

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE.  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA.**



**TITULO:**

**DETERMINACION DE INSECTOS ACUATICOS BIOINDICADORES DE  
CALIDAD AMBIENTAL EN LOS RIOS DEL AREA NATURAL PROTEGIDA  
LA MAGDALENA, MUNICIPIO DE CHALCHUAPA, SANTA ANA, EL  
SALVADOR 2009.**

**PRESENTADO POR:**

**ADALBERTO ERNESTO SALAZAR COLOCHO.**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA.**

**DOCENTE DIRECTOR:**

**LIC. DAVID ROSALES ARÉVALO.**

**AGOSTO, 2010.**

**SANTA ANA**

**EL SALVADOR**

**CENTRO AMÉRICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE.  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA.**



**TITULO:**

**DETERMINACION DE INSECTOS ACUATICOS BIOINDICADORES DE  
CALIDAD AMBIENTAL EN LOS RIOS DEL AREA NATURAL PROTEGIDA  
LA MAGDALENA, MUNICIPIO DE CHALCHUAPA, SANTA ANA, EL  
SALVADOR 2009.**

**PRESENTADO POR:**

**ADALBERTO ERNESTO SALAZAR COLOCHO.**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA.**

**DOCENTE DIRECTOR:**

**LIC. DAVID ROSALES ARÉVALO.**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO:**

**MSC. RICARDO FIGUEROA CERNA.**

**AGOSTO, 2010.**

**SANTA ANA**

**EL SALVADOR**

**CENTRO AMÉRICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE.  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA.**



TITULO:

**DETERMINACION DE INSECTOS ACUATICOS BIOINDICADORES DE  
CALIDAD AMBIENTAL EN LOS RIOS DEL AREA NATURAL PROTEGIDA  
LA MAGDALENA, MUNICIPIO DE CHALCHUAPA, SANTA ANA, EL  
SALVADOR 2009.**

PRESENTADO POR:

**ADALBERTO ERNESTO SALAZAR COLOCHO**

PARA OPTAR AL GRADO DE:  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA.**

DOCENTE DIRECTOR:

**LIC. DAVID ROSALES ARÉVALO.**

F. \_\_\_\_\_

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO:

**MSC. RICARDO FIGUEROA CERNA.**

F. \_\_\_\_\_

**AGOSTO, 2010.**

**SANTA ANA**

**EL SALVADOR**

**CENTRO AMÉRICA.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**

**RECTOR:**

ING.Y MSC. RUFINO QUEZADA SANCHEZ.

**VICE-RECTOR ACADEMICO:**

ARQ. Y MASTER MIGUEL ANGEL PEREZ RAMOS.

**VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO:**

LICDO. Y MASTER OSCAR NOE NAVARRETE.

**SECRETARIO GENERAL:**

LICDO. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ.

**FISCAL GENERAL:**

DR. RENE MADECADEL PERLA JIMENEZ.

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE.**

**DECANO:**

LICDO. JORGE MAURICIO RIVERA.

**VICE-DECANO.**

LICDO. Y MASTER ELADIO EFRAIN ZACARIAS ORTEZ.

**SECRETARIO DE FACULTAD:**

LICDO. VICTOR HUGO MERINO QUEZADA.

**JEFE DE DEPARTAMENTO:**

LICDO. Y MASTER RICARDO FIGUEROA CERNA.

## DEDICATORIA.

-A mis padres ***Gladis de la Cruz Colocho y Celestino Adalberto Salazar*** por ser mis más grandes apoyos, por cada uno de sus consejos, por los sacrificios hechos para darme estudio y ser mi mayor motivante para alcanzar mi meta y hacer de mí la persona que soy.

-A mis hermanos ***Beatriz Velinda Salazar Colocho y Rubén Adolfo Salazar Colocho*** por su apoyo y ánimos para seguir adelante.

-A mi sobrinita ***Kelly Sthefanie Salazar*** a quien quiero como a una hija; por ser una razón más para esforzarme y luchar por alcanzar mi meta.

-A mis ***Tios, Tías y Primos*** por impulsarme a salir adelante y apoyarme cuando lo necesite.

-A mi novia ***Natalia Beatriz Galdámez Olmedo*** por su apoyo, cariño, comprensión, y animos cuando lo necesite y ser un motivo mas para seguir adelante.

-A todos mis ***Compañeros y Amigos*** por creer en mi y brindarme su amistad desinteresada en todo momento.

-A todos aquellos que confiaron en mi y me apoyaron e impulsaron a seguir luchando por alcanzar mis ideales y sueños.

## AGRADECIMIENTOS.

- A **DIOS** todo poderoso por haberme permitido concluir exitosamente mi carrera como profesional y darme la oportunidad de conocer a muchas personas que han contribuido a mi desarrollo personal, moral, intelectual y espiritual.

-A mis amigos y compañeros de la carrera **Douglas Müller, Patricia Godínez, Paola García, Diana Quijano, Vanesa Amaya** entre otros por su amistad y cariño, así como su apoyo e interés en mi superación personal y cada una de las vivencias que tuvimos como grupo de estudios.

-A mis compañeros y amigos de trabajo, **Roberto Martínez, Jorge Ramos, Jorge Valle, Jaime Aguilar** entre otros por compartir su conocimientos y experiencias profesionales y su apoyo desinteresado.

- A mi docente director **Lic. David Rosales Arevalo** por su gran interés en compartir sus conocimientos, revisión de documentos y orientarme en el desarrollo de mi trabajo de grado.

-Al **Ing. José Miguel Sermeño** por proporcionarme equipo, material bibliográfico y su apoyo desinteresado para la realización de esta investigación.

-A mis amigos de la Facultad de Ciencias Agronómicas Unidad Central, **Ing. Leopoldo Serrano, Inga. Altagracia Zepeda** y **Licda. Ana Karla Castillo** por compartir sus conocimientos y experiencias en la temática de manera desinteresada.

-A un gran compañero, amigo y maestro **Lic. Alexander Alfredo Zaldaña** por su confianza, amistad desinteresada, orientación y darme la oportunidad de probar mis capacidades en el campo profesional.

-A toda la **planta docente del departamento de biología** por sentar las bases necesarias para el desarrollo en el campo profesional.

-A la **Licenciada Patricia Alexandra Quintana** por la revisión de documentos y colaboración en la obtención y otorgamiento de los permisos de colecta dentro del área natural protegida.

-A la **Licenciada Maritza Rodríguez** gerente del área de medio ambiente de la Asociación Salvadoreña Pro Salud Rural (**ASAPROSAR**) por su apoyo para la realización de esta investigación en el Área Natural Protegida La Magdalena.

- Al personal guarda recursos de l área natural protegida La Magdalena; **Armida Barrera, Fulvia Nolasco, Sandra Barrera, Nefalí Barrera, Mauricio Portillo, Gustavo Nolasco y Oscar Marroquín** por ser parte fundamental sin quienes no hubiera podido realizarse la colecta de muestras y datos ambientales durante las visitas y el desarrollo de la fase de campo.

-A unas grandes personas y amigos el señor **José Manuel Sayes** quien nos acompañó durante los recorridos, colectas de muestras y toma de datos durante la fase de campo, así como a su linda familia, su esposa **Ana Vallejos** y sus hijitas **Helen y Gabriela Sayes Vallejos** por su confianza, amistad y atenciones eternamente agradecido.

**¡¡¡A todos ustedes Muchísimas gracias!!!!**

*Adalberto Ernesto Salazar Colocho.*

## INDICE GENERAL.

Lista de Tablas.....	XIII
Lista de Figuras y Gráficos.....	XV
Resumen.....	XVII
1. Introducción.....	19
2. Revisión de Literatura.....	20
2.1. Antecedentes.....	20
2.1.1. Contaminación de cuerpos de agua.....	20
2.2. Antecedentes del área de estudio.....	21
2.2.1. Ubicación del área protegida.....	21
2.2.2. Clima.....	21
2.2.3. Geomorfología.....	21
2.2.4. Topografía.....	22
2.2.5. Suelo.....	22
2.2.6. Hidrología.....	23
2.3. Ecosistemas acuáticos.....	24
2.3.1. Ecosistemas léntico, lótico y de humedales.....	25
2.3.2. Tipos de hábitat acuáticos.....	25
2.3.3. Macro invertebrados.....	26
2.3.4. Clase insecta.....	26
2.3.4.1. Características de la clase insecta.....	27



2.11. Escalas del biomonitoreo.....	49
2.12. Respuesta de las comunidades de macro invertebrados a la contaminación.....	52
2.13. Evaluación visual de ríos y quebradas “SVAP”.....	54
2.14. Índice biológico BMWP de calidad del agua.....	58
2.14.1. El método BMWP para Colombia (BMWP / Col.).....	58
2.15. Índice Biótico por Familia IBF (Hilsenhoff).....	60
2.15.1. Origen del Índice Biológico a nivel de Familias en El Salvador (IBF-SV-2010).....	61
3. Metodología.....	62
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	62
3.2. Identificación del objeto de estudio.....	62
3.2.1. Selección de cauces para el estudio y ubicación de los puntos de muestreo.....	63
3.2.2. Intensidad de muestreo.....	68
3.3. Colecta de datos de campo.....	69
3.3.1. Características biofísicas y parámetros fisicoquímicos.....	69
3.3.2. Toma de parámetros físico químicos.....	71
3.4. Muestreo y captura de insectos acuáticos.....	72
3.4.1. Captura de los especímenes.....	72
3.4.1.1. Colecta en el interior del cauce y las márgenes.....	73
3.4.1.1.1. Colecta usando la Red D.....	73

3.4.1.1.2. Colecta con el Colador Plástico.....	74
3.4.1.1.3. Traslado de muestras al laboratorio.....	75
3.4.2. Identificación de los especímenes.....	75
3.4.2.1. Identificación de especímenes en el laboratorio.....	75
3.4.2.2. Limpieza de muestras.....	75
3.4.2.3. Separación de las órdenes.....	76
3.4.2.4. Identificación de familias.....	76
3.4.3. Evaluación y adjudicación de puntajes para los ríos y puntos de muestreo en el área “SVAP”.....	77
3.4.4. Utilización de los índices biológico BMWP-CR e Índice Biótico por Familia (IBF-SV 2010) para determinar la calidad del agua.....	77
3.4.5. Análisis de los datos.....	78
4. Resultados.....	81
5. Discusión de los resultados.....	100
6. Conclusiones.....	113
7. Recomendaciones.....	114
8. Literatura citada.....	116
Anexos.	

## LISTA DE TABLAS.

<b>Tabla.</b>	<b>Pág.</b>
1. Criterios evaluados por el índice SVAP y su interpretación al momento de la adjudicación de la calidad del ambiente.....	56
2. Criterios evaluados para la adjudicación de puntajes según el BMWP al momento de definir la calidad del agua.....	57
3. Puntaje según el índice BMWP-CR de calidad de agua para los cuerpos de agua superficiales de Costa Rica.....	59
4. Índice Biológico o Biótico a nivel de Familias (IBF) (Hilsenhoff 1988).....	61
5. Coordenadas geográficas de ubicación de los puntos de muestreo.....	67
6. Porcentaje de cada orden según el total de todas las muestras.....	81
7. Listado de familias del orden Coleóptera y su presencia en los diferentes puntos de muestreo.....	82
8. Listado de familias del orden Díptera y su presencia en los diferentes puntos de muestreo.....	83
9. Listado de familias del orden Hemíptera y su presencia en los diferentes puntos de muestreo.....	84
10. Listado de familias del orden Trichoptera y su presencia en los diferentes puntos de muestreo.....	84
11. Listado de familias del orden Odonata y su presencia en los diferentes puntos de muestreo.....	85
12. Listado de familias de los ordenes Ephemeroptera, Orthoptera, Blattodea y Collembola y su presencia en los diferentes puntos de muestreo.....	85
13. Listado de familias de los ordenes Plecoptera, Megaloptera y Lepidoptera y su presencia en los diferentes puntos de muestro.....	86
14. Listado de familias y número de individuos por punto de muestreo para el orden Coleóptera.....	87
15. Listado de familias y número de individuos por punto de muestreo para el orden Díptera.....	87
16. Listado de familias y número de individuos por punto de muestreo para el orden Hemíptera.....	88
17. Listado de familias y número de individuos por punto de muestreo para el orden Trichoptera.....	89

18. Listado de familias y número de individuos por punto de muestreo para el orden Odonata.....	89
19. Listado de familias y número de individuos por punto de muestreo los ordenes Ephemeroptera, Orthoptera, Blattodea y Collembola.....	90
20. Listado de familias y número de individuos por punto de muestreo para los ordenes Plecoptera, Megaloptera y Lepidoptera.....	90
21. Resultados de los índices de diversidad $\alpha$ para cada uno de los puntos de muestreo y su calificación según índices SVAP, BMWP e IBF-SV 2010 de calidad de ag.....	91
22. Valores de similitud según índice de Jaccard.....	95
23. Valores de similitud según índice de Sorenson.....	96
24. Valores de similitud según índice de Sorenson modificado (Cuantitativo).....	96
25. Valores de similitud según índice de Morisita.....	97
26. Valores mostrados para cada parámetro fisicoquímico tomado en cada punto de muestreo durante los diferentes muestreos.....	97

