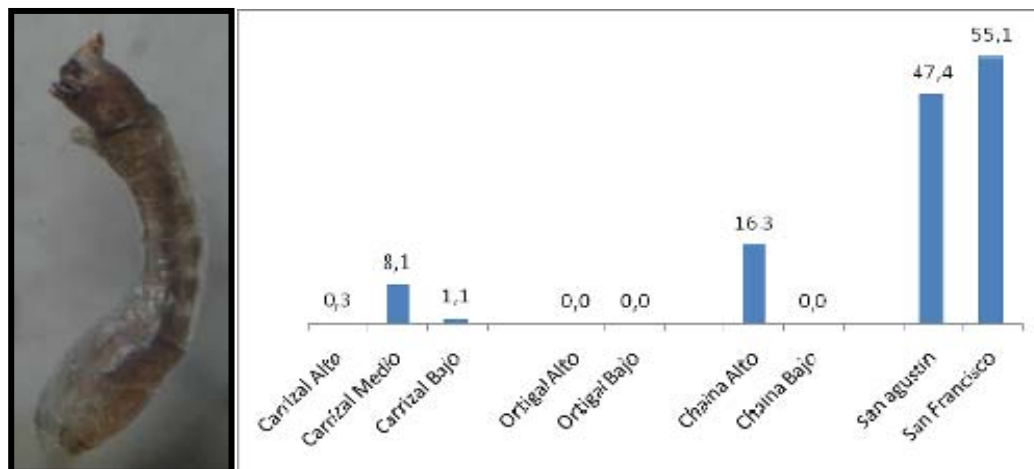
**Figura 48. Abundancia relativa de la familia Leptohyphidae**



**4.2.2.3 Familia Simullidae.** Presenta las mayores abundancias en la quebrada San Agustín (48.7%) y San Francisco (51.1%) con 37 y 195 individuos respectivamente, ambos sitios con ICOMO medio y el más bajo valor de oxígeno disuelto 6.2 mg/l. En Chaina alto (ICOMO AMARILLO) tiene una abundancia del 16%, Carrizal medio presenta un valor de 8.1% (ICOMO AZUL), en los demás puntos se presentan valores muy bajos (entre 0 y 1.2%) con valores de ICOMO desde nivel “ninguno” hasta medio.

Se encontró cantidades muy altas en sitios contaminados y con mayor intervención antrópica, ubicados dentro de la ciudad. Posiblemente, una alta concentración de estos individuos en el agua refleje un alto grado de contaminación, en el BMWP´Col posee un puntaje de 8 según lo cual es poco tolerante a la contaminación, tal vez sobreestimado para el SFF Iguaque. Sanchez (2005) asigna un valor de tolerancia de 5.

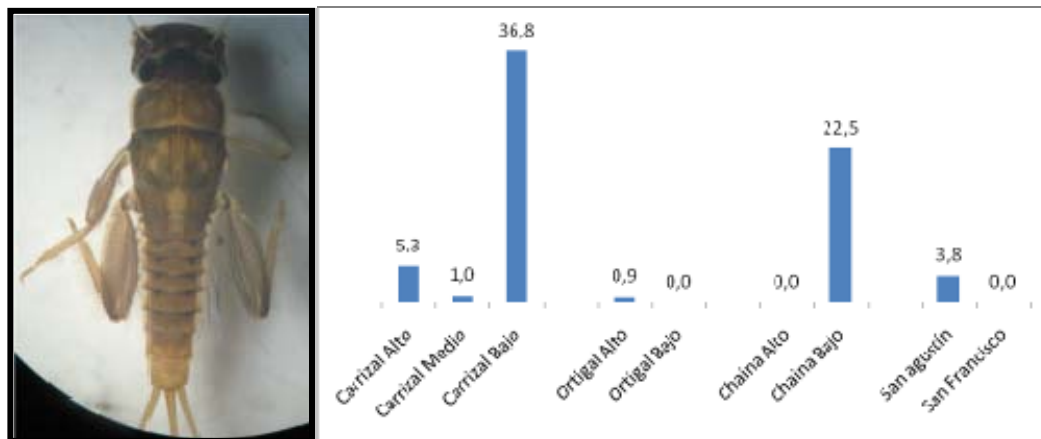
**Figura: 49 Abundancia relativa de la familia Simullidae**



**4.2.2.4 Familia Leptophebiidae.** Los mayores valores se presentaron en carrizal bajo (ICOMO AMARILLO) y chaina bajo (ICOMO AMARILLO). Valores más bajos se presentaron en Carrizal alto, Carrizal medio (ICOMO AZUL), San Agustín y Ortigal alto (ICOMO AMARILLO). En los demás puntos de muestreo no se

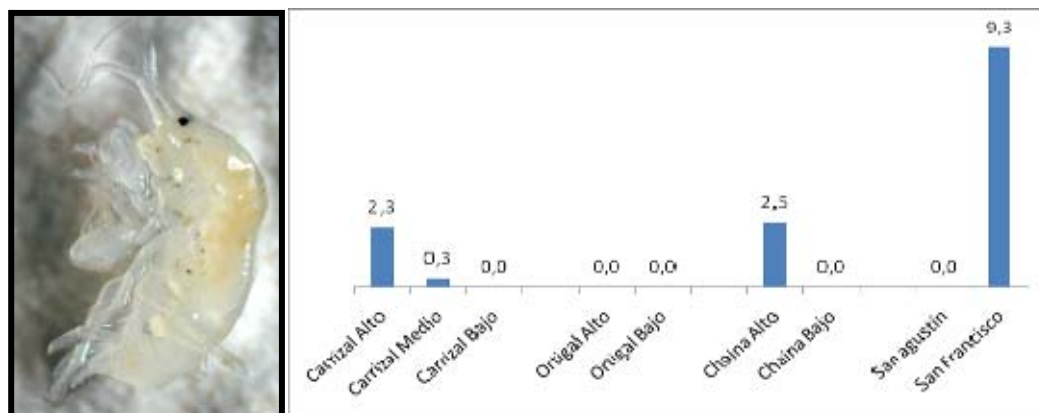
encontraron. Su abundancia fue más baja en los sitios de baja contaminación y más alta en algunos puntos con un mayor grado de contaminación. Posee un puntaje BMWP de 8, posiblemente sobrestimado para el SFF Iguaque.

**Figura 50. Abundancia relativa de la familia Leptoplhebiidae**



**4.2.2.5 Familia Hyalellidae.** Se encuentra en pequeñas proporciones (menores a 2,5%) en Carrizal Alto, Carrizal Medio (ICOMO AZUL), Chaina alta (ICOMO AMARILLO), En San Francisco (ICOMO AMARILLO) tiene una abundancia de 9.3% con 33 individuos mientras que en los demás puntos no supero los 8 individuos.