## LISTA DE FIGURAS Y GRAFICOS.

**Figura.**

**Pág.**

1. Mapa de ubicación de la cuenca del Rio el jute y sus cauces secundarios.....	23
2. Mapa de ubicación de la cuenca del rio Paz en el occidente de El Salvador.....	24
3. Ilustración del hábitat y macro invertebrados que se pueden encontrar en la superficie del agu.....	43
4. Ilustración del hábitat y macro invertebrados presentes en el necton.....	43
5. Ilustración del hábitat y macro invertebrados comunes de encontrar entre la fauna bentónica.....	44
6. Ubicación de puntos de muestreo en el área natural protegida.....	68
7. Calificación de los puntos de muestreo según índice SVAP.....	92
8. Calificación obtenida con índice IBF-SV 2010.....	92
9. Mapa de zonificación interna del área natural protegida La magdalena.....	112

<b>Gráfico.</b>	<b>Pág.</b>
1. Representación del porcentaje de cada orden según el número de familias colectadas durante toda la fase decampo.....	82
2. Resultado de riqueza de familias colectadas en cada uno de los puntos de m uestreo..	93
3. Resultado de la uniformidad en la distribución de familias para cada uno de los puntos de muestre.....	93
4. Resultados de riqueza en base a abundancia relativa de familias para cada uno de los puntos de muestreo según índice de Margalef.....	94
5. Resultados de diversidad para cada uno de los puntos de muestreo según índice de Simpson.....	94
6. Resultados de diversidad para cada uno de los puntos de muestreo según índice de Shannon-Weiner.....	95
7. Valores promedio de temperatura ambiente para cada punto de muestreo.....	98
8. Valores promedio de temperatura interna del agua para cada punto de muestreo.....	98
9. Valores promedio de pH para cada punto de muestreo.....	99
10. Valores promedio de la profundidad desde la superficie del agua para cada punto de muestreo.....	99

11. Valores promedio del ancho del cauce para cada punto de muestreo.....	100
---	-----

## **RESUMEN.**

Se uso una metodología sencilla para realizar análisis del estado actual del recurso hídrico presente en el área natural protegida mediante la caracterización del los ecosistemas presentes y la determinación de la presencia de especies de insectos acuáticos que son indicio de la calidad ambiental del recurso en base al grado de perturbación de los principales ríos, quebradas y nacimientos de agua del lugar.

Los puntos de muestreo fueron seleccionados mediante un recorrido por la zona de estudio, verificando que estos en su trayecto, pasaran o atravesaran por sitios con diferentes usos de suelo (bosque ripario, comunidades y zonas de cultivo) y que mantuvieran un caudal permanente aun en época seca. Mediante la consulta con el personal guarda recursos se determino que serian seis puntos de muestreo los que se tomarían para la realización del estudio.

Se tomaron como base tres estratos del cuerpo de agua, tomando muestras a partir de siete sustratos específicos al interior del cauce. La investigación consistió de dos etapas o fases fundamentales. La fase de campo consistió en tres visitas al área protegida para la colecta y toma de parámetros fisicoquímicos en cada uno de los puntos de muestreo. Posteriormente se desarrollo la fase de laboratorio para la clasificación e identificación del material biológico, para luego ser procesada la información y adjudicar los puntajes y categorías según los índices SVAP e IBF-SV 2010.

Concluidas las fases de campo y laboratorio se elaboraron tablas de conglomerado para un mejor análisis de la información contrastando factores biofísicos del los sitios de muestreo con información obtenida a partir de los índices BMWP, SVAP, IBF-SV 2010 e índices ecológicos de diversidad, al igual que índices de similitud

El cálculo de los datos referentes a cada uno de los índices ecológicos antes mencionados se obtuvo mediante la utilización de los Software *Divers.EXE* y *Simil.EXE* para luego ser analizados y poder contrastar información con los índices de calidad ambiental (SVAP) y calidad del agua (IBF-SV 2010) a fin de entender con mayor claridad las condiciones presentes en los ecosistemas del área protegida.

Se encontró un total de 77 familias de insectos acuáticos diferentes presentes en los ríos del área protegida, pertenecientes a 12 órdenes, 20 familias pertenecen al orden Coleóptera, 16 al orden Díptera, 12 al orden Hemíptera, 10 al orden Trichoptera, 6 al orden Odonata, 3 al orden Ephemeroptera y 3 al orden Orthóptera. Mientras tanto los ordenes Blattodea y Collembola están representados por 2 familias para cada uno y los ordenes Plecóptera, Megaloptera y Lepidóptera solo se reporta 1 familia en cada caso y se colectaron un total de 12,411 individuos capturándose 2,577 para el punto uno, 2,725 para el dos, 2,577 para el tres, 1,121 para el cuatro, 1,904 para el cinco y 1,507 para el

punto seis, como resultado acumulativo para cada punto a partir de los tres muestreos realizados.

La utilidad y relevancia de este estudio los resultados obtenidos contribuyen y contrastan con los objetivos y actividades de manejo del área protegida, ya que los puntos 1, 2 y 3 se ubicaron precisamente en la Zona de aprovechamiento de recursos naturales según mapa de zonificación realizada por FIAES/ASAPROSAR (2007); y siendo uno de los principales intereses el conservar los recursos hídricos del área

## **1. INTRODUCCION.**

Existen muchos organismos que por su naturaleza y ecología pueden ser utilizados para saber si hay perturbaciones el estado de los ecosistemas acuáticos. Estos individuos poseen requerimientos muy particulares para desarrollar sus ciclos biológicos o parte de ellos y el menor cambio en estas condiciones podría ser fatal para una especie desequilibrando los sistemas naturales.

Muchos órdenes y familias de insectos acuáticos necesitan de condiciones apropiadas de oxigenación, alimentación y refugio para poder reproducirse y jugar un papel en la naturaleza. Se utilizaron índices biológicos previamente usados en estudios similares realizados en Costa rica, Colombia, Chile y nuestro país, entre otros con problemas muy semejantes en cuanto a la disponibilidad y calidad del agua.

Los análisis para determinar las características fisicoquímicas y biológicas de un cuerpo de agua es algo difícil y económicamente costoso para los habitantes de dichos lugares, por lo cual es necesario buscar formas alternativas de verificar que este es apto para ser aprovechado.

De preferencia debe ser económico y que a nivel local cualquier persona sin importar sus ingresos, ni su nivel de educación, pueda realizar con facilidad, a fin de garantizar el aprovechamiento de este recurso de manera confiable y segura.

Esta investigación se realizo con la finalidad de proveer una posible alternativa de uso de invertebrados como parte de un sistema de monitoreo de indicadores biológicos que garantice que los ecosistemas acuáticos del área natural protegida La Magdalena del municipio de Chalchuapa en el departamento de Santa Ana, se conservan en su estado natural y a fin de contribuir a las a las estrategias de protección y conservación de los recursos naturales del occidente el país.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA.**

## **2.1. Antecedentes.**

El deterioro de las zonas de recarga de las cuencas hidrográficas, la baja eficiencia del uso del recurso, la contaminación de ríos, fuentes, zonas de recarga y reservorios de agua, están causando una acelerada reducción de la disponibilidad de las fuentes de agua para usos múltiples.<sup>1</sup>

El grado de deterioro de las zonas de recarga está determinado por el grado de erosión de los suelos, compactación y la deforestación, sobre todo en zonas de pendientes muy inclinadas. Esta situación está siendo causada por la intervención del hombre para desarrollar actividades agrícolas, extracción de leña y de construcción de viviendas, en sitios no apropiados.<sup>2</sup>

### **2.1.1. Contaminación de cuerpos de agua.**

La contaminación de los mantos freáticos es el resultado del arrastre de partículas o remanentes generados por el uso de agroquímicos, erosión, contaminación por desechos sólidos, etc. que repercuten en la calidad del agua disponible para ser utilizada por la población en general. En cuanto a las fuentes de agua (ríos, lagos, lagunas y quebradas) principalmente se da por la deposición de desechos sólidos o líquidos de tipo industrial, los cuales contaminan con metales pesados y derivados de petróleo, o por aguas residuales de tipo domiciliar o especial (aguas mieles) generando focos infecciosos.<sup>3</sup>

En El Salvador llueve más de 56,000 millones de metros cúbicos, además el país posee 59 cuerpos de agua superficial mayores de 5 hectáreas y 360 ríos; sin embargo, el 41% de la población carece del servicio de agua potable. A causa de la deforestación el agua de la lluvia no logra infiltrarse para alimentar los mantos subterráneos y los cuerpos superficiales de agua han sido contaminados; en estos 20 años hemos pasado del 90% al 100% de ríos contaminados.<sup>4</sup>

---

(1), (2) y (3) CESTA (Centro Salvadoreño de Tecnología Apropiada) 2010

## **2.2. Antecedentes del área de estudio.**

### 2.2.1. Ubicación del área protegida.

Según la zonificación FIAES/ASAPROSAR (2007), el Área Natural Protegida La Magdalena se encuentra ubicada en el Municipio de Chalchuapa, del Departamento de Santa Ana, específicamente entre los cantones de El Tanque, La Criba y El Coco, tiene una extensión de 776 Ha (según acta de transferencia del ISTA al Estado, año 2000) y es parte del Área de Conservación Volcán El Chingo, en las coordenadas 14° 01' 47" LN y 89° 42' 02" LO(Ver anexo 1).

En esta zona se pueden encontrar vestigios de los ecosistemas formados principalmente por vegetación Cerrada Tropical Ombrófila semidecdua de tierras bajas, vegetación Abierta Predominantemente Decidua en época seca (matorral y arbustiva) y zonas de cultivos o mezclas de sistemas productivos.(Software Arc view 3.2)

### 2.2.2. Clima.

De acuerdo a las definiciones climáticas según Köppen y las observaciones de Sapper y Lauer, el Área Natural Protegida La Magdalena se clasifica dentro de la zona de Bosque Húmedo Subtropical además dicho dato se contrastando con lo establecido en el mapa propuesto por Holdridge que también lo denomina como Bosque Húmedo Subtropical. El clima predominante es cálido, con temperatura promedio anual de 24.2°C y una precipitación pluvial anual entre 1,750 y 1,950 mm (FIAES/ASAPROSAR 2007, 34).

### 2.2.3. Geomorfología.

El Área Natural Protegida La Magdalena esta conformado por cuatro formaciones de origen volcánico clasificadas en:

**Formación Morazán:** la cual es una formación efusiva básica intermedia hasta intermedias ácidas, principalmente son piroclásticos y epiclásticos volcánicos.

**Formación Bálsamo:** es una formación de epiclásticas volcánicas y piroclásticas, formadas de corrientes de lava intermedia.

**Formación San Salvador:** son efusivas basálticas, aluviones, localmente con interacciones de piroclásticas.

**Formación Cuscatlán:** es una formación de tipo efusiva andesítica y basáltica.

#### **2.2.4. Topografía.**

Presenta una topografía accidentada en la mayor parte, con diversos puntos elevados, donde se pueden observar tres lugares con mayor altitud, de 880 msnm, 920 msnm y el de mayor de 1400 msnm; siendo los 700 m la menor altitud. Presenta mayor grado de pendiente en la parte norte, al sur se observa un menor grado de pendiente, sector donde se han localizan las parcelas productivas de la cooperativa La Magdalena. (<http://www.marn.gob.sv/?fath=19&categoria=320>, 12 mayo 2009, 10:35 a.m.

#### **2.2.5. Suelo.**

Se pueden encontrar dos tipos de suelos de acuerdo a su origen:

**Latosoles arcillo - rojizos:** característicos por ser suelos arcillosos de color rojizo en forma de lomas y montañas, con estructura en forma de bloques con un color generalmente rojo aunque algunas veces se encuentran amarillentos o cafesosos, debido principalmente a la presencia de minerales de hierro de distintos tipos y diversos grados de oxidación, con textura superficial franco arcillosa y subsuelo arcilloso. La profundidad promedio de un metro se pueden observar afloraciones de roca debido a procesos de erosión.

**Andisoles:** suelos originados de cenizas volcánicas, de distintas épocas y en distintas partes del país, tienen por lo general un horizonte superficial entre 20 y 40 centímetros de espesor, de color oscuro, textura franca y estructura granular. De acuerdo al tipo de suelo y el grado de pendiente, se puede ubicar en la clase VII, con baja pedregosidad.