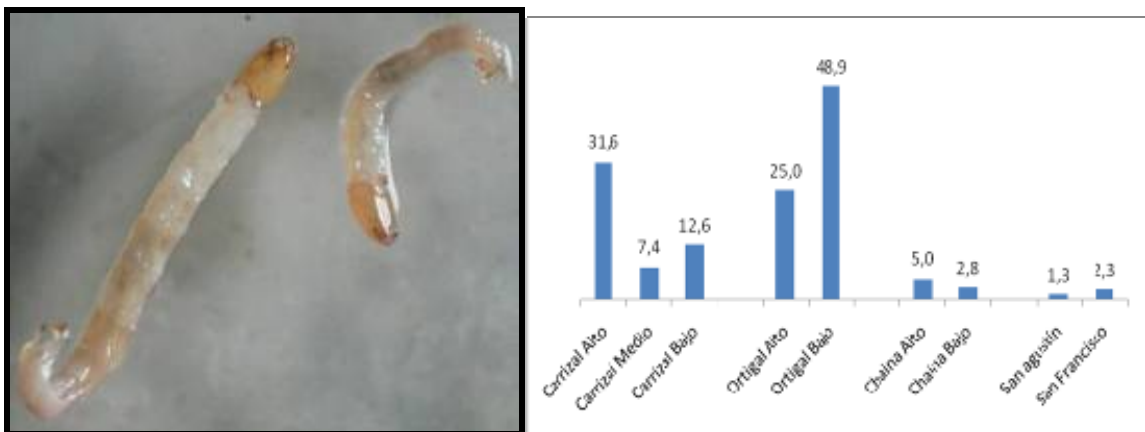
**Figura 51: Abundancia relativa de la familia Hyalellidae**



Su abundancia puede relacionarse a una gran cantidad de materia orgánica, pero podría también puede ser por contaminación o por exceso de material vegetal descompuesto en el fondo.

**4.2.2.6 Familia Chironomidae.** Su abundancia es alta en varios puntos Ortigal Bajo 47.8%, Ortigal Alto 24.8%, Carrizal Alto 19.4%, Carrizal medio 7.4%, Chaina alto 4.9%, Chaina Bajo 2.8%, San Francisco 2.3%, San Agustín 1.3%. Se encontró en todos los puntos de muestreo y no se observó alguna relación con el grado de contaminación. Un estudio a nivel de género podría dar más luces acerca de esta relación. La familia Chironomidae, con un puntaje BMWP<sup>Col</sup> de 2 (muy bajo) y por Sanchez (2005) también recibe este puntaje, ya que es una de las pocas familias que se observan en aguas con muy altos niveles de contaminación. Algunos géneros de esta familia construyen casitas similares a los tricópteros (Ver ANEXO A), algunos de estos individuos fueron encontrados únicamente en el punto de muestreo Carrizal Alto con ICOMO AZUL, posiblemente sean poco tolerantes a la contaminación y puedan servir como indicadores de aguas limpias

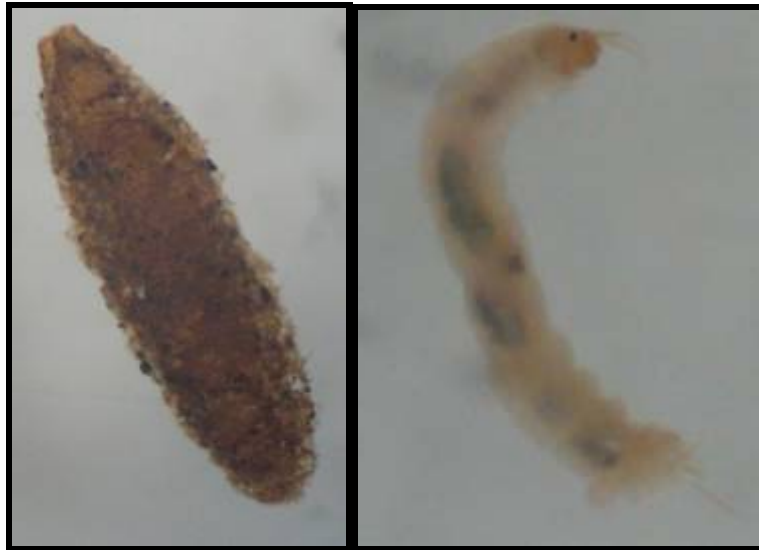
**Figura 52: Abundancia relativa de la familia Chironomidae**



Esta es una familia muy compleja y para su estudio se requiere de mucha especialización taxonómica. En este caso podríamos estar enfrentados a un

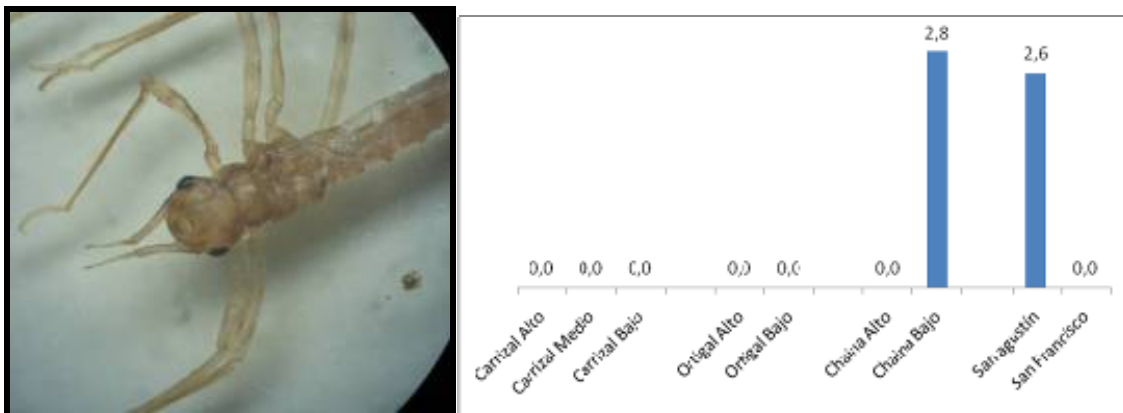
excelente bioindicador de aguas limpias a pesar de que el resto de la familia sea tradicionalmente catalogados como indicadores de contaminación orgánica.

**Figura 53. Chironomidae que construye Casas similares algunos familia del orden Trichoptera**



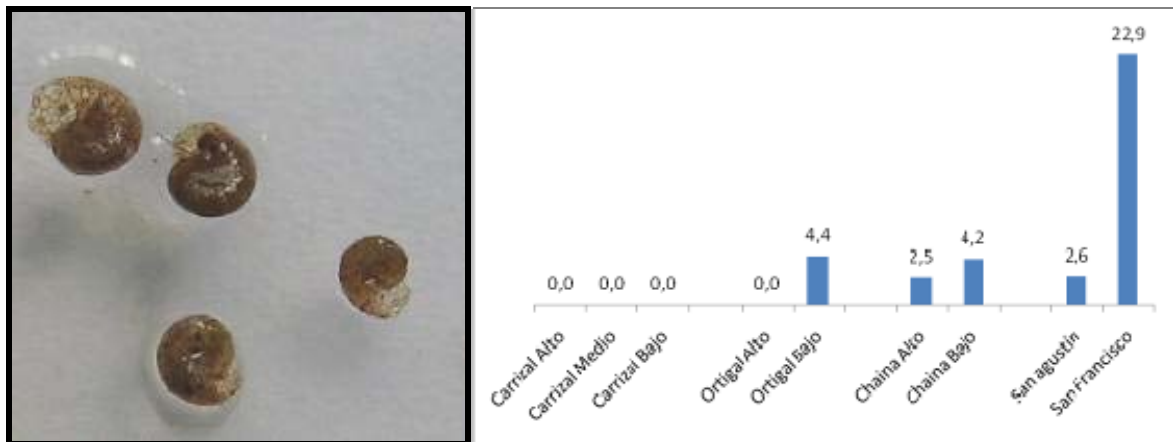
**4.2.2.7 Familia Calopterygidae.** Solo se encontraron dos individuos en Chaina Bajo y dos en la quebrada San Agustín, lugares clasificados como contaminación media. Es la única familia encontrada del orden Odonata.

**Figura 54: Abundancia relativa de la familia Calopterygidae**



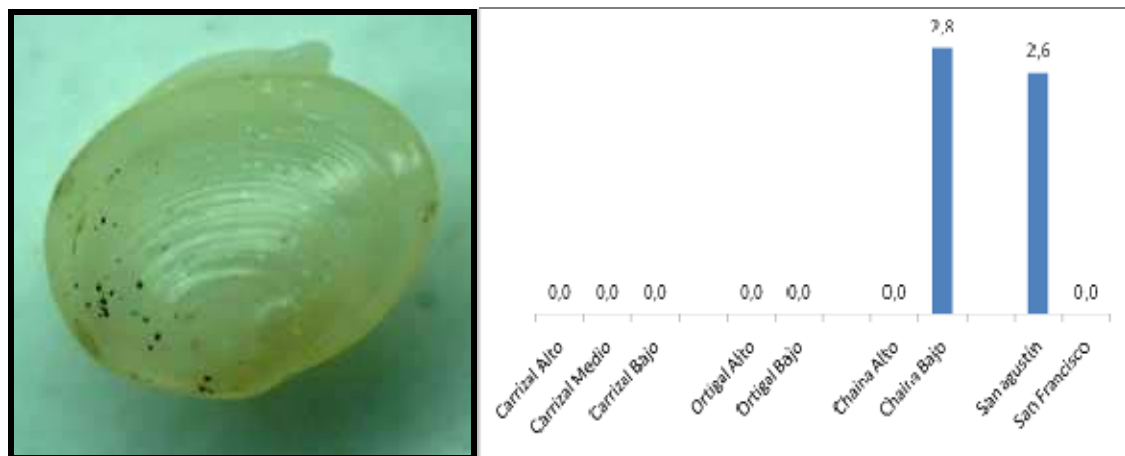
**4.2.2.8 Familia Helycopsichidae.** No se encontró en las zonas con ICOMO AZUL (Carrizal Alto y Medio), se encontró en Ortigal Bajo (4.3%), Chaina alto (2.5%), Chaina Bajo (4.2%), San Agustín 2.6% y un porcentaje alto en San Francisco (22.9%) con 81 individuos estos últimos cinco puntos con ICOMO AMARILLO. Posiblemente su alta concentración sirva como indicadora de contaminación.

**Figura 55: Abundancia relativa de la familia Helycopsichidae**



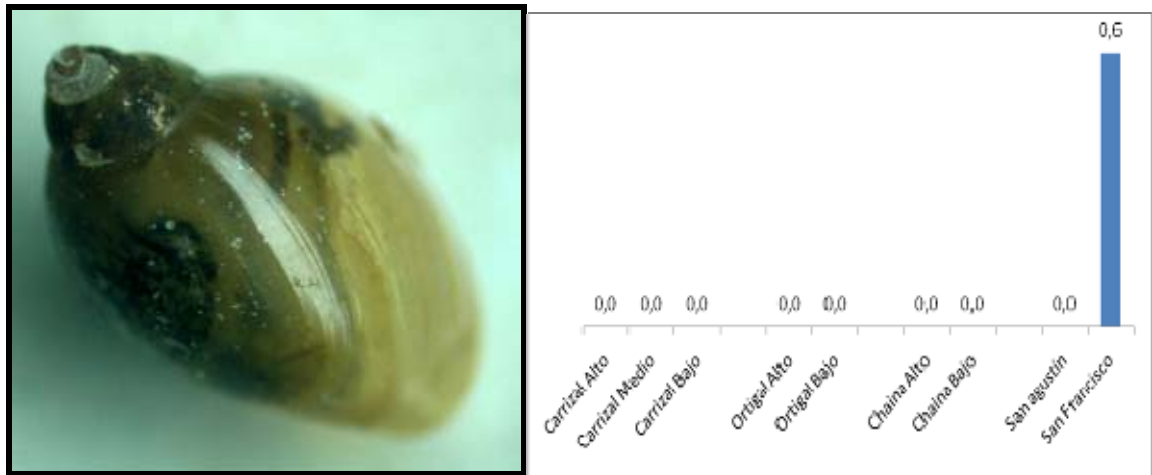
**4.2.2.9 Familia Sphaeriidae.** Solo se encontraron dos individuos en San Agustín y dos en Chaina Bajo (ICOMO AMARILLO).

**Figura 56: Abundancia relativa de la familia Sphaeriidae**



**4.2.2.10 Physidae.** Solo se encontró dos individuos en San Francisco (ICOMO AMARILLO, OD: 6.2 mg/L). Al igual que Sphaeriidae, puede ser un indicador de aguas contaminadas.

**Figura 57: Abundancia relativa de la familia Physidae**



#### 4.2.3 Determinación del índice de Disimilaridad ICOBIO

**Tabla 5. Resultados del índice ICOBIO**

PUNTOS A COMPARAR	ICOBIO
CARRIZAL ALTO VS CARRIZAL MEDIO	0,407
CARRIZAL ALTO VS CARRIZAL BAJO	0,615
CARRIZAL MEDIO VS CARRIZAL BAJO	0,542
ORTIGAL ALTO VS ORTIGAL BAJO	0,444
CHAINA ALTO - CHAINA BAJO	0,609

El ICOBIO para los puntos Carrizal Alto y Carrizal Medio, ambos con un ICOMO AZUL, fue de 0.407 (nivel medio), el valor más bajo de todas las comparaciones. La comparación entre Carrizal medio y Carrizal Bajo da un valor de disimilaridad medio (0.542), pero más alto que en el caso anterior. La comparación entre el punto Carrizal alto y Carrizal Bbajo da un valor de 0.615, disimilaridad alta. Estos resultados concuerdan con los valores registrados para los índices de contaminación ICOMO. Siendo más similares la composición de las familias en las dos zonas con el menor nivel de contaminación. . Como se explicó en el capítulo 1, el ICOBIO compara condiciones hidrobiológicas entre dos puntos y para el caso de éste análisis, no se evidencia una recuperación de la calidad del agua entre el punto Carrizal alto y Carrizal bajo, antes lo contrario, pareciera que la cuenca en su trayecto va recibiendo cada vez mas aportes al río deteriorándolo a medida que se desplaza hacia su cuenca baja.

Lo mismo observado en la cuenca Carrizal se observa en general en las cuencas estudiadas. Un mismo comportamiento es evidente en la cuenca Ortigal, con un IC OBIO de 0.444, mostrando un impacto medio por alteraciones a lo largo de su cuenca que afecta a las comunidades en estos dos puntos de muestreo.

En los dos puntos del sector Chaina se presenta una disimilaridad alta 0.609 (0.53-0.51). Es importante reiterar que este es un muestreo realizado en una sola época climática y por primera vez, casi que se puede constituir en una línea base para la época de sequia en estas cuencas. Es necesario realizar otros muestreos y establecer una base de datos de comportamiento de las comunidades antes de emitir medidas de manejo.