En cuanto a la geología del ANP, esta compuesta de epiclastita volcánica, piroclásticas y corrientes de lava intercalada, efusivas básicas-intermedias y efusivas andesitas-basálticas. (SIT, MARN, 2007)\*

### 2.2.6. Hidrología.

La Hidrología de la zona está conformada por diversa quebradas estacionarias y nacimientos de agua que son aprovechados por las comunidades aledañas como fuentes de agua potable. Entre los ríos más importantes del ANP se tienen El Naranjal y El Jute, los cuales pertenecen a la subcuenca del río Pampe. Por tener una conformación de roca volcánica posee una excelente infiltración lo que la hace una microcuenca de importancia local, contribuyendo a que los mantos acuíferos tanto superficiales como subterráneos, sean abundantes y aprovechables (FIAES/ASAPROSAR, 2007)

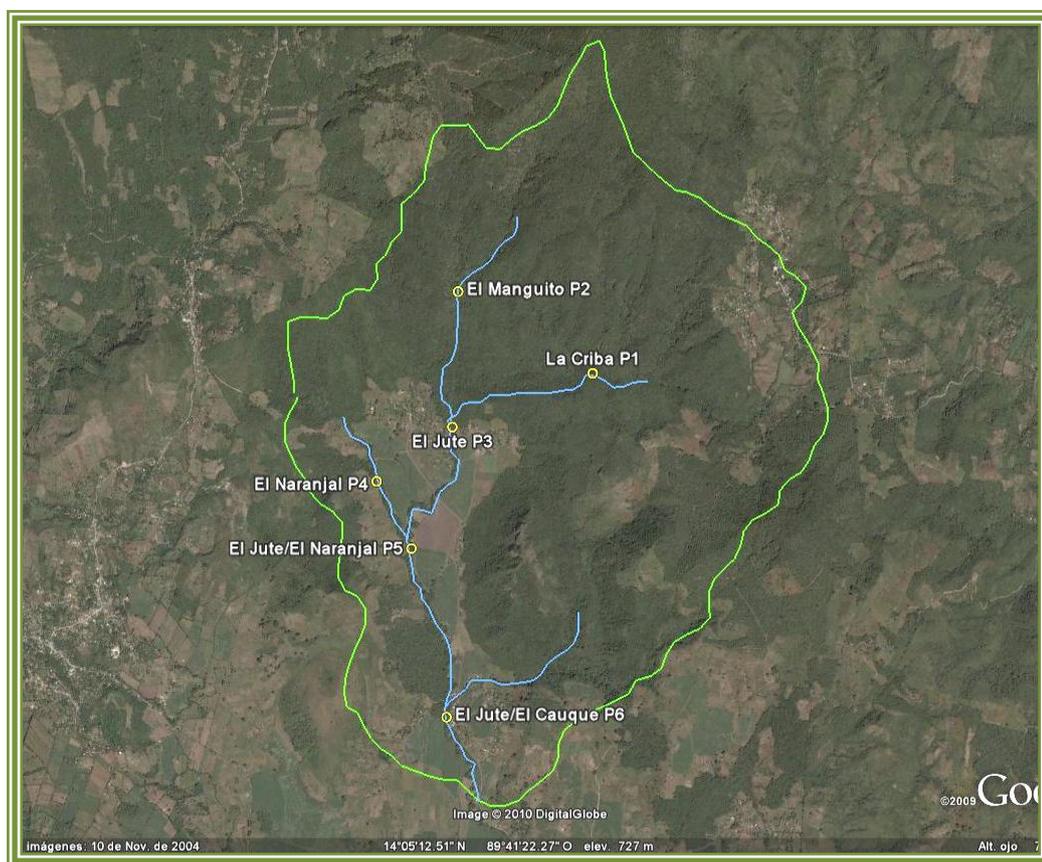


Figura 1. Mapa de ubicación de la cuenca del Río el jute y sus cauces secundarios.

\*SIT Sistema de Información Territorial, MARN 2007.



Fuente: <http://www.marn.gob.sv>

**Figura 2.** Mapa de ubicación de la cuenca del río Paz en el occidente de El Salvador.

En el interior del ANP se forma una escorrentía conocida por la localidad como El Jute además en el ANP se identifican 24 vertientes de donde se abastecen las comunidades de la parte baja del área por lo que se considera una zona de recarga hídrica importante, dentro de la cuenca del río Paz (FIAES/ASAPROSAR, 2007)

### 2.3. Ecosistemas acuáticos.

Se entiende por ecosistemas acuáticos a todos aquellos ecosistemas que tienen por biotopo algún cuerpo de agua, como pueden ser: mares, océanos, ríos, lagos, pantanos, ríos y demás fuentes. Los dos tipos más destacados son: los ecosistemas marinos y los ecosistemas de agua dulce.

### 2.3.1. Ecosistemas léntico, lótico y de humedales.

Partiendo del movimiento del agua, se da una división de los ecosistemas de agua dulce. Esta división tiene relevancia tanto para estudiar la naturaleza como para la explotación y gestión de las aguas interiores.

- **Ecosistema léntico:** Es un sistema de aguas quietas o de escaso caudal como en lagos, estanques, pantanos y embalses.
- **Ecosistema lótico:** Es un sistema de agua corriente que fluye a una velocidad en un tiempo determinado como en los ríos, arroyos y manantiales.
- **Ecosistema de humedal:** son áreas donde el suelo está saturado de agua o inundado durante una parte del año.

### 2.3.2. Tipos de hábitat acuáticos.

Las aguas dulces están diferenciadas en ríos y lagos. En los ríos predomina el transporte horizontal, en adaptación al cual se desarrolla un patrón de distribución peculiar de organismos, en el cual se reconocen múltiples características de una sucesión ecológica. En el fondo del río, siguiendo su cauce, aparecen poblaciones que se sustituyen unas a otras, dando expresión geográfica a un proceso temporal.

En contraposición, los lagos permiten el desarrollo de un patrón de distribución de las comunidades en un medio tridimensional en donde la variación vertical toma mayor importancia y por lo tanto son más comparables con el ambiente marino.

Entre los numerosos tipos de lagos que en geografía física se reconocen, se encuentran los embalses naturales, pero también existen los embalses construidos por el hombre. El embalse constituye un ecosistema intermedio entre un río y un lago. Por la asimetría de un embalse a lo largo de su eje, su “cola” retiene muchas características del río: menor profundidad, la extensión de la turbulencia y el predominio del transporte horizontal.

### **2.3.3. Macro invertebrados.**

Los macro invertebrados acuáticos son organismos que pueden ser observados a simple vista y tienen tamaños entre 2 mm y 30 cm. Se llaman invertebrados porque no tienen huesos (solo exoesqueletos), y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce como las quebradas, ríos, lagos y lagunas.

Estos animalitos pueden vivir en diferentes sitios como el fondo (bentos), sobre la arena, rocas, adheridos a troncos y vegetación sumergida, nadando activamente dentro del agua (necton) o sobre la superficie (neuston). Los grupos más representativos de los macroinvertebrados son los siguientes: platelmintos, nematomorfos, anélidos, moluscos, insectos, crustáceos y arácnidos.

Estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua y el ambiente en general porque algunos de ellos requieren buenas cualidades del agua para sobrevivir; otros, al contrario, resisten, crecen y abundan en sitios donde hay contaminación. Los más representativos son los insectos, por eso es el grupo más estudiado. Entre las larvas de insectos que sobresalen en las muestras se encuentran los mosquitos, libélulas y chinches de agua, entre otros, que inician la vida en el agua y luego se convierten en insectos terrestres.

El alimento de los macro invertebrados es variado; puede ser desde plantas acuáticas, restos de otras plantas, algas, otros invertebrados, peces, pequeños restos de comida en descomposición, elementos nutritivos del suelo, animales en descomposición, elementos nutritivos del agua, plantas en descomposición (detritus) y hasta sangre de otros animales.

### **2.3.4. Clase insecta.**

En latín, la palabra Insecta literalmente significa "cortado en medio", son invertebrados, del filo de los artrópodos, caracterizados por presentar un par de antenas, tres pares de patas y dos pares de alas (que, no obstante, pueden reducirse o faltar). La ciencia que estudia los insectos se denomina entomología. (Richards & Davies, 1983)

#### **2.3.4.1. Características de la clase insecta.**

Los rasgos que caracterizan a un insecto es que poseen tres regiones corporales: la cabeza, el tórax y el abdomen. En la cabeza se encuentra un par de antenas y un conjunto de piezas bucales muy complejas que se desarrollan de una manera u otra según las especies. En el tórax se hallan tres pares de patas colocados cada par en un segmento de los tres en los que se divide el tórax, protórax, mesotórax y metatórax; además del tórax parten, en las especies que no lo han perdido, los dos pares de alas (Richards & Davies, 1983).

El abdomen suele presentar hasta once segmentos y que no son siempre visibles, en muchos ordenes el último segmento lleva un par de apéndices denominados cercos, los cuales en ocasiones se encuentran muy desarrollados. Estos animales se reproducen en grandes cantidades, se pueden encontrar cientos en un metro cuadrado.

Los insectos comprenden el grupo de animales más diverso de la Tierra, con unas 950.000 especies descritas, más que todos los otros grupos de animales juntos, y con estimaciones de hasta 30 millones de especies no descritas, con lo que, potencialmente, representarían más del 90% de las formas de vida del planeta (Richards & Davies, 1983).

Otros estudios más recientes rebajan la cifra de insectos por descubrir a entre 6 y 10 millones, pueden encontrarse en casi todos los ambientes del planeta, aunque sólo un pequeño número de especies se ha adaptado a la vida en los océanos.

#### **2.3.4.2. Hábitat de los insectos acuáticos.**

En ecología, hábitat es el lugar concreto o sitio físico donde vive un organismo (animal o planta), a menudo caracterizado por una forma vegetal o por una peculiaridad física dominante (un hábitat de lagunas o un hábitat de bosque). Puede referirse a un área tan grande como un océano o un desierto, o una tan pequeña como una roca o un tronco caído de un árbol. (Guerrero et al., 2003)

Los hábitats pueden dividirse en terrestres y acuáticos, y en cada uno de ellos se pueden establecer una multitud de subdivisiones. Así, en el hábitat acuático se puede distinguir

entre hábitat dulceacuícolas y hábitat marinos. Sin importar su extensión, el hábitat es un área o región bien delimitada. Físicamente donde viven varios organismos.

La tradicional división de los cuerpos de agua dulce entre pantanos, estanques, lagunas y lagos (lenticos) y arroyos, quebradas y ríos es útil para organizar la discusión de los principales atributos del hábitat que influye en los modelos espaciales de la diversidad de insectos acuáticos presentes en dichos sistemas (Merritt et al, 2008)

Según Martínez & Cano (2008) los sitios más propicios para encontrar los macro invertebrados son las hojas flotantes y sus restos en troncos que estén dentro del agua y en estado de descomposición, en el lodo o en la arena del fondo del río, sobre o debajo de las piedras. También hay que tener en cuenta que se pueden encontrar en los rápidos, remansos y a las orillas entre las raíces de las plantas. Además son parte importante en la alimentación de los peces. La mayoría son estadios larvales de muchos animales que al salir del agua se convierten en adultos.

Según Merritt (2008), muchas taxas de insectos acuáticos tienden a estar restringidas a algunos hábitat lenticos o loticos, debido a la heterogeneidad física de ambos tipos de ecosistema, sin embargo es difícil generalizar acerca de adaptaciones específicas de los insectos requeridas para cada uno.

#### **2.3.4.2.1. Pantanos, estanques y lagos.**

Existe un gran rango de hábitat en aguas estancadas desde una pequeña charca a causa de la lluvia hasta los grandes lagos los cuales son influenciados por la penetración de la luz y la proximidad de los sedimentos, constituyendo los principales sitios para el estudio de insectos acuáticos para este tipo de ecosistemas, principalmente en la superficie del agua, zona limnetica, zona litoral y zona profunda (Roldan Pérez, 2003)

#### **Superficie del agua.**

Las propiedades particulares de esta resultan de las fuerzas de atracción entre las moléculas de la agua. La tensión superficial proporciona un soporte físico para el pleuston u organismos que viven en la superficie del agua, siendo muy útil especialmente para

insectos tales como patinadores tales como Gerridos y Veliidos (Hemípteros) (Merritt et al, 2008).

### **Zona litoral.**

Es la región poco profunda con suficiente penetración de luz solar hasta los sedimentos, extendiéndose hasta donde hay indicios de raíces de plantas macrofitas y algas bentónicas, con una espectacular variedad de hábitats. En esta zona los insectos están principalmente representados por los ordenes Hemíptera, Odonata y Coleóptera, teniendo una gran riqueza de familias, utilizando particularmente los sedimentos como micro hábitat incluyendo larvas, herbívoros, detritívoros y depredadores entre ellos Syrphidos, Ephydridos, Curculionidos, Crisomélidos, Tabanidos y Culícidos(Roldan Pérez, 2003)

### **Zona profunda.**

Es definida como la porción de un sistema lenticó en donde hay una débil actividad fotosintética, debido a la poca penetración de la radiación solar con una limitada riqueza de taxos de insectos acuáticos. Sin embargo estos son muy abundantes, siendo más frecuentes las larvas y ninfas de Chironomidos, Ephemeropteros y Sialidos. Sirviendo como indicadores del aumento de nutrientes y del estatus trófico del cuerpo de agua (Roldan Pérez, 2003)

### **Zona limnetica.**

Esta se refiere a la porción del cuerpo de agua que es seguida por la zona profunda. Como consecuencia no posee hábitats bénticos, distribuyéndose tanto organismos planctónicos como nectónicos, entre los cuales se encuentran los nadadores (Dytiscidos y Notonectidos) siendo particularmente abundantes. (Roldan Pérez, 2003)

#### **2.3.4.2.2. Ríos y arroyos.**

La combinación de flujo, velocidad y tamaño de las partículas que conforman el sustrato, son clave para la determinación de los tipos de hábitat para insectos acuáticos presentes en los ríos y arroyos. La velocidad del agua corriente tiene normalmente un rango de 0 m/s a 2 m/s, siendo esto favorable para muchas especies de macro invertebrados. El rango de tamaño del sustrato determina la formación de canales, lechos rocosos y el desplazamiento de sedimentos finos (Roldan Pérez, 2003).