## 5. CONCLUSIONES

1. Según los resultados del muestreo fisicoquímico y microbiológico, se encontraron dos puntos de muestreo sin contaminación por materia orgánica, el punto Carrizal Alto y Carrizal Medio. Estos puntos también son interesantes ya también presentaron el puntaje BMWP´Col más alto y sus riberas lograron el mayor puntaje posible para el índice QBR. Si el ICOMO se mantiene en ellos a lo largo de los futuros muestreos, podrían utilizarse como sitios de referencia debido a sus riberas totalmente conservadas y contaminación nula.
2. Se encontraron puntos dentro del Santuario, en la zona amortiguadora y en la ciudad de Villa de Leyva con un nivel medio de contaminación según el índice ICOMO, con aguas oxigenadas pero con alta concentración de coliformes Totales y fecales. Demostrando aportes de aguas residuales domésticas y/o de origen pecuario, porcino o avícola en la cuenca.
3. Las familias Acari1 y Leptohyphidae fueron mucho más abundantes en los puntos de nula contaminación (ICOMO AZUL), y las familias Leptophlebiidae, Simullidae se encuentran en mayor concentración en algunas aguas contaminadas (ICOMO AMARILLO) que en las aguas sin contaminación. Por lo tanto, es posible que las dos primeras familias sirvan como indicadores de aguas limpias y las dos segundas como indicadoras de aguas contaminadas.
4. El puntaje BMWP/Col coincide con la valoración del ICOMO en las zonas clasificadas como contaminación “ninguna” por materia orgánica, sin embargo, no sucede lo mismo en las demás zonas, como en el caso de la quebrada San Agustín donde se presenta un alto grado de contaminación por coliformes fecales y es clasificada por este método como aguas “Muy limpias a Limpias”. Caso similar ocurren en los puntos Carrizal bajo, Chaina alto y Chaina Bajo. Aún así el

puntaje para los dos puntos ICOMO AZUL es el más alto. Por lo tanto se concluye, como lo sugiere Roldan (2003) (autor que propuso el BMWP/Col), que es necesario ajustar el BMWP´Col para el SFF Iguaque.

**5.** No se encontró un cambio significativo en los valores medidos de Oxígeno Disuelto y Coliformes Fecales, entre los puntos Carrizal Alto ubicado aguas arriba del Centro de Visitantes y Carrizal Medio ubicado aguas abajo del mismo. Posiblemente el impacto más fuerte sobre la calidad del agua se ocurre después del centro de visitantes, ya que en Carrizal Bajo (aguas abajo del centro de visitantes) se registró un gran aumento de Coliformes fecales. Como posibles fuentes de contaminación se tendría la cabaña de funcionarios y las actividades desarrolladas en las fincas cercanas a la quebrada Carrizal (o Mamarramos).

**6.** Según los resultados del cálculo del índice QBR. Existen dos puntos de monitoreo con excelente calidad de ribera, gracias a la labor de protección del sector Carrizal por parte de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Por el contrario otros puntos que se encuentran dentro del Santuario y en la Zona amortiguadora presentan bloques de ribera ligeramente perturbados y otros con alteraciones altas, como en las riberas del Río Cane. Los puntos de monitoreo en la ciudad de Villa de Leyva presentan una degradación extrema y por lo tanto una pésima calidad del bosque de ribera.

**7.** El ICOBIO indica que las cuencas, en vez de estar recuperándose aguas abajo, se están contaminando sin mostrar indicios de recuperación. Esto debido a los aportes domésticos y agropecuarios que reciben las cuencas de este sector en sus partes media-bajas.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda profundizar en el estudio de familias Acari 1 y Leptohyphidae como indicadores de aguas limpias. Del mismo modo identificar el género de la familia Chironomidae que construyen casitas (cajcales) similares a las construidas por algunos tricópteros. Ya que solo se encontró en aguas con ICOMO AZUL.
2. En cuanto a la medición de parámetros fisicoquímicos se recomienda incluir la medición de la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) la cual sería incluida en el cálculo del índice ICOMO. También se recomienda incluir la medición de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales, Nutrientes Nitrogenados, Fosfato, conductividad y pH, para analizar el grado, la fuente y los tipos de contaminación en los cuerpos de agua que nacen en el Santuario Iguaque.
3. Se recomienda continuar con el muestreo cuantitativo, con el fin de conocer las variaciones de las comunidades de macroinvertebrados en distintos niveles de contaminación y con el tiempo poder ajustar para el Santuario, los puntajes de tolerancia de cada familia del índice BMWP'Col
4. En cuanto a la estrategia de monitoreo en general, se recomienda realizar mediciones en épocas de lluvia y sequía, aunque puedan presentarse dificultades debido a la inestabilidad en el clima que pueda causar el Cambio Climático en los próximos años. Para obtener datos representativos y para hacer un seguimiento del recurso hídrico, estos estudios no deben ser aislados ni a corto plazo, por el contrario se debe dar continuidad en el tiempo y enfocados en un mismo eje temático.

**5.** Para conocer el verdadero impacto causado por del centro de visitantes sobre la quebrada Carrizal-Mamarramos, se debe continuar con la medición de los parámetros para el cálculo del ICOMO en las diferentes épocas climáticas y en diferentes temporadas turísticas. Además se recomienda agregar un nuevo punto de muestreo aguas abajo de la cabaña de funcionarios para determinar si ésta también es causante de la contaminación de la quebrada.

**6.** Debido la actividad agrícola desarrollada en esta zona, se recomienda realizar un estudio de la contaminación por pesticidas de los cuerpos de agua del SFF Iguaque y de la zona amortiguadora.

**7.** Se recomienda al SFF Iguaque elaborar una guía ilustrada para la determinación del QBR, en donde se detallen las especies vegetales arbóreas y arbustivas presentes en el Santuario y en la zona amortiguadora, clasificándolas como autóctonas o alóctonas

**8.** Se recomienda realizar convenios interinstitucionales entre Parques Nacionales Naturales de Colombia y la especialización en Química Ambiental de la Universidad Industrial de Santander, con el fin de desarrollar proyectos conjuntos en el estudio de la calidad del agua.

## BIBLIOGRAFIA

ALONSO, A. y CAMARGO, J. Estado Actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los Ecosistemas Fluviales Españoles. En: Rev. Ecosistemas. 2005, **14** (3), p 87-99.

ALQIBLA, Boletín Informativo de la Sociedad Española de Limnología. 2000. 31. 20p

ASTM. D888-92 Standard Test Methods for Dissolved Oxygen in Water.

BOUCHARD, William. Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest. The Water Resources Center. University of Minnesota. 2004. 203 p.

BOTELLO ALFONSO.V., Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental. México: Universidad Autónoma de Campeche 2ª Edición. 2005. 657p

CAÑON, Sandra y SUAREZ, Yenny. Guía Ilustrada de la Entomofauna Acuática del Santuario de Fauna y Flora Iguaque. Universidad Pedagógica Nacional. 2009

CRANSTON, P. y REISS.. The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region - Keys and diagnoses. En: Wiederholm, T. (ed.), Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnosis. Part 1, Larvae. *Entomologica Scandinavica Supplement* 19: 1-457. 1983

D.O.C.E. 2000 DIRECTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO DE 23 DE OCTUBRE DE 2000. Por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. D.O.C.E. L 327 de 22.12.00. 69 pp.