Los sustratos y la heterogeneidad del flujo del agua resulta en una gran gama de hábitats, la diversidad es positivamente correlativa con la riqueza de familias presentes en los cauces de ríos y arroyos. El tamaño de las partículas de los sustratos y la heterogeneidad son determinados por la interacción del tipo de sedimento y los procesos fluviales y geomorficos de cada localidad controlando el transporte de estos materiales (Merritt et al, 2008).

La alternancia entre rápidos y remansos forman importantes estructuras de hábitat templados que son importantes y decisivos en la estructura de las comunidades de insectos acuáticos. (Merritt et al, 2008).

#### **2.3.4.2.3. Estabilidad de los hábitats loticos.**

Según Merritt (2008) en adición a la gran variabilidad espacial; grandes niveles de variabilidad temporal en factores tales como descarga y temperatura, también son característicos en los ríos y arroyos. Las condiciones impuestas por la variabilidad temporal extrema son conocidas como perturbación, la cual es un determinante en la estructura de las comunidades lóaticas. Aunque algunos tipos de perturbación incluyen cambios en los regímenes hidrológicos y termales, estructura del hábitat, origen de los sedimentos, cambios en nutrientes y concentración de materiales tóxicos.

#### **2.3.4.2.4. Arroyos y Pozas temporales.**

La completa evaporación de la superficie del agua afecta la estructura de la comunidad por condiciones por procesos naturales siendo severos cambios para los insectos. Las estrategias utilizadas por los macro invertebrados especializados a hábitats temporales son diversas y normalmente incluyen largos periodos de quiescencia, resistencia a la desecación de los huevos, larvas, ninfas y pupas, así como adultos en diapausa reproductiva. Esto requiere de un rápido desarrollo larval durante la época lluviosa (Rosemberg, 1993).

Dado que los efectos de la resequedad en la estructura de la comunidad pueden ser fatales, durante la época lluviosa se observa una gran presencia de taxas sorprendentemente extensa en arroyos y pozas temporales con mayor representación de algunos órdenes de insectos acuáticos. Los órdenes Odonata, Hemíptera, Díptera, Trichoptera y Coleóptera son probablemente más comunes de encontrar en hábitats temporales y estudios recientes demuestran que pueden ser fuentes sobreestimadas de biodiversidad de agua dulce. (Anderson y Cummins, 1979 cit por Merrit, 2008)

#### **Zona hiporeica.**

Esta se encuentra ubicada por debajo del lecho de un arroyo o río, donde el agua intersticial se mueve por percolación y desde los canales del arroyo, conteniendo agua que se origina de los cauces. Esta distinción tiene importantes consecuencias para la comprensión de la fauna que ocurre en diferentes micro hábitats al interior del cuerpo de agua y en sus márgenes. (Lehmkhul, 1979).

Según Roldan Pérez (2003) en los cuerpos de agua de tipo lótico los macro invertebrados están usualmente presentes en números significativos solo por distancias de 20 cm o menos en el cauce, el mayor factor que determina la presencia y abundancia de la fauna hiporeica es la permeabilidad hidráulica, con el control de la velocidad y la concentración de oxígeno, así como la cantidad de materia orgánica que les provisiona el alimento.

### **Ribera o Zona ribereña.**

En esta zona los insectos acuáticos están pobremente representados debido a la disponibilidad de hábitat, estos presumiblemente a causa de la dependencia de ciertos insectos de acceder a la superficie durante uno o más de los estadios durante el ciclo de vida, para dado caso se mencionan Dryopidos y Elmidos. Sin embargo pueden existir especies sub acuáticas tales como Curculionidos, Crisomélidos y Carábidos entre otros (Lehmkhul, 1979).

#### **2.3.4.2.5. Comunidades en sustrato orgánico y troncos podridos.**

Los troncos sumergidos y los sustratos de tipo orgánico son hábitats importantes para los insectos acuáticos en arroyos y ríos, la mayoría de insectos no habita en estos, sin embargo usan estos como un sustrato estable o una posible fuente de alimento (Riss et al, 2008).

### **2.4. Temperatura.**

La temperatura interna del agua es uno de los mayores factores que determinan la distribución de los insectos acuáticos junto con los gradientes latitudinales, longitudinales y altitudinales. Todo esto ya que influye en el metabolismo, crecimiento, desarrollo y reproducción, como también la disponibilidad de alimento en calidad y cantidad (Anderson & Cummins, 1979 cit por Merritt, 2008)

Los efectos de la variación termal en los ciclos de vida y en la selección de hábitat son particularmente importantes de considerar, ya que los insectos de agua dulce persisten mas en lugares con un rango de temperatura de <20°C, hasta los 50°C. Sin embargo la mayoría muere a temperaturas superiores a 30°C por alteraciones enzimáticas, la desnaturalización de proteínas y de las membranas celulares causándoles la muerte (Lehmkhul, 1979)

## **2.5. Ordenes más comunes de insectos acuáticos.**

### **2.5.1. Orden Plecóptera.**

La única familia que se ha registrado es Perlidae. Son larvas que se esperan en aguas muy limpias y bien oxigenadas. Sus principales características son tener solo dos colitas lisas (cercis) y ser muy activos. Conocida como moscas de las piedras. Las poblaciones de plecópteros se pueden encontrar habitando ríos y quebradas, generalmente con flujo de agua continuo, pocos sedimentos y ninguna contaminación, generalmente son más abundantes en quebradas de aguas frías en zonas montañosas (Rosemberg, 1993).

La mayoría prefiere sitios rocosos dentro de las quebradas, pero algunos pueden encontrarse entre hojarasca. (<http://www.ites.upr.edu/Ramirez/IS/acuaticos.htm>, 2 marzo 2009 10:35 a.m.). Los plecópteros suramericanos constituyen un grupo pequeño y poco conocido. Hasta ahora sólo se conocen dos familias Gripopteridae, de origen sureño y Perlidae (subfamilia Acroneuriinae) de origen norteño.

**Biología:** las ninfas de los plecópteros se caracterizan por tener dos cerci, largas antenas, agallas torácicas en posición ventral, y a veces agallas anales. Su tamaño varía entre los 10 y 30 mm y su coloración puede ser amarillo pálido, parduzco hasta café oscuro o negro. La respiración la realiza por medio de las agallas y a través de la superficie corporal.

Los huevos los ponen sobre el agua durante el vuelo. La eclosión de los huevos y de la emergencia de las ninfas de los trópicos no se conoce, es posible que se haga a lo largo del año, alternando los períodos de lluvia y sequía.

**Ecología:** las ninfas de los plecópteros viven en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. En Antioquia se ha observado que son especialmente abundantes en riachuelos con fondo pedregoso, de corrientes rápidas y muy limpias situadas alrededor de los 2.000m de altura. Son por lo tanto, indicadores de aguas muy limpias y oligotróficas.

**Distribución geográfica:** los plecópteros son prácticamente cosmopolitas. En el trópico norte la familia predominante es Perlidae. Sobre este grupo aún no existen estudios para Colombia.

**Taxonomía:** para su clasificación se tiene en cuenta la distribución y la forma de las agallas, la presencia de almohadillas halares y la posición de los ojos compuestos.

### **2.5.2. Orden Lepidóptera.**

Orden de las mariposas, aunque no lo crea, hay mariposas que viven en el agua durante un estadio de su vida. Estas larvas tejen un saco el cual pegan a las piedras para alimentarse y vivir. Pueden tener un color amarillo y también se pueden encontrar en piedras que tienen el agua muy cerca. (Andrews & Caballero, 1983)

### **2.5.3. Orden Megaloptera (neuróptera).**

Son tal vez los insectos más grandes y llamativos que se encuentran en el agua su coloración, por lo general, es oscura y se caracterizan por poseer un par de mandíbulas fuertes y grandes (Roldán, 1988 cit. Por Mafla, 2005). Comúnmente denominados “muerde dedos” por su comportamiento agresivo. Las larvas son predadoras voraces de las charcas y quebradas, y se alimentan hasta de invertebrados, pequeños peces y anfibios del fondo de esta agua (Henry et al., 1992 cit por Mafla, 2005).

**Ecología:** viven en aguas corrientes limpias, debajo de piedras, troncos y vegetación sumergida; son grandes depredadores. En general, se pueden considerar indicadores de aguas oligotróficas o levemente meso tróficas (Rosemberg, 1993).

**Biología:** El tamaño de los individuos de la familia Corydalidae varía entre los 10 y 70 mm; son tal vez uno de los insectos más grandes y llamativos que se encuentran en el agua. Su coloración es por lo regular oscura (Rosemberg, 1993).

Se caracterizan por poseer un par de mandíbulas fuertes y grandes y por tener un par de propatas anales, lo que los diferencia de la otra familia (Sialidae), la cual posee un solo filamento Terminal, los huevos son puestos sobre la vegetación semiacuática. En zonas

templadas su desarrollo completo toma hasta dos o tres años, pero en el trópico aún no se conoce nada al respecto.

**Distribución geográfica:** los megalopteros están ampliamente distribuidos en toda América, pero los reportes son aún tan escasos que no se puede decir con certeza cual es su real distribución.

#### 2.5.4. Orden Díptera.

Es el orden de mayor distribución sobre el planeta y de los más evolucionados, junto con Lepidóptera y Trichóptera. El periodo de desarrollo puede ser de una semana como el Simuliidae o hasta de un año como el Tipulidae. Respiran a través de la cutícula (piel) o por sifones aéreos, agallas traqueales y hasta pigmentos respiratorios como la hemoglobina (Roldan, 1996 cit por Mafla, 2005).

Los dípteros acuáticos constituyen un de los ordenes de insectos más complejos, más abundantes y más ampliamente distribuidos en todo el mundo. Su literatura a nivel mundial es tan abundante, que para analizarla con cierto grado de detalle, habría que hacerlo por familias, y en ciertos casos por géneros (Rosemberg, 1993).

**Biología:** el orden díptero se considera uno de los principales grupos. Las larvas de dípteros no poseen patas torácicas. El cuerpo esta formado por tres segmentos torácicos y nueve abdominales, es blando y cubierto de cerdas, espinosas apicales o corona de ganchos en prolongaciones que ayudan a la locomoción o adhesión al sustrato (Rosemberg, 1993).

La coloración es amarillenta, blanca o negra. Respiran a través de cutícula o mediante sifones aéreos; otros poseen agallas traqueales y otros pigmentos respiratorios (hemoglobina) para sobrevivir en zonas escasa de oxígeno.

**Ecología:** su hábitat es muy variado; se encuentran en ríos, arroyos, quebradas, lagos, en todas las profundidades, depósitos de agua en las brácteas de muchas plantas y en orificios de troncos viejos, y aun en las costas marinas. Existen representantes de aguas muy limpias como la familia Simulidae o contaminadas como la familia Tipulidae y chironomidae. En cuanto su alimentación es muy variada (Rosemberg, 1993).

**Distribución geográfica:** los dípteros son cosmopolitas.

**Taxonomía:** para su clasificación se tiene en cuenta la esclerotización de la cabeza si esta es o no retractil, si las mandíbulas funcionan en un plano horizontal o vertical; si la cabeza esta o no fusionada con el tórax, o si el cuerpo es aplanado o cilíndrico, entre otras.

#### **2.5.6. Orden Trichoptera.**

Estos insectos se caracterizan por hacer casas o refugios que construyen en estado larval, los cuales sirven a menudo para su identificación (Roldán 1988 cit por Mafla 2005). Por su considerable diversificación del hábitat.

Los Tricópteros desempeñan una importante labor ecológica en la mayoría de las aguas dulces sus larvas son, generalmente, intolerante a la polución y esto sirve como indicador de la calidad del agua.

Habitan una variedad de cuerpos de agua, pero son mas abundantes y diversos en ríos y quebradas. Las larvas se alimentan de algas que pueden raspar del fondo, partículas finas del fondo o que filtran de la columna de agua, algunas son incluso depredadoras. (<http://www.ites.upr.edu/Ramírez/IS/acuaticos.htm>, 2 marzo 2009 10:35 a.m.)

La mayoría de los Tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal; algunas especies habitan en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas (Roldán, 1988 cit. por Mafla, 2005).

**Biología:** Los tricópteros son insectos holometábolos cuyas larvas viven en todo tipo de hábitat. La mayoría de los tricópteros requieren uno o dos años para su desarrollo, a través de los cuales pasan por cinco a siete estadios. La etapa pupal dura de dos a tres semanas, al cabo de las cuales sale el adulto (Rosemberg, 1993).

Los adultos son muy activos en las primeras horas de la noche. Las hembras depositan el huevo en el agua y los encierra por lo regular en una masa gelatinosa. Una de las características más llamativas de los tricópteros es su capacidad de construir casas o refugios, de formas variadas, a menudo, propios de cada especie.

Los refugios fijos al sustrato les sirven por lo regular de protección y captura de alimento, las casas portables le sirven de protección y de movimiento en busca de oxígeno y alimento, las larvas se alimentan de material vegetal y algas que encuentran sobre las rocas. Algunas larvas son depredadoras (Rosemberg, 1993).

**Ecología:** la mayoría de los tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas debajo de piedras, troncos y material vegetal, algunas especies viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas. En general, son buenos indicadores de aguas oligotróficas (Rosenberg, 1993).

**Distribución geográfica:** los tricópteros son cosmopolitas, pero para el neotrópico se han descrito familias, géneros y especies propias de la región.