EPA -Environmental Protection Agency. Estándares del Reglamento Nacional Primario de Agua Potable. 2000. Internet: <http://www.epa.gov/safewater/agua/estandares.html>

FERNANDEZ, Nelson y SOLANO, Freddy. Índices de Calidad y Contaminación del Agua. Pamplona: Universidad de Pamplona. 1ª Edición. 2008.146p

\_\_\_\_\_ Conversaciones personales con Nelson Fernández. Biólogo Marino, Master in Science en Biología Molecular y Biotecnología. Profesor de la universidad de Pamplona, Colombia. 2008

\_\_\_\_\_. ICATEST v1.0. SOFTWARE: Una Herramienta para la Valoración de la Calidad del Agua.

GARCÍA, Martha, SÁNCHEZ, Félix *et al.* El Medio Ambiente en Colombia. El Agua. Publicaciones. IDEAM (Instituto de Hidrología, meteorología y Estudios Ambientales) Colombia. 2001. Internet: <http://www.ideam.gov.co/publica/index4.htm>

GLYNN, Henry y ESCALONA, Héctor. Ingeniería ambiental. México: 2ª Edición. Edt. Prentice Hall. 1999. 778 p.

HACH COMPANY. Ficha técnica equipos HDQ. Lit 2560. 2008. Internet: [http://www.hach-latinoamerica.com/docs/L2560\\_HQdDataSheet.pdf](http://www.hach-latinoamerica.com/docs/L2560_HQdDataSheet.pdf)

IDEAM. (Instituto de Hidrología, meteorología y Estudios Ambientales). Guía para el monitoreo y seguimiento del agua .Colombia. 2004. 39p.

\_\_\_\_\_. Propuesta- Índice de Calidad General en Corrientes Superficiales. 2006. 6 p

JÁIMEZ, Pablo et al. Protocolo GUADALMED (PRECE). En: Limnetica, 2002. 21(3-4): 187-204

MUNNÉ, A.; SOLÀ, C. y PRAT, N. *QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera*. En: Tecnología del Agua, 1998. 175: p 20-37.

PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA. Colombia: Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2009. Internet: [WWW.Parquesnacionales.gov.co](http://WWW.Parquesnacionales.gov.co) .

\_\_\_\_\_. Plan de manejo del Santuario de Fauna y Flora Iguaque. 2006

PASCUAL, Rosario, CALDERÓN, Vicente. Microbiología alimentaria: Metodología analítica para alimentos y bebidas. Madrid: 2ª Edición. Ediciones Díaz de Santos, 2000. 441 p.

RAMIREZ, A., RESTREPO, R., y VIÑA, G. Cuatro Índices de Contaminación para Caracterización de Aguas Continentales. Formulación y Aplicación. En: CT&F- Ciencia, Tecnología y Futuro. 1997. Vol. 1 Núm. 3. Dic. p 135 – 153.

RAMIREZ, A., RESTREPO, R., y CARDEÑOSA, M. Índices de contaminación para Caracterización de Aguas Continentales y Vertimientos. Formulación. En: CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro 1999, Vol. 1 Núm. 5 Dic. p 89-99.

ROJAS ROMERO, Jairo. Calidad del Agua. Primera Edición. Colombia: Escuela Colombiana de Ingenierías. Edit. Nomos.2002. 410 p.

ROLDAN PEREZ, Gabriel. Fundamento de Limnología Neotropical, Medellín: Edit. Universidad de Antioquia. 2ª Edición. 2008. 440p.

\_\_\_\_\_. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. En: 1999. Acad. Colomb. Cienc **23**(88). p 375-388.

\_\_\_\_\_. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Medellín: Universidad de Antioquia. Primera Edición. 2003. 170 p.

\_\_\_\_\_. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Bogotá: Universidad de Antioquia.1996. 217p

SANCHEZ, Marjourie. El Índice Biológico BMWP, Modificado y Adaptado al Cauce Principal del Río Pamplonita. En: Bistua 2005. Vol. 3 No. 2.. p 54-57.

SUAREZ, Luisa, *et al* . Asociación Española de Limnología. Las Riberas de los Ríos Mediterráneos y su Calidad En: Limnetica 2002. 21(3-4). p 135-148.

VIÑA VIZCAINO, Gerardo y RAMÍREZ GONZALES, Alberto. Limnología Colombiana. Aportes a su Conocimiento y Estadísticas de Análisis. Bogotá: Edt. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano Colombia. 1998.

VARGAS, Luz Yolanda. Guía de Laboratorio de Aguas. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias. Especialización en Química Ambiental. 2006. 72 p.

# **ANEXOS**

## ANEXO A. GALERIA FOTOGRÁFICA DE MACROINVERTEBRADOS PRESENTES EN EL SFF IGUAQUE

Todas las fotografías presentadas a continuación fueron tomadas por el autor del presente trabajo.