**Taxonomía:** en la clasificación de los tricópteros se tiene en cuenta la presencia o no de placas esclerotizadas en los segmentos torácicos; la presencia o ausencia de agallas branquiales en el abdomen; si el labrum es membranoso o no y el número de setas a lo largo de la parte central, y longitud de la antena, entre otros.

También la forma y el tipo de material de las casas o refugios es una característica de valor taxonómico a nivel de familia principalmente (Rosemberg, 1993)

### **2.5.7. Orden Coleóptera.**

El nombre de coleóptera se refiere a que estos insectos presentan un primer par de alas coriáceas o élitros los cuales cubren un segundo par que es membranoso en los adultos. Los Coleópteros acuáticos adultos se caracterizan por tener un cuerpo compacto, antenas visibles y, por general, varían en forma y número de segmentos. (Padilla Coronado, 1983)

La mayoría vive en aguas continentales lólicas y lenticas, representadas en ríos, quebradas, riachuelos, charcas lagunas, aguas temporales, embalses y represas. Los coleópteros habitan en una gran variedad de hábitats. Grupos como los élmidos prefieren sitios con flujo de agua y áreas donde es fácil salir del agua. Otros grupos tienen adultos que son ágiles nadadores y patinan sobre la superficie (ej., Gyrinidae) o nadan por la columna de agua ej., Dytiscidae (<http://www.ites.upr.edu/Ramírez/IS/acuaticos.htm>, 2 marzo 2009 10:35 a.m.).

Según Roldan (2003) el orden coleóptera es uno de los más extensos y complejos. Debido a que muchos de ellos son semiacuáticos, a veces es difícil definirlos como acuáticos o terrestre; aun mas, algunas formas terrestres pueden caer accidentalmente al agua, lo hace más difícil su clasificación, para quienes no son expertos. El conocimiento de los coleópteros acuáticos del trópico es aun incipiente y la claves son, en su mayoría antiguas y poco ilustradas.

### **2.5.8. Orden Hemíptera (chinchas de agua).**

Los Hemípteros se caracterizan por tener las partes bucales modificadas y tener un “pico” chupador insertado cerca al extremo anterior de la cabeza (Padilla Coronado, 1983). En las ninfas y adultos, los ojos son prominentes y bien desarrollados; en algunos las antenas de 3, 4 ó 5 segmentos y son muy conspicuas, en otros son muy cortas que no se observan dorsalmente; tórax trisegmentado; el abdomen presenta espiráculos y la genitalia. (<http://www.ites.upr.edu/Ramírez/IS/acuaticos.htm>, 2 marzo 2009,10:35 a.m.).

Los Hemípteros viven en remansos de ríos y quebradas; pocos resisten las corrientes rápidas. Son frecuentes también en lagos, ciénegas y pantanos. Algunas especies resisten cierto grado de salinidad y las temperaturas de las aguas termales (Roldán, 1988 cit. por Mafla, 2005). Se conocen cerca de 400 especies del infraorden nepomorpha (verdaderamente acuáticos) y alrededor de 315 del infraorden Gerromorpha (subacuáticos) en el trópico americano.

**Biología:** Los hemípteros, llamados también "chinchas de agua", se caracterizan por poseer las partes bucales modificadas y tener un "pico" chupador insertado cerca al extremo anterior de la cabeza. Las alas anteriores (hemiélitros) son de consistencia dura en su posición basal; en cambio las alas posteriores son totalmente membranosas. Dentro del grupo existe polimorfismo alar en la mayoría de las familias; es frecuente encontrar dentro de una misma especie individuos macrópteros, branquiépteros y ápteros (Rosemberg, 1993).

Los hemípteros son hemimetábolos, es decir, su metamorfosis es simple y gradual. La postura de los huevos se realiza sobre el sustrato, sobre el suelo, plantas y aún sobre el dorso de los machos, como es el caso de *Belostoma*. La respiración no es exclusivamente acuática, por lo tanto, disponen de variadas adaptaciones para tornar el oxígeno del aire, como tubos anales, Canals abdominales y reservorios dorsales donde están localizados los espiráculos, entre otros.

**Ecología:** los hemípteros viven en remansos de ríos y quebradas: poco resisten las corrientes rápidas. Son frecuentes también en lagos, ciénegas y pantanos. Algunas especies resisten cierto grado de salinidad y las temperaturas de las aguas termales. Los hemípteros son depredadores de insectos acuáticos y terrestres; las especies más grandes pueden alimentarse de peces pequeños y crustáceos (Rosemberg, 1993).

**Distribución geográfica:** los hemípteros son cosmopolitas, conociéndose cerca de 3000 especies alrededor del mundo, de estas, cerca de 700 se han reportado en el trópico.

### **2.5.9. Orden Odonata.**

Son insectos primitivos que pasan por un estado larval acuático seguido por la etapa adulta en la cual viven poco tiempo. Según Donnelly (1992) cit. por Mafla (2005) la etapa de ninfa completa es acuática con excepción de algunas especies que viven en material húmedo de plantas terrestres, madrigueras, en suelos mojados o en agua que se acumula en las plantas tropicales.

Las larvas de los odonatos son muy diferentes en apariencia que los adultos, las ninfas de odonatos habitan en toda clase de cuerpos de agua dulce, aunque algunas especies pueden tolerar agua salobre. Los hábitats más comunes incluyen los ríos, lagos, y el agua que se acumula en las bromelias, algunos prefieren sitios de fondo rocoso, pero otros grupos se entierran dentro de los sedimentos finos, algunas especies de gran tamaño prefieren sitios con vegetación acuática sumergida. (<http://www.ites.upr.edu/Ramirez/IS/acuaticos.htm>, 2 marzo 2009, 10:35 a.m.)

Los odonatos, llamados también libélulas o caballitos del diablo, son insectos hemimetábolos, cuyo periodo larval es acuático, empleando desde dos meses hasta tres años en su desarrollo hasta adulto, de acuerdo con el tipo de especie y el clima. En su estado adulto, viven desde pocos días hasta tres meses (Rosemberg, 1993).

**Biología:** los odonatos han sobrevivido unos 200 millones de años sin ningún cambio apreciable. La mayoría de los odonatos ponen sus huevos sobre la vegetación flotante o emergente. La eclosión de los huevos se realiza entre los 5 y 40 días después de la postura. Las larvas son generalmente depredadoras, para lo cual juega un papel muy importante su aguda visión. El intercambio gaseoso se realiza a través de la piel y agallas anales.

**Ecología:** los odonatos viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas; por lo regular, rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Viven en aguas limpias o ligeramente eutroficadas. Un gran número de especies de este orden presenta larvas 3000m de altura y sobre el nivel del mar.

**Taxonomía:** están los subórdenes Zygoptera y Anisoptera, extendida a lo largo del territorio Antioqueño según estudios recientes. La familia Libellulidae es la más ampliamente representada. Los géneros mas comunes en nuestro medio son: Erythemis, Erytodiplx, Brechmorhoga, Sympetrum, Orthemis, Pantala, y Tramea.

#### **2.5.10. Orden Ephemeroptera.**

Reciben este nombre debido a su corta vida o “efímera” que llevan como adultos. Algunos pueden vivir en este estadio sólo 5 minutos, pero la mayoría vive entre 3 y 4 días. Durante este tiempo alcanzan la madurez sexual y se reproducen. Las ninfas viven, por lo general, en aguas corrientes limpias y bien oxigenadas; solo algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación (Roldán, 1988) cit. por (Mafla, 2005).

Ward (1992) cit. por Mafla (2005) manifiesta que, a excepción de una especie de Baetidae semiterrestre de Suramérica, todas las larvas son estrictamente dulceacuícolas tanto lóaticas, como lenticas. En su etapa acuática inmadura o ninfa cumplen un papel muy importante en el ecosistema dentro del agua dulce alimentándose de partículas de rocas u otro material y de algas, y sirviendo de alimento a peces y otros animales acuáticos (Flowers, 1992 cit. por Mafla, 2005).

El conocimiento de los ephemerópteros en el Neotrópico aún es escaso e incompleto. A pesar de que se conocen estudios desde finales del siglo pasado, no puede hablarse de que existan un estudio sistemático de este grupo en América del sur (Rosemberg, 1993).

**Biología:** Los ephemerópteros reciben este nombre debido a su vida corta o "efímera" que llevan como adultos. Algunos pueden vivir en este estado sólo cinco minutos, pero la mayoría vive de uno a cuatro días; durante este tiempo alcanzan la madurez sexual y se

reproducen. Los huevos los depositan generalmente en la superficie del agua y poseen estructuras que les permite fijarse al sustrato. La respiración la realizan a través de agallas, generalmente abdominales, las cuales varían en forma y número de acuerdo con la especie.

**Ecología:** los ephemerópteros viven por lo regular en agua corrientes, limpias y bien oxigenadas; solo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. En general, se consideran indicadores de buena calidad del agua. Sus ninfas se encuentran normalmente adheridas a rocas, troncos, hojas, o vegetación sumergida; algunas pocas especies se encuentran enterradas en los fondos lodosos o arenosos (Rosemberg, 1993).

Las ninfas son prácticamente herbívoras y se alimentan de algas y tejidos de plantas acuáticas. A su vez, las ninfas de los ephemerópteros constituyen una parte importante en la dieta alimenticia de los peces, especialmente la trucha (salmo) y la sabaleta (Brycon).

**Distribución geográfica:** los ephemerópteros son prácticamente cosmopolitas, estando ausentes en Nueva Zelanda y algunas pequeñas islas. Sólo la familia Euthyplociidae es típicamente neotropical.

**Taxonomía:** la conformación del aparato bucal, le número, la forma y disposición de las agallas y de los filamentos caudales, son, entre otras, características útiles en la clasificación de las ninfas delos ephemerópteros.

Richards & Davies (1983) manifiestan que las larvas acuáticas de efemerópteros, odonatos y plecópteros difieren de los adultos terrestre por la posesión de órganos adaptativos implicados principalmente en la respiración alimentación y locomoción de las mismas.

## **2.6. Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos.**

Los macro invertebrados acuáticos pueden vivir en la superficie del agua en el fondo o nadar libremente en la columna de agua de ahí es que reciben diferentes nombres de acuerdo al tipo de adaptación.

**Neuston:** se refiere a los organismos que viven y se desplazan en la superficie del agua caminando patinado o saltando, sus uñas, patas y exoesqueleto están cubiertas por una

especie de cera que los hace impermeables u en vez de hundirse doblan y vencen la tensión del agua entre algunas familias características estan Gerridae, Veliidae, Hydrometridae y Mesoveliidae (Hemipteros).

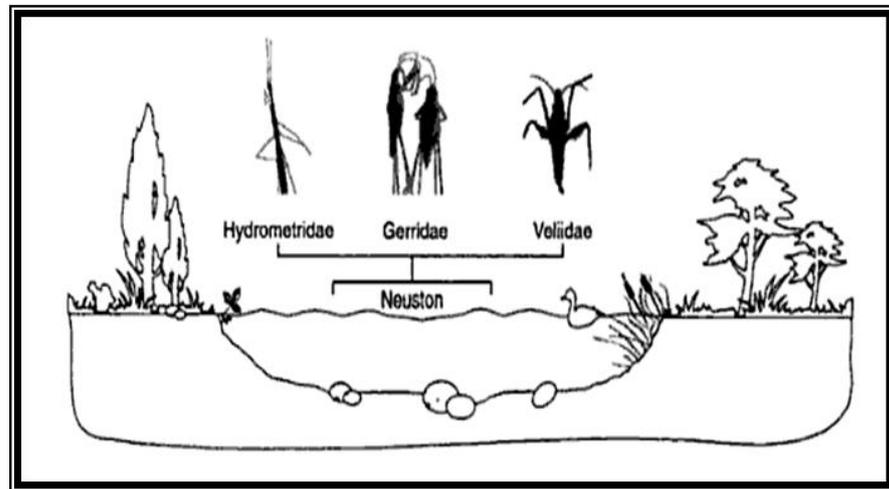


Figura 3. Ilustración del hábitat y macro invertebrados que se pueden encontrar en la superficie del agua.

**Necton:** está conformado por todos aquellos organismos que nadan libremente en el agua, entre ellos están las familias Corixidae, Notonectidae (Hemipteros) Dytiscidae, Gyrinidae e Hydrophilidae (Coleopteros) y Baetidae del orden Ephemeroptera.

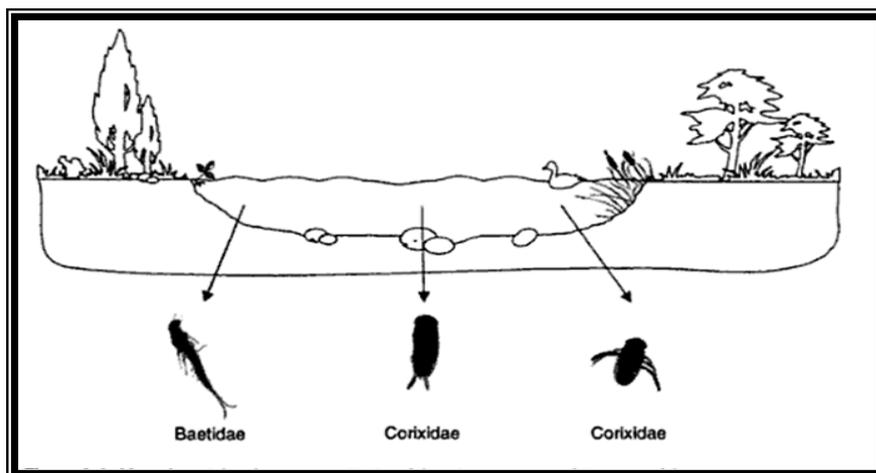


Figura 4. Ilustración del hábitat y macro invertebrados presentes en el necton.