### A.1. ORDEN EPHEMEROPTERA

#### A.1.1. Familia Leptohyphidae.





A.1.2. Familia Leptophlebiidae



A.1.3 Familia Baetidae



**A.2. ORDEN TRICHOPTERA**

**A.2.1 Familia Glossossomatidae**



A.2.2. Familia Hydroptilidae



A.2.3. Familia Helicopsychidae



A.2.4 Familia Hydropsichidae



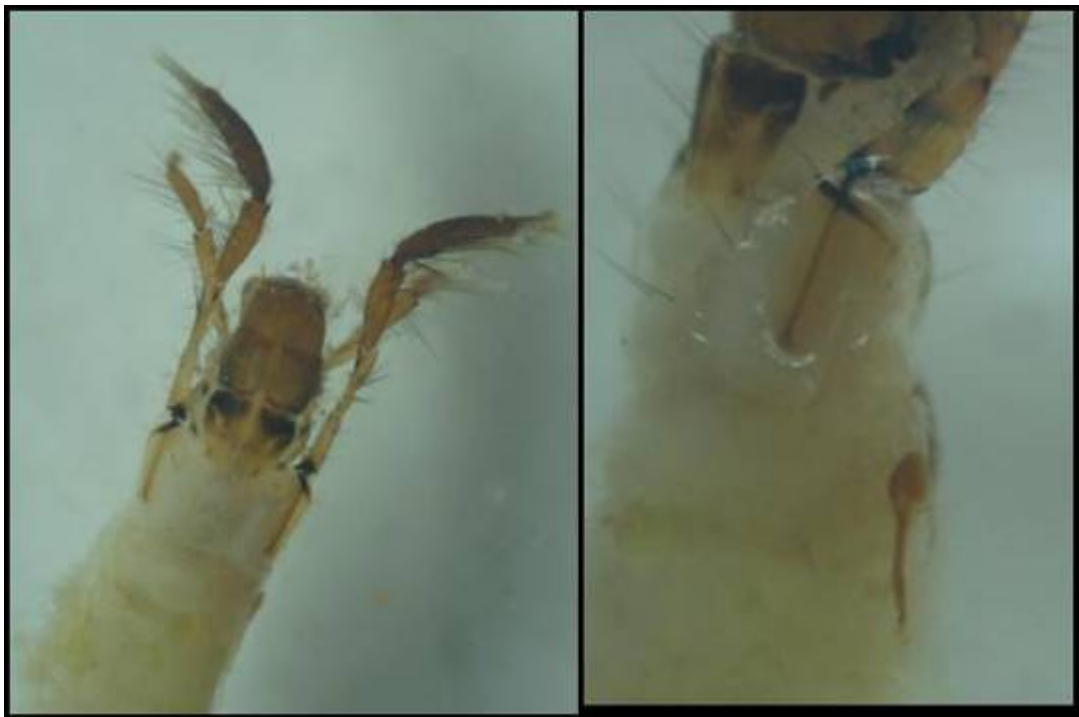


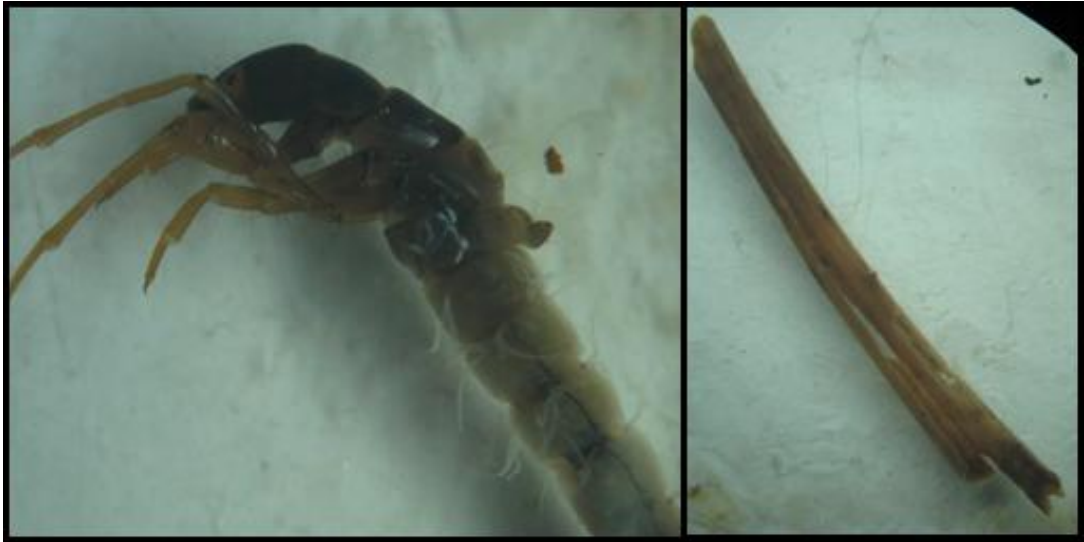
A.2.4 Familia Hydrobiosidae



A.2.5 Familia Leptoceridae













A.2.6 Familia Odontoceridae



A.2.7 Familia Polycentropodidae



A.3 Orden Acari

Familia no identificada (Acari 1)



**A.4 Orden Diptera**

**A.4.1 Familia Ceratopogonidae**



A.4.2 Familia Chironomidae













A.4.3 Familia Tipulidae





A.4.4 Familia Simuliidae



**A.5 Orden Tricladida**

**A.5.1 Familia Planaridae**



**A. 6 Clase Oligochaeta, Orden no identificado.**

**A.6.1 Familia no identificada (Oligochaeta 1)**



**A.7 Orden Haplotaxida**

**A. 7.1 Familia Tubificidae**



A.8. Orden Plecoptera

A.8.1 Familia Perlidae





**A.9 Orden Coleoptera**

**A.9.1 Familia Elmidae**











A.9.2 Familia Gyrinidae



A.9.3 Familia Ptilodactylidae



A.9.4 Familia Scirtidae



A.9.5 Familia Psephenidae



**A.10 ORDEN AMPHIPODA**

**A.10.1 Familia Hyaleliidae**



**A.11 ORDEN ODONATA**

**A.11.1 Familia Calopterygidae**



**A.12 ORDEN BASOMMATOPHORMA**

**A.12.1 Familia Physidae**



**A.13 ORDEN VENEROIDA**

**A.13.1 Familia Sphaeriidae**



## A.14 ORDEN HEMIPTERA

### A.14.1 Familia Veliidae



### A.14.2 Familia Gerridae



A.14.3 Familia Notonectidae



## ANEXO B. REPORTE DE ABUNDANCIAS

### A.B.1 Número de individuos por familia

Cuadro. Abundancias. (Área total de muestreo 0,27m<sup>2</sup>)

ORDEN	FAMILIA	SECTOR								
		CARRIZAL			ORTIGAL		CHAINA		VILLA DE LEYVA	
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	San Agus	San Franc
ACARI	Acari 1	38	45	3	11	7	0	0	6	2
<b>TOTAL ACARI</b>		<b>38</b>	<b>45</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
TRICHOPTERA	Hydropsichidae	8	0	1	2	12	9	0	1	2
	Odontoceridae	4	7	4	4	0	18	1	0	0
	Glossossomatidae	10	2	9	2	0	6	5	0	0
	Hydroptilidae	1	26	0	0	2	2	0	0	21
	Helicopsyhichidae	0	0	0	0	4	2	3	2	81
	Leptoceridae	1	48	8	11	5	0	1	0	0
	Hydrobiosidae	0	11	6	2	0	2	2	0	0
	Polycentropodidae	0	2	4	0	0	0	0	4	0
	Calamoceratidae	0	1	0	2	1	0	0	13	0
<b>TOTAL TRICHOPTERA</b>		<b>24</b>	<b>97</b>	<b>32</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>39</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>104</b>
DIPTERA	Simuliidae	1	24	1	0	0	13	0	37	195
	Chironomidae	108	22	12	28	44	4	2	1	8
	Diptera 1	0	0	1	0	0	4	0	0	0
	Tipulidae	0	13	4	15	5	3	0	0	0
	Ceratopogonidae	13	5	0	6	7	1	2	0	0
<b>TOTAL DIPTERA</b>		<b>122</b>	<b>64</b>	<b>18</b>	<b>49</b>	<b>56</b>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>38</b>	<b>203</b>
TRICLADIDA	Planariidae	42	9	0	0	0	0	3	3	3
<b>TOTAL TRICLADIDA</b>		<b>42</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
HAPLOTAXIDA	Tubificidae	11	0	0	0	0	0	7	0	2
<b>TOTAL HAPLOTAXIDA</b>		<b>11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>2</b>

**Cuadro (Continuación). Abundancias (Área total de muestreo 0,27m<sup>2</sup>)**

		SECTOR								
		CARRIZAL			ORTIGAL		CHAINA		VILLA DE LEYVA	
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	San Agus	San Franc
<b>OLIGOCHAETA (CLASE)</b>	<b>Oligochaeta 1</b>	0	1	0	0	0	0	0	1	1
<b>TOTAL OLIGOCHAETA 1</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>COLEOPTERA</b>	<b>Ptylodactilidae</b>	2	3	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Elmidae</b>	6	19	1	5	2	6	3	0	2
	<b>Psephenidae</b>	30	8	6	1	0	0	14	0	0
	<b>Scirtidae</b>	1	0	0	2	0	0	0	0	0
<b>TOTAL COLEOPTERA</b>		<b>39</b>	<b>30</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
<b>EPHEMEROPTERA</b>	<b>Baetidae</b>	19	4	0	20	1	6	8	2	2
	<b>leptophlebiidae</b>	18	3	35	1	0	0	16	3	0
	<b>Leptohyphidae</b>	21	43	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL EPHEMEROPTERA</b>		<b>58</b>	<b>50</b>	<b>35</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>24</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>DECAPODA</b>	<b>pseudothelphusidae</b>	0	0	0	0	0	2	0	1	0
<b>TOTAL PLECOPTERA</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>AMPHIPODA</b>	<b>Hyaleliidae</b>	8	1	0	0	0	2	0	0	33
<b>TOTAL AMPHIPODA</b>		<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>33</b>
<b>ODONATA</b>	<b>Calopterygidae</b>	0	0	0	0	0	0	2	2	0
<b>TOTAL ODONATA</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
<b>BASOMMATOPHORMA</b>	<b>Physidae</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<b>TOTAL BASOMMATOPHORMA</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
<b>VENEROIDA</b>	<b>Sphaeriidae</b>	0	0	0	0	0	0	2	2	0
<b>TOTAL VENEROIDA</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL DE MACROINVERTEBRADOS</b>		<b>346</b>	<b>297</b>	<b>98</b>	<b>113</b>	<b>92</b>	<b>79</b>	<b>72</b>	<b>77</b>	<b>354</b>