**Bentos:** se refiere a todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos adheridos a rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares. Los órdenes más representativos son Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera y Díptera.

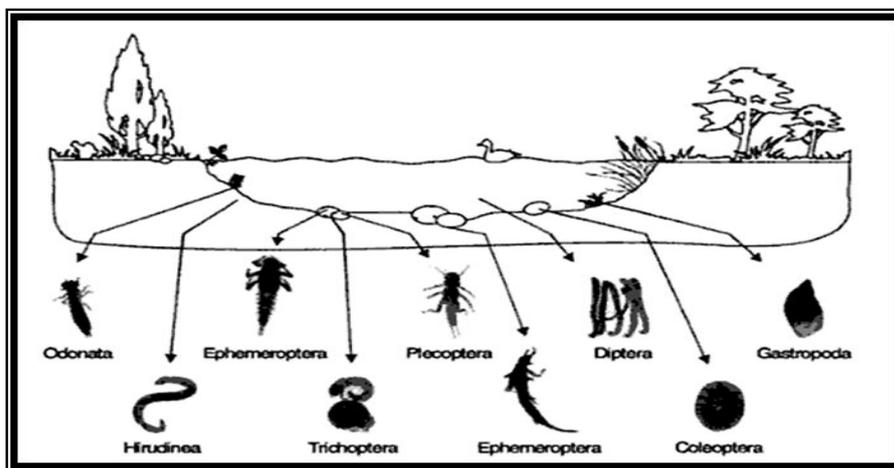


Figura 5. Ilustración del hábitat y macro invertebrados comunes de encontrar entre la fauna bentónica.

## 2.7. Contaminación e insectos acuáticos.

El interés de la calidad ambiental es una de las razones más importantes para el estudio de los insectos acuáticos. El empleo de las comunidades acuáticas ha sido utilizado por más de medio siglo para conocer el nivel de calidad ambiental y contaminación de un cuerpo de agua, en base a que los ecosistemas naturales no perturbados de manera significativa por el ser humano presentan una amplia diversidad de formas de vida (Lehmkhul, 1979).

Según Lehmkhul (1979) en cualquier sistema natural existen especies altamente sensibles a los cambios en su entorno y de igual forma se presentan individuos capaces de adaptarse a niveles críticos de perturbación, ya sea natural o de origen antrópico. Sin embargo los ecosistemas altamente impactados y deteriorados en su calidad natural presentan una reducida o muy poca diversidad de especies, las cuales a menudo se

encuentran en grandes cantidades. Mientras tanto las especies sensibles estarán ausentes en dichos ecosistemas.

## **2.8. Bioindicadores o indicadores biológicos.**

Son seres vivos que detectan la contaminación y las alteraciones de la calidad medioambiental se pueden comprobar observando a organismos especialmente sensibles a estos cambios, libélulas para saber el estado de las aguas, hormigas para evaluar la peligrosidad de una mina, abejas para detectar la contaminación atmosférica urbana, la hoja del tabaco para comprobar daños por ozono, corales y pingüinos para conocer el alcance del cambio climático (<http://www.ciencias.unal.edu.co/publicaciones/icn/caldasias.pdf> 11 junio 2010 9:22 am.)

Ante la más mínima alteración de las condiciones de su entorno, algunos seres vivos generan una determinada respuesta, cambiando sus funciones vitales y/o su composición química o genética, o incluso acumulando el agente contaminante (bioacumuladores).

Son herramientas utilizadas para apoyar a los investigadores y proveer información relevante en cuanto a perturbaciones en los ecosistemas a diferentes niveles. Por ello, estos seres vivos se pueden convertir en unos indicadores biológicos muy útiles, fiables - y económicos - para evaluar la calidad ambiental del suelo, el aire o el agua. (MARN, 2004:12)

En vez de costosos equipos de medición y análisis, algunos científicos proponen el uso de bioindicadores, organismos o sistemas biológicos sensibles a las variaciones en la calidad ambiental. En este sentido, algunos animales son conocidos tradicionalmente por los pescadores como buenos indicadores de las condiciones de los ríos. Tal es el caso por ejemplo de los mirlos acuáticos, las libélulas y caballitos del diablo. Este tipo de animales necesitan aguas muy limpias para encontrarse en su apogeo, si aparece algún mínimo elemento contaminante, que para los seres humanos podría pasar desapercibido, estos seres huyen del lugar. (Guerrero et al., 2003)

Los insectos también son muy buenos bioindicadores de deterioros ambientales muy diversos. En cualquier caso, antes de un estudio mediante bioindicadores debe realizarse

un análisis previo que seleccione el mejor organismo para el tipo de problema ambiental y su extensión geográfica y temporal. Un bioindicador ideal es un organismo sencillo de estudiar y bien conocido por la ciencia, y que esté presente de manera amplia en todos los hábitat posible.

## **2.9. Biomonitorio de un río.**

Según Merritt (2008) usualmente este es el uso sistemático de organismos vivos y su respuesta a determinada calidad en el ambiente acuático. Este puede ser usado y separado en tres categorías que son:

1. Sobre vivencia de los organismos antes y después de un impacto a determinado efecto de una acción o actividad.
2. Muestreo regular o evaluación de toxicidad midiendo la calidad del agua.
3. Escala de sobre vivencia en condiciones de referencia estables relacionadas con el uso de la tierra o la estimación de la extensión de impactos biológicos a través de una región geográfica.
4. Según Lehmkhul (1979) para la evaluación de un río o cuerpo de agua es necesario tener presente que la naturaleza misma, genera las condiciones para que exista equilibrio y a la vez diferencias dentro de un ecosistema. Por tanto podría darse el caso de que dos corrientes de un mismo lugar en un espacio y tiempo determinado sean completamente diferentes en cuanto a los insectos acuáticos albergados en dichos ecosistemas y más aun carecer de perturbación no natural (antrópica).

El monitoreo de un río consiste en determinar los cambios ocurridos mediante observaciones, estudios y posteriores registros del agua, los animales (macro invertebrados) y la zona ribereña que lo rodea. Así, podemos describir sus anormalidades y sugerir la forma de minimizarlas o eliminarlas más rápido. Un río o quebrada que se conserve en su estado natural y que de una u otra forma sufra un deterioro, se recuperará solo si se evita el o los problemas que lo afectan. (Mafla, 2005).

Mafla (2005) opina que, para que los resultados del monitoreo de un río o quebrada sean más exactos y nos muestren cuáles son los problemas que le impactan, se deben tomar varias muestras a lo largo de cauce, a fin de compararlas de acuerdo con los ambientes que los rodean y las actividades que se practican en sus alrededores.

Los peces, algas, protozoos y otros grupos de organismos también son recomendados para ser usados en la determinación de la calidad del agua. No obstante los insectos acuáticos son el grupo más frecuentemente usado. No obstante Rossemberg & Resh (1973) cit por Merrit et al (2008) concluyen que estos factores se deben principalmente a:

1. Son impactados y consecuentemente afectados por algunas perturbaciones en diferentes hábitats acuáticos.
2. Un gran número de especies exhiben un rango de respuestas l estrés ambiental.
3. Por ser de naturaleza relativamente sedentaria en comparación a otros organismos acuáticos (peces) permiten la determinación efectiva de la extensión espacial de las perturbaciones.
4. La complejidad en sus ciclos de vida en relación a otros organismos permite determinar cambios temporales en características tales como la abundancia, riqueza y estructura de la comunidad durante la época examinada.

En contraposición algunas características de los insectos acuáticos pueden obstaculizar o repercutir en su uso en actividades de biomonitoreo, requiriendo de consideraciones especiales tales como:

1. Ellos responden directamente a todo tipo de impactos.
2. Su distribución y abundancia puede ser afectada por otros factores mas que la calidad del agua.
3. Su abundancia y distribución varia estacionalmente (dependiendo de la época).
4. La capacidad de dispersión puede llevar insectos acuáticos dentro y fuera del ares donde ellos normalmente no ocurren.

El biomonitoreo difiere mucho de las tradicionales aproximaciones fisicoquímicas que también son usadas en la evaluación de la calidad del agua. Los sistemas físicos y químicos son análogos de las fotografías, puesto que son instantáneos y describen las condiciones del lugar solo durante la toma de la muestra sin tomar en cuenta la

variabilidad que estos pueden presentar a lo largo del tiempo (días, semanas o años) y los factores que pueden intervenir en ese momento.

En contraste el uso del biomonitoreo incluye el componente temporal, ya que los insectos son expuestos a cambios en las condiciones ambientales e impactos sobre estas. Sin embargo no son mutuamente excluyentes.

## **2.10. Historia del biomonitoreo.**

El uso de macro invertebrados para evaluar la calidad del agua comenzó en Alemania en la primera mitad del siglo XX, Kolkwits & Marsso (1908-1909), desarrollaron la idea de agotamiento (grado de polución) en ríos como una medida de la extensión de contaminación por aguas residuales (cloacales o mieles), resultando en decreción del oxígeno disuelto y el efecto de este decremento en la biodiversidad de los ríos (Merritt et al, 2008).

Sin embargo el interés en los insectos acuáticos y el uso de estos como indicadores de la calidad del agua comenzó entre los años 70's y 80's, estos son las formas de vida dominantes usadas para investigaciones de ecología básica en cuerpos de agua dulce (Lehmkhul, 1979).

Observaciones en la restricción de ocurrencia de algunas taxas en respuesta a las condiciones ambientales llevaron al desarrollo de una lista de organismos que podrían indicar la calidad del agua. El uso de estos en programas de biomonitoreo en Norteamérica siguiendo la tradición europea de evaluaciones cualitativas bastante cerradas se dio hasta 1970, pasando a abordar e incluir análisis y muestreos cuantitativos. Este enfoque típicamente incluyó la formulación de hipótesis que requerían de unidades de muestreo repetitivo y análisis estadísticos (Merritt et al, 2008).

Según Merritt et al (2008) recientemente el interés en adoptar algunos criterios cualitativos han tenido que ser incorporados en nuevas evaluaciones generalmente conocidas como procedimientos de evaluaciones rápidas.

## **2.11. Escalas del biomonitoreo.**

Según Merritt et al (2008) la implementación de un sistema de monitoreo usando insectos acuáticos como indicadores biológicos cubriendo diferentes rangos a lo largo de una continuidad espacio-temporal depende del nivel jerárquico usado, y este puede ir desde un nivel muy específico y particular( bioquímico) hasta el mas general (ecosistémico).

### **Nivel bioquímico.**

Este se usa en base a una respuesta al estrés ambiental a nivel subcelular de los organismos, reflejando una respuesta fisiológica dando como resultado una demostración de la sensibilidad de latente peligro a causa de los efectos adversos ocurriendo en largos periodos espacio-temporales, incluyendo cambios en la actividad enzimático y metabólica como resultado de la exposición al un contaminante.

### **Nivel de individuo.**

Este es orientado al monitoreo de organismos individuales y se caracteriza por análisis a escalas intermedias en espacio y tiempo; haciendo énfasis en caracteres como deformaciones, anormalidades en el desarrollo y fluctuaciones asimétricas a causa de estrés ambiental. Las desviaciones en la conducta normal en respuesta a un contaminante específico probablemente resultan de desordenes fisiológicos, siendo los insectos acuáticos los organismos ideales para evaluar la conducta como una respuesta a la toxicidad a causa de compuestos tóxicos en los sedimentos.

### **Nivel de Poblaciones y especies.**

Se caracteriza por el análisis den escalas intermedias de tiempo y espacio, sin embargo tiende a ser mas frecuentemente usado para evaluar la calidad del agua. Se puede evaluar la población utilizándola como una taxa indicadora, usualmente mediante índices bióticos para calificar el grado de contaminación en el ecosistema acuático determinando la tolerancia o sensibilidad de los organismos a la contaminación.

Los índices bióticos son esencialmente evaluaciones invariadas para el análisis del ambiente a partir de una variable ambiental o tipo de contaminación. Sin embargo

actualmente existen algunos que reflejan tasas tolerantes a diversos grados de perturbación humana.

### **Nivel de comunidades.**

A este nivel los trabajos son hechos a largas escalas de medición espacio-temporal; los análisis incluyen insectos acuáticos, la comunidad medida trata de la sumatoria de la magnitud, consecuencias ecológicas o un estrés particularmente significativo en el ecosistema examinado, por esta razón los insectos acuáticos reciben atención más detallada que a otros niveles.

El monitoreo incluye valoraciones cuantitativas entre estas la formulación de hipótesis y replicas de unidades de muestreo y análisis estadísticos detallados; así como procedimientos de evaluación rápida, reduciendo la intensidad de sitios específicos para el estudio relativo a evaluaciones cualitativas y posibilitando un gran número de sitios para ser examinados.

Este enfoque trata de suministrar la efectividad de costosas herramientas para la evaluación del estatus biológico de los hábitats acuáticos inmersos en el estudio. Las evaluaciones rápidas son una pérdida en la evaluación de la integridad de los índices bióticos desarrollados inicialmente para los peces.

Una alternativa de evaluación con combinación de algunos objetivos de enfoque con multivariantes estadísticas es utilizada en el reino unido. Las evaluaciones rápidas son análogas a termómetros usados para evaluar la salud humana obteniendo valores que son fácilmente comparados con un valor considerado como normal. Los valores se obtienen de sitios de control o basados en condiciones de referencia regional (Anderson & Cummins, 1979 cit por Merritt, 2008).

Las diferencias entre los valores observados y los esperados según las condiciones de referencia son una medida del grado de salud o estabilidad del ambiente en general. Los análisis de evaluaciones cuantitativas a nivel de comunidades y los procesos de evaluación rápida generalmente incluyen uno o más de los sistemas descritos, y estos son llamados métricos.

El más comúnmente usado para describir las comunidades de macro invertebrados es la riqueza de taxa; donde el número de taxas en la comunidad denota la calidad del ambiente basado en la primicia de que este numero decrece al declinar la calidad del agua (Riss et al, 2008).

Un gran número de índices de diversidad han sido propuestos para ser usados en el monitoreo de la calidad del agua, estos son usados en relación a la idea que un gran valor de diversidad indica un balance o estabilidad de la comunidad. De igual forma es considerada la tolerancia de los macro invertebrados a la polución, la riqueza de la muestra y el número de individuos de cada especie en el cálculo de los índices (Rosemberg & Resh, 1993).

Según Merritt et al (2008) los índices de similitud comparan la estructura de las comunidades en diferentes sitios, con la explicación de que las comunidades perturbadas y no perturbadas llegan a ser mas distintas cuando aumenta el estrés en el ambiente.

### **Nivel ecosistémico.**

Este se usa para el análisis a grandes escalas espaciales y temporales. Una perspectiva ecosistémico es también la inclusión de un mayor nivel jerárquico extendiéndose el enfoque desde individuos y fenómenos pequeños a escalas de poblaciones, comunidades y fenómenos a gran escala, este evalúa con énfasis estructural y funcional; como operan los procesos a nivel de comunidades y a nivel del ecosistema en general detectando y entendiendo los efectos de la perturbación en los sistemas naturales.

Los insectos acuáticos son importantes en el monitoreo a nivel ecosistémico y son un esencial componente del ecosistema e indicadores sensibles del deterioro de este (Merritt et al, 2008).

## **2.12. Respuesta de las comunidades de macro invertebrados a la contaminación.**

Metcalf (1989) cit por Rosemberg & Resh (1993) distingue tres enfoques principales para evaluar la respuesta de las comunidades de macro invertebrados a la contaminación. Estos son: el saprobio, el de diversidad y el biótico.

### **El enfoque saprobio**

Kolkwitz y Marsson (1909) cit por Merritt (2008) designaron en Alemania el termino saprobio (del griego descompuesto, rancio) para referirse a la capacidad que tenían ciertos organismos de vivir en determinados niveles de contaminación. Distinguieron tres niveles de autopurificación o saprobiedad:

- Zona polisapróbica: predominante de procesos reductivos.
- Zona mesosapróbica: parcialmente reductiva con procesos predominantemente oxidativos.
- Zona oligosapróbica: exclusivamente procesos oxidativos.

Posteriormente estos mismos autores dividieron las zonas meso sapróbica en álfame so sapróbica para referirse a muy alta contaminación betameso sapróbica para contaminación media. Luego añadieron un quinto nivel que llamaron catabórico, para referirse a aguas muy limpias. Utilizando cerca de 800 plantas y animales saprobiontes, desarrollaron el sistema sapróbico de clasificación, así:

- Altamente contaminado: Zona polisapróbica
- Muy contaminado: zona alfamesosapróbica
- Moderadamente contaminado: zona betamesosapróbica
- Poco contaminado: Zona oligosapróbica
- Sin contaminación: Zona catabórica.

Lauterborn (1915) incremento la lista anterior agregando datos ecológicos y fisiológicos de los organismos. Kolkwitz (1935,1950) hizo una revisión del sistema saprobio definiendo varios niveles saprobicos, así reducción química, oxidación incipiente, oxidación predominante y oxidación total. Finalmente introdujo otros niveles intermedios:

- Polisapróbico / alfamesosapróbico
- Alfamesosapróbico / betamesosapróbico
- Betamesosapróbica / oligosapróbico

Liebmann (1962) en <http://www.ciencias.unal.edu.co> (2010) empleó el sistema saprobico añadiendo cerca de 206 especies más. Selecciono también especies indicadoras de ácido sulfhídrico H<sub>2</sub>S e introdujo, además, los análisis de oxígeno disuelto, porcentaje de saturación y demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>).

### **El enfoque de la diversidad**

Incluye tres componentes fundamentales de las comunidades naturales: *riqueza*, *uniformidad* y *abundancia* para describir la respuesta de la comunidad a la calidad ambiental. Una comunidad natural se caracteriza por presentar una gran diversidad de especies y un bajo número de individuos por especie; o u bajo número de especies y muchos individuos de éstas. Una comunidad bajo la presión de la contaminación se caracteriza por poseer un bajo número de especies con un gran número de individuos por especie.

Esta situación también se observa en la naturaleza en lugares como en las grandes profundidades de los lagos y el mar, grandes alturas en las montañas y en temperaturas extremas. Con base en lo anterior, la diversidad de la comunidad se considera una medida de la calidad del agua. Se han desarrollado varios índices para medir la calidad del agua. Uno de los más conocidos es el de Shannon-Weiner (1949). Este índice refleja igualdad mientras más uniforme es la distribución entre las especies que componen la comunidad, mayor es el valor.

Existen otros índices de diversidad como el de Simpson (1949) y el de Margalef (1951), pero al igual que el anterior tienen para nuestro medio la limitante del uso de los

organismos a nivel de especie. Por supuesto, si se pueden diferenciar las especies se pueden usar estas formulas para obtener resultados de manera aproximada. Aunque el concepto de diversidad es muy atractivo, sus resultados pueden variar con los métodos de muestreo, la naturaleza del sustrato y la época del año.

### **El enfoque biótico**

Incluye los aspectos esenciales de la sobriedad, combinando una medida cuantitativa de diversidad de especies con la información cualitativa sobre la sensibilidad ecológica de taxones de individuos en una expresión numérica simple. Beck (1955) propuso el índice biótico en los Estados Unidos basado en la relación entre especies intolerantes y tolerantes a la contaminación; los valores se encuentran entre 0 y 10 (<http://www.ciencias.unal.edu.com> , miércoles 14 abril de 2010; 1125 am).

En el índice biótico de Beck (1955) tenemos:

$$I = 2S_i - 2SI$$

Donde:

**S<sub>i</sub>** = numero de especies intolerantes

**SI** = número de especies tolerantes a la contaminación (rara vez supera 10)

Cualquier índice tiene su utilidad y valor de acuerdo con el criterio con que se use y con el conocimiento que se tenga de la fauna local.

### **2.13. Evaluación visual de ríos y quebradas “SVAP”**

El protocolo SVAP evalúa el hábitat físico de un río mediante la asignación de puntajes entre 1 y 10 a quince diferentes métricos. En ciertos casos, se puede excluir uno o más de los métricos, cuando no se aplica a un sitio. Al final del proceso se asignan puntajes y se calcula el promedio de los 15 métricos. Ésta es una manera de evaluar un río (mediano a pequeño) o quebrada aplicando altos puntajes (6, 9 a10) para ríos o quebradas que tienen

condiciones sanas, y bajos puntajes (de 2, 2 a 1) para ríos o quebradas en mal estado. (Mafla, 2005)

### **Ventajas**

- No necesita que alguien sea experto en ciencias acuáticas, y puede ser usado con éxito después de pocas clases.
- No necesita más equipo que el protocolo (ver anexos) y un lápiz.
- Está diseñado para grupos y sería perfecto para desarrollar con estudiantes.
- Es un sistema de evaluación de quebradas que puede ser usado a través de los años para un monitoreo continuo de calidad.

La evaluación se implementa con las siguientes medidas:

- 1.) Apariencia del agua.
- 2.) Sedimentos.
- 3.) Zona ribereña (ancho y calidad).
- 4.) Sombra.
- 5.) Pozas.
- 6.) Condición del cauce.
- 7.) Alteración hidrológica (desbordes).
- 8.) Refugio (hábitat) para peces.
- 9.) Refugio (hábitat) para macro invertebrados.
- 10.) Estabilidad de las orillas.
- 11.) Barrera al movimiento de peces.
- 12.) Presión de pesca.
- 13.) Presencia de desechos sólidos,
- 14.) Presencia de estiércol y
- 15.) Aumento de nutrientes de origen orgánico.

**Tabla 1. Criterios evaluados por el índice SVAP y su interpretación al momento de la adjudicación de la calidad del ambiente.**

Parámetros evaluados.	Calidad del ambiente según SVAP.	Calificación y color.
1.) Apariencia del agua, 2.) Sedimentos, 3.) Zona ribereña (ancho y calidad), 4.) Sombra, 5.) Pozas, 6.) Condición del cauce, 7.) Alteración hidrológica (desbordes), 8.) Refugio (hábitat) para peces, 9.) Refugio (hábitat) para macro invertebrados, 10.) Estabilidad de las orillas, 11.) Barrera al movimiento de las especies, 12.) Presión de pesca, 13.) Presencia de desechos sólidos, 14.) Presencia de estiércol y 15.) Aumento de nutrientes de origen orgánico	Excelente	9-10
	Buena	7-8
	Regular	5-6
	Pobre	3-4
	Muy pobre	1-2

*Fuente: Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano, Talamanca Costa Rica 2005.*

### En el río o quebrada.

Se debe empezar con una caminata por el río y observar las condiciones que presenta durante todo el trayecto, tomando en cuenta el color del agua, las plantas alrededor del río, lo que hay dentro del agua, note la evidencia de los usos por los seres humanos. Hay algunas cosas que no se pueden observarse a simple vista y es cuando se debe preguntar a personas que habitan o conocen los alrededores del río.

### Con los resultados

Cada métrico es evaluado y analizado por el observador hasta quedar claro el estado en que se encuentra dicho sitio, después se suman los puntajes asignados para cada uno,

sacando un puntaje promedio para cada categoría y se calcula el puntaje final entre 1 y 10, después se va a los cuadros de categorías para seleccionar la clase correspondiente.

### Calidad de un río o quebrada.

Después se elabora un informe o reporte para dar a conocer esta información, con el objetivo que todos los actores locales involucrados, entiendan mejor cómo están afectando la calidad del agua y que otros seres vivos dependen de ella. Esto se debe hacer de forma progresiva para comparar resultados de un mismo sitio en diferentes periodos de tiempo, sirviendo para aprender a comunicarnos con los macro invertebrados y captar lo que nos quiere decir el cauce o la ribera de un río (Martínez & Cano, 2008).

Después de extensos trabajos de biomonitoreo se han desarrollado índices de diversos organismos, ya sean animales, plantas o un conjunto de estos, que al adaptarlos a las diferentes regiones son herramientas efectivas para conocer la salud de un río o quebrada. Para explicar mejor qué son los índices, podríamos decir que son una cantidad de preguntas que se les hacen a los organismos con los que se trabaja. En este caso los macro invertebrados o el hábitat que rodea el sitio de estudio. Así, a cada organismo se le designa un número, dependiendo del estado en que se encuentre. Por ejemplo si estamos trabajando con insectos, tenemos en cuenta la sensibilidad de cada especie.

**Tabla 2. Criterios evaluados para la adjudicación de puntajes según el BMWP al momento de definir la calidad del agua.**

Criterios evaluados.	Calidad de agua	Calificación
No aceptan contaminantes	Excelente	9 - 10
Aceptan muy pocos contaminantes	Buena	7 - 8
Aceptan pocos contaminantes	Regular	5 - 6
Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Pobre	3 - 4
Aceptan muchos contaminantes	Muy pobre	1 - 2

*Fuente: Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano*

## 2. 14. Índice biológico BMWP de calidad del agua.

### 2.14.1. El método BMWP para Colombia (BMWP / Col.)

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macro invertebrados como bioindicadores. Las razones para ello fueron básicamente económicas y por el tiempo que se requiere invertir. El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae, reciben una puntuación de 1 (Roldan Pérez, 2003).

La suma de todos los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP. El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score per Taxón), esto es, el puntaje total para la evaluación del sitio.

Los valores ASPT van de 0 a 10; un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje bajo de BMWP indicará condiciones graves de contaminación. Los valores de puntaje para las familias individuales reflejan su tolerancia a la contaminación con base en el conocimiento de la distribución y la abundancia. \*

Teóricamente, una medida ideal de la calidad del agua estaría dada por la determinación del grado de composición al cual una comunidad difiere de la que fue considerada típica para un determinado ecosistema acuático. Usando un modelo computarizado llamado RIPACS (River Invertebrate Prediction y Classification System) desarrollado en Inglaterra, es posible comparar la comunidad de invertebrados encontrada en un sitio determinado con la prevista en un lugar no contaminado. \*\*

---

(\*), (\*\*) Roldan Pérez (2003) Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, uso del método BMWP.

Según Roldan (2003) la bioindicación en Colombia se remonta a los años setenta con los trabajos de Roldán, et al. (1973), cuando por primera vez se realizó un estudio de la fauna de macro invertebrados como indicadores del grado de contaminación del río Medellín.