# ANEXO C. REPORTES DE LABORATORIO DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

## C.1 PUNTO DE MUESTREO CARRIZAL MEDIO



SISTEMAS HIDRAULICOS Y SANITARIOS LTDA  
LABORATORIO AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

Informe No. 563/08

Fecha de emisión: Septiembre 18 de 2008

Solicitante – Contacto:	HERNNAN LUNA BERBESI
Dirección, teléfono del cliente	Carrera 30 # 16-10 Apto: 302 - 3124125170
Identificación de la muestra:	Quebrada Carrizal 1
Protocolo de muestreo:	Procedimiento del Cliente
Matriz de la muestra:	Agua Natural Superficial
Lugar y punto de muestreo:	Quebrada Carrizal
Tipo de muestra:	Puntual
Fecha y hora de muestreo:	Septiembre 14 de 2008 – 2:40 p.m
Muestra tomada por:	Hernnan Luna
Fecha y hora recepción laboratorio:	Septiembre 15 de 2008 – 10.00 a.m
Muestras recibidas por:	Bact: Jorge Novoa
Fecha de análisis:	Septiembre 15 - Septiembre 17 de 2008

ANALISIS	UNIDADES	RESULTADO	METODO ANALÍTICO <sup>(1)</sup>
ANALISIS MICROBIOLÓGICOS EN LABORATORIO			
Recuento coliformes totales	UFC/100 ml	30*10 <sup>1</sup>	SM 9222 B / Filtración por membrana
E-Coli	UFC/100 ml	30*10 <sup>1</sup>	SM 9222 B / Filtración por membrana

<sup>(1)</sup> SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19<sup>th</sup> Edition, 1995, APHA, AWWA, WEF

Observaciones: Ninguna.

"Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él"  
Prohibida su reproducción parcial sin la autorización del jefe del laboratorio

Elaborado por:

LABORATORIO AMBIENTAL  
JAVIER MORENO M.A.  
Analista de Laboratorio  
Químico UIS- MP. PQ2395

Revisado y Aprobado por:

LABORATORIO AMBIENTAL  
SIHSA LTDA  
GLORIA CASTELLANOS DE PEÑA  
Jefe de Laboratorio  
Ingeniera Química UIS - M.P. 644

## C.2 PUNTO DE MUESTREO CARRIZAL BAJO



SISTEMAS HIDRAULICOS Y SANITARIOS LTDA  
LABORATORIO AMBIENTAL

INFORME DE RESULTADOS

Informe No. 534/08

Fecha de emisión: Septiembre 4 de 2008

Solicitante – Contacto:	HERNNAN LUNA BERBESI
Dirección, teléfono del cliente	Carrera 30 # 16-10 Apto: 302 - 3124125170
Identificación de la muestra:	Muestra # 4
Protocolo de muestreo:	Procedimiento del Cliente
Matriz de la muestra:	Agua Natural Superficial
Lugar y punto de muestreo:	Quebrada Mama Ramos parte Baja
Tipo de muestra:	Puntual
Fecha y hora de muestreo:	Agosto 28 de 2008 – 11:10 a.m
Muestra tomada por:	José Gregorio
Fecha y hora recepción laboratorio:	Agosto 29 de 2008 – 8:50 a.m
Muestras recibidas por:	Bact: Jorge Novoa
Fecha de análisis:	Agosto 29 – Agosto 30 de 2008

ANALISIS	UNIDADES	RESULTADO	METODO ANALITICO <sup>(1)</sup>
<b>ANALISIS MICROBIOLÓGICOS EN LABORATORIO</b>			
Recuento coliformes totales	UFC/100 ml	375 *10 <sup>3</sup>	SM 9222 B / Filtración por membrana
E-Coli	UFC/100 ml	168 *10 <sup>3</sup>	SM 9222 B / Filtración por membrana

<sup>(1)</sup> SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19<sup>th</sup> Edition, 1995, APHA, AWWA, WEF

Observaciones: Ninguna.

\*Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él  
Prohibida su reproducción parcial sin la autorización del jefe del laboratorio

Elaborado por:



Revisado y Aprobado por:



### C.3 PUNTO DE MUESTREO ORTIGAL ALTO



SISTEMAS HIDRAULICOS Y SANITARIOS LTDA  
LABORATORIO AMBIENTAL

INFORME DE RESULTADOS

Informe No. 546/08

Fecha de emisión: Septiembre 4 de 2008

Solicitante - Contacto:	HERNNAN LUNA BERBESI
Dirección, teléfono del cliente	Carrera 30 # 16-10 Apto: 302 - 3124125170
Identificación de la muestra:	Muestra # 7
Protocolo de muestreo:	Procedimiento del Cliente
Matriz de la muestra:	Agua Natural Superficial
Lugar y punto de muestreo:	Quebrada Ortigal
Tipo de muestra:	Puntual
Fecha y hora de muestreo:	Septiembre 2 de 2008 - 9:30 a.m
Muestra tomada por:	Hernnan Luna
Fecha y hora recepción laboratorio:	Septiembre 3 de 2008 - 9:20 a.m
Muestras recibidas por:	Bact: Jorge Novoa
Fecha de análisis:	Septiembre 3 - Septiembre 4 de 2008

ANALISIS	UNIDADES	RESULTADO	METODO ANALITICO <sup>(1)</sup>
<b>ANALISIS MICROBIOLÓGICOS EN LABORATORIO</b>			
Recuento coliformes totales	UFC/100 ml	36 *10 <sup>3</sup>	SM 9222 B /Filtración por membrana
E-Coli	UFC/100 ml	9 *10 <sup>3</sup>	SM 9222 B / Filtración por membrana

<sup>(1)</sup> SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19<sup>th</sup> Edition, 1995, APHA, AWWA, WEF

Observaciones: Ninguna.

"Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él"  
Prohibida su reproducción parcial sin la autorización del jefe del laboratorio

Elaborado por:

LABORATORIO AMBIENTAL  
*Javier Moreno M*  
JAVIER MORENO M  
Analista de Laboratorio  
Químico UIS- MP, PQ2396

Revisado y Aprobado por:

LABORATORIO AMBIENTAL  
*Gloria Castellanos de Peña*  
SIHSA LTDA  
GLORIA CASTELLANOS DE PEÑA  
Jefe de Laboratorio  
Ingeniera Química UIS - M.P. 644

## C.4 PUNTO DE MUESTREO ORTIGAL BAJO



SISTEMAS HIDRAULICOS Y SANITARIOS LTDA  
LABORATORIO AMBIENTAL

INFORME DE RESULTADOS

Informe No. 535/08

Fecha de emisión: Septiembre 4 de 2008

Solicitante – Contacto:	HERNNAN LUNA BERBESI
Dirección, teléfono del cliente	Carrera 30 # 16-10 Apto: 302 - 3124125170
Identificación de la muestra:	Muestra # 5
Protocolo de muestreo:	Procedimiento del Cliente
Matriz de la muestra:	Agua Natural Superficial
Lugar y punto de muestreo:	Quebrada Colorada
Tipo de muestra:	Puntual
Fecha y hora de muestreo:	Agosto 28 de 2008 – 11:30 a.m
Muestra tomada por:	Hernan Luna
Fecha y hora recepción laboratorio:	Agosto 29 de 2008 – 8:50 a.m
Muestras recibidas por:	Bact: Jorge Novoa
Fecha de análisis:	Agosto 29 – Agosto 30 de 2008

ANALISIS	UNIDADES	RESULTADO	METODO ANALITICO <sup>(1)</sup>
<b>ANALISIS MICROBIOLÓGICOS EN LABORATORIO</b>			
Recuento coliformes totales	UFC/100 ml	104 *10 <sup>3</sup>	SM 9222 B /Filtración por membrana
E-Coli	UFC/100 ml	104 *10 <sup>3</sup>	SM 9222 B / Filtración por membrana

<sup>(1)</sup> SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19<sup>th</sup> Edition, 1995, APHA, AWWA, WEF

Observaciones: Ninguna.

"Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él"  
Prohibida su reproducción parcial sin la autorización del jefe del laboratorio

Elaborado por:

LABORATORIO AMBIENTAL  
*Javier Moreno M.*  
JAVIER MORENO M.  
Analista de Laboratorio  
Químico UIS- MP: PQ2395

Revisado y Aprobado por:

LABORATORIO AMBIENTAL  
*Gloria Castellanos de Peña*  
GLORIA CASTELLANOS DE PEÑA  
Jefe de Laboratorio  
Ingeniera Química UIS - M.P. 644

## C.5 PUNTO DE MUESTREO CHAINA ALTO



SISTEMAS HIDRAULICOS Y SANITARIOS LTDA  
LABORATORIO AMBIENTAL

INFORME DE RESULTADOS

Informe No. 536/08

Fecha de emisión: Septiembre 4 de 2008

Solicitante – Contacto:	HERNNAN LUNA BERBESI
Dirección, teléfono del cliente	Carrera 30 # 18-10 Apto: 302 - 3124125170
Identificación de la muestra:	Muestra # 6
Protocolo de muestreo:	Procedimiento del Cliente
Matriz de la muestra:	Agua Natural Superficial
Lugar y punto de muestreo:	Quebrada Chaina
Tipo de muestra:	Puntual
Fecha y hora de muestreo:	Agosto 28 de 2008 – 10:00 a.m
Muestra tomada por:	Hernnan Luna
Fecha y hora recepción laboratorio:	Agosto 29 de 2008 – 8:50 a.m
Muestras recibidas por:	Bact: Jorge Novoa
Fecha de análisis:	Agosto 29 – Agosto 30 de 2008

ANALISIS	UNIDADES	RESULTADO	METODO ANALÍTICO <sup>(1)</sup>
<b>ANALISIS MICROBIOLÓGICOS EN LABORATORIO</b>			
Recuento coliformes totales	UFC/100 ml	188 *10 <sup>3</sup>	SM 9222 B /Filtración por membrana
E-Coli	UFC/100 ml	136 *10 <sup>3</sup>	SM 9222 B / Filtración por membrana

<sup>(1)</sup> SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19<sup>th</sup> Edition, 1995, APHA, AWWA, WEF

Observaciones: Ninguna.

"Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él"  
Prohibida su reproducción parcial sin la autorización del jefe del laboratorio

Elaborado por:

LABORATORIO AMBIENTAL  
SIIISA LTDA  
SAVIER MORENO M.  
Analista de Laboratorio  
Químico UIS- MP, PQ2396

Revisado y Aprobado por:

LABORATORIO AMBIENTAL  
SIIISA LTDA  
GLORIA CASTELLANOS DE PEÑA  
Jefe de Laboratorio  
Ingeniera Química UIS - M.P. 644

## C.6 PUNTO DE MUESTREO SAN AGUSTÍN



SISTEMAS HIDRAULICOS Y SANITARIOS LTDA  
LABORATORIO AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

Informe No. 531/08

Fecha de emisión: Septiembre 4 de 2008

Solicitante – Contacto:	HERNNAN LUNA BERBESI
Dirección, teléfono del cliente	Carrera 30 # 16-10 Apto: 302 - 3124125170
Identificación de la muestra:	Muestra # 1
Protocolo de muestreo:	Procedimiento del Cliente
Matriz de la muestra:	Agua Natural Superficial
Lugar y punto de muestreo:	Quebrada San Agustín
Tipo de muestra:	Puntual
Fecha y hora de muestreo:	Agosto 28 de 2008 – 9:30 a.m
Muestra tomada por:	Hernan Luna
Fecha y hora recepción laboratorio:	Agosto 29 de 2008 – 8:50 a.m
Muestras recibidas por:	Bact: Jorge Novoa
Fecha de análisis:	Agosto 29 – Agosto 30 de 2008

ANALISIS	UNIDADES	RESULTADO	METODO ANALÍTICO <sup>(1)</sup>
<b>ANALISIS MICROBIOLÓGICOS EN LABORATORIO</b>			
Recuento coliformes totales	UFC/100 ml	180 *10 <sup>3</sup>	SM 9222 B / Filtración por membrana
E-Coli	UFC/100 ml	98 *10 <sup>3</sup>	SM 9222 B / Filtración por membrana

<sup>(1)</sup> SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19<sup>th</sup> Edition, 1995, APHA, AWWA, WEF

Observaciones: Ninguna.

"Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él"  
Prohibida su reproducción parcial sin la autorización del jefe del laboratorio

Elaborado por:

LABORATORIO AMBIENTAL  
*Javier Moreno M*  
JAVIER MORENO M  
Analista de Laboratorio  
Químico UIS- MP. PQ2396

Revisado y Aprobado por:

LABORATORIO AMBIENTAL  
*Gloria Castellanos de Peña*  
SIHSA LTDA  
GLORIA CASTELLANOS DE PEÑA  
Jefe de Laboratorio  
Ingeniera Química UIS - M.P. 644

## ANEXO D NORMATIVIDAD COLOMBIANA

	Decreto 1594/84				Resolución 2115/07
Parámetros (NMP/100mL)	Solo requiere tratamiento convencional para su potabilización	Solo requiere desinfección para su potabilización	Uso Agrícola	Uso pecuario	Agua Potable
Coliformes Totales	20000	1000	*5000	NA	0
Coliformes Fecales o <i>E coli</i>	2000	NE	*1000	NA	0

Na: No Aplica.

\* Cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.

Aguas para preservación de Fauna y Flora: Oxígeno Disuelto: 5mg/l (Decreto 1594/84)

	SECTOR CARRIZAL			SECTOR ORTIGAL		SECTOR CHAINA		SECTOR VILLA DE LEYVA	
	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO	BAJO	San Agustín	San Francisco
Coliformes tot. (UFC/100 ml)	360	300	376000	36000	104000	188000	232000	256000	180000
<i>E Coli</i> (UFC/100 ml)	360	300	168000	9000	104000	136000	105000	256000	98000
Oxígeno Disuelto (mg/l)	7,4	7,2	7	7,2	6,8	7,2	7	6,2	6,2