El índice de calidad BMWP –CR (*Biological Monitoring Working Party*) modificado para Costa Rica, es un método rápido de valoración de la calidad biológica de un cuerpo de agua, que utiliza los macro invertebrados como indicadores (Roldan, 1998). En base a 31 investigaciones realizadas en Costa Rica, se adaptó el índice BMWP de acuerdo a los macro invertebrados existentes en ríos y quebradas del país.(Mafla, 2005)

El BMWP es utilizado para reflejar el impacto de la contaminación orgánica e inorgánica como resultado de la eliminación de residuos o desechos de fincas. Este sistema de valoración requiere únicamente información a nivel de familia, el cual no es específico para ninguna captación de agua o área geográfica determinada y los datos son cualitativos (presencia o ausencia), (Bartram y Ballance, 1996 cit. por Mafla, 2005).

**Tabla 3. Puntaje según el índice BMWP-CR de calidad de agua para los cuerpos de agua superficiales de Costa Rica**

Nivel de calidad	BMWP'	Color
Aguas de calidad excelente	>120	Excelente
Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible	101-120	Muy bueno
Aguas de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada	61-100	Bueno
Aguas de calidad mala, contaminadas	36-60	Regular
Aguas de calidad mala, muy contaminadas	16-35	Pobre
Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas	<15	Muy pobre

*Fuente: Macro invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en la cuenca del estero Pen Peu comuna de Lautaro ex región de la Araucanía, Chile.*

La clasificación de las aguas según este índice adquiere valores comprendidos entre 0 y un máximo indeterminado que no suele superar 200. Se establecieron 6 clases de calidad para el agua, descritas a continuación. (Martínez & Cano, 2008).

### **2.15. Índice Biótico por Familia IBF (Hilsenhoff).**

El Índice Biológico o Biótico de Hilsenhoff (IB en español o BI por sus siglas en inglés) fue originalmente desarrollado en 1977 por el Dr. William Hilsenhoff de la Universidad de Wisconsin, con el propósito de evaluar la reducción de oxígeno disuelto debido a la carga orgánica en ríos. El índice se derivó del Índice Saprobico de Pantle y Buck en 1955 en Alemania y del índice biótico de Chutter en 1972 en Sud África. Los procedimientos para toma de muestras y su procesamiento en laboratorio, para fines del cálculo del Índice de Hilsenhoff, fueron normados desde 1983, por el Departamento de Recursos Naturales del estado de Wisconsin, Estados Unidos (Sermeño Chicas, 2010).

Para calcular este índice, solo son utilizados organismos que requieren oxígeno disuelto como recurso vital. En este índice, a los organismos que son más sensibles a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, se les asignan bajos valores de tolerancia; por el contrario, los organismos que tienen un amplio rango de tolerancia, se les asignan valores altos (Shepard sf. Cit por Sermeño Chicas, 2010)

Con relación al Índice Biológico de Chutter para Sudáfrica en 1972; del cual deriva en parte el Índice Biológico a nivel de Familia (IBF); éste último involucró cambios en los valores de tolerancia para la fauna local de EE.UU., además de la exclusión de algunos grupos taxonómicos (Resh & Jackson 1993). También para El Salvador, la propuesta que se explica en este trabajo científico innovador, se adaptó a las condiciones propias de las aguas de los ríos del país (Sermeño Chicas, 2010)

Para el propósito de calcular el índice biótico, a cada especie o género les es asignado un valor de tolerancia desde 0 hasta 10; con el cero asignado a las especies más intolerantes a la contaminación orgánica y 10 a las especies más tolerantes; se asignan valores intermedios a las especies intermedias en su tolerancia a la contaminación orgánica. E es un promedio de valores de tolerancia para todos los individuos recolectados de un punto o sitio de muestreo (Hilsenhoff, 1987).

### 2.15.1. Origen del Índice Biológico a nivel de Familias en El Salvador (IBF-SV-2010).

El Índice Biológico a nivel de Familias de invertebrados acuáticos adaptado para El Salvador (IBF-SV-2010), tiene como base el método de cálculo, asignación de puntajes y escala de medición, propuestos por Hilsenhoff (1987). Esencialmente, consiste en el promedio de los puntajes de los grupos taxonómicos encontrados en cada punto o sitio de muestreo, ponderado por su abundancia relativa. De esta manera, el índice presenta dos componentes principales: **a)** El puntaje asignado a cada grupo de invertebrado acuático; **b)** La abundancia relativa de los grupos de invertebrados acuáticos encontrados.

Por otro lado, la abundancia relativa se considera como una característica propia de cada punto o sitio muestreado en los principales ríos de El Salvador y es un indicativo del nivel de perturbación. También, toda esta información se obtiene a través de una metodología estandarizada de muestreo multi-hábitat de macro invertebrados acuáticos. Para la identificación de los diferentes insectos acuáticos de los ríos de El Salvador se hace necesaria la utilización de Guías ilustradas de insectos acuáticos con sus respectivas claves taxonómicas.

**Tabla 4. Índice Biológico o Biótico a nivel de Familias (IBF) (Hilsenhoff 1988).**

Valor IBF-SV 2010.	Categoría.	Calidad del agua.	Grado de contaminación orgánica.
0.00-3.75	1	Excelente	Contaminación orgánica improbable.
3.76-4.25	2	Muy bueno	Contaminación orgánica leve posible
4.26-5.00	3	Bueno	Contaminación orgánica probable
5.01-5.75	4	Regular	Contaminación orgánica sustancial es probable
5.76-6.50	5	Regular a Pobre	Contaminación sustancial probable
6.51-7.25	6	Pobre	Contaminación orgánica muy sustancial probable
7.26-10.00	7	Muy Pobre	Contaminación orgánica severa probable

### 3. METODOLOGIA.

#### 3.1. Tipo y diseño de la investigación.

Esta será de tipo cuantitativa, ya que permitirá recabar información de aspectos que se pueden medir o contar, arrojando datos numéricos para ser sistematizados.

Descriptiva por que solo se dice como se presenta dicho fenómeno, especificando las propiedades importantes de algunos grupos, brindando la posibilidad de hacer predicciones de lo que puede ocurrir a largo plazo.

No experimental por que en ningún momento se manipularon variables que influyeran en el fenómeno. Longitudinal puesto que se realizo en tres épocas climáticas Época lluviosa Septiembre-Octubre 2009, etapa de transición Lluviosa-Seca, Noviembre-Diciembre 2009 y Época Seca enero 2010 y de evolución de grupos puesto que ya se han delimitado a quienes se va a estudiar “*Los insectos acuáticos*”.

Mientras tanto el nivel jerárquico desde el cual se abordó la investigación fue a **nivel de comunidades**, a fin de aportar al insumo para las estrategias de manejo del área natural protegida La Magdalena.

#### 3.2. Identificación del objeto de estudio.

**Universo:** Los macro invertebrados presentes en la cuenca del río Paz en la zona occidental de El Salvador.

**Población:** Hexápodos existentes en los ríos de la subcuenca del río Pampe del departamento de Santa Ana.

**Muestra:** Insectos acuáticos presentes en los ríos del área natural protegida La Magdalena en el municipio de Chalchuapa.

Para el desarrollo de esta investigación se procedió a la identificación de nuestra área de estudio, identificando las principales vertientes que corren al interior del área protegida a fin de determinar en cuales se haría la toma de datos de campo. Para esto se realizaron varios recorridos en el área a fin de ubicar los principales puntos de interés, previa consulta con el personal guarda recursos para posteriormente realizar el muestreo. Se tomaron como base tres estratos del cuerpo de agua en el siguiente orden: Neuston, Necton y Bentos, tomando muestras a partir de siete sustratos específicos al interior del cauce, los cuales se describen en el desarrollo de esta metodología.

### **3.2.1. Selección de cauces para el estudio y ubicación de los puntos de muestreo.**

Los puntos de muestreo fueron seleccionados mediante un recorrido por la zona de estudio, verificando que estos en su trayecto, pasaran o atravesaran por sitios con diferentes usos de suelo (bosque ripario, comunidades y zonas de cultivo) y que mantuvieran un caudal permanente aun en época seca.

A lo largo de cada cauce se ubicaron los puntos de muestreo, en el siguiente orden: 1) algunos metros debajo de donde nace el río 2) Aguas abajo en una franja media protegida por bosque ripario y 3) Aguas abajo en una franja sin o con poca protección de vegetación con predominio de áreas perturbadas o impactadas por actividades antropicas, consideradas como una fuente de contaminación puntual. Esto se realizo con la ayuda y consulta previa con el equipo guarda recursos utilizando un croquis del polígono del área protegida, así como de la ubicación de los principales cauces.

Una vez hecha la consulta se determino que serian seis puntos de muestreo los que se tomarían para la realización del estudio. Para determinar en que sitio se desarrollaría la colecta de insectos y la toma de parámetros ambientales los puntos fueron ubicados de la siguiente forma:

Se establecieron los seis puntos o estaciones de muestreo según lo planteado en la metodología, tres de ellos prácticamente inmersos dentro del área protegida específicamente los punto uno, dos y tres, mientras tanto los puntos cuatro, cinco y seis

se ubicaron en la zona de amortiguamiento del área, en el sector ocupado principalmente por campos de cultivo de caña de azúcar y asentamientos humanos.

El punto uno se ubico en el sector La Criba justo donde desemboca el nacimiento conocido localmente como El Pitalito considerándose el punto de inicio del cauce principal. Este punto se caracteriza por presentar un suelo principalmente arcilloso muy poco desnudo, en cuanto al cauce este presenta una rocosidad de aproximadamente 30 a 50%, con una mediana presencia de claros, pocos sedimentos al interior principalmente en algunas pozas, con corrientes constituidas por rápidos y remansos en mediana presencia(60-40%) brindando abundantes sitios de refugio para los insectos acuáticos.

La orilla del margen muy estable, sustrato principalmente rocoso-arenoso y presencia moderada de desechos sólidos y presión de pesca poco frecuente. Las márgenes están cubiertas principalmente por vegetación de bosque ripario ligeramente cerrad, con arboles que alcanzan los 23 m de altura, arbustos abundantes con alturas entre 1m y 2 ms., y además una alta presencia de hierbas con mediana presencia de musgos y bejucos y poca presencia de plantas epifitas. También presenta algunas plantas emergentes ancladas a rocas en el interior y en las márgenes del río.

El punto dos fue ubicado en el río El Manguito (siendo este el punto más interno en el área protegida) considerado localmente como el sitio con mejor calidad de agua como para ser aprovechado. Caracterizado por presentar un suelo limo-arcilloso no desnudo, en cuanto al cauce este presenta una rocosidad de aproximadamente 30 a 50%, con rocas de mediana a muy grandes, con una baja presencia de claros, muy pocos sedimentos al interior del cauce, con corrientes constituidas principalmente por rápidos en alta presencia (70%) y remansos en mediana presencia (30%) brindando abundantes sitios de refugio para los insectos acuáticos adaptados a corrientes bastante fuertes.

La orilla del margen muy estable, sustrato principalmente rocoso-arenoso y presencia baja o nula presencia de desechos sólidos y sin ninguna presión de pesca. Las márgenes están cubiertas por vegetación de bosque ripario bastante cerrada, con arboles que alcanzan los 30 m de altura, arbustos muy abundantes con alturas promedio de 2.5 ms., una muy alta presencia de hierbas, mediana presencia de musgos y bejucos, con moderada presencia de plantas epifitas. Si embargo esta no presenta plantas al interior de la columna de agua.

El punto tres se ubico aproximadamente a 100 metros desde el sitio en el enganche en el cual se unen los causes del sector La Criba y El Manguito , siendo nombrado como río El Jute por atravesar el caserío con el mismo nombre. Caracterizado por presentar un suelo ligeramente arenoso poco desnudo, el cauce presenta una rocosidad mayor a 50% en algunos sectores, con rocas de medianas a grandes, con una alta presencia de claros, moderada presencia de sedimentos al interior del cauce.

Presenta corrientes constituidas principalmente por rápidos en moderada presencia (40%) y remansos en mediana presencia (50%), dándose la formación de pozas temporales en las márgenes durante la época lluviosa brindando una gama de diferentes sitios de refugio para los insectos acuáticos adaptados a cada uno de los diversos tipos de corriente.

La orilla del margen muy estable conformado por rocas en algunos segmentos de su recorrido, sustrato principalmente rocoso-arenoso y moderada presencia de desechos sólidos y ligera presión de pesca. Las márgenes están cubiertas por vegetación de bosque ripario ligeramente abierta e intercalando con especies deciduas, con arboles que alcanzan los 20 m de altura, arbustos ligeramente abundantes con alturas promedio de 1.5 ms., una moderada presencia de hierbas, baja presencia de musgos y bejucos, con presencia casi nula de plantas epifitas. Si embargo esta presenta plantas emergentes y algas filamentosas al interior de la columna de agua.

El punto cuatro se estableció en el río conocido como El Naranjal dividido en sector 1 y 2 respectivamente, presentando algún tipo de perturbación a causa de actividades antrópicas tales como parcelas de cultivo. Caracterizado por presentar un suelo arcilloso poco desnudo, en cuanto al cauce este presenta una rocosidad de aproximadamente muy baja 2 a 10%, con rocas de pequeño a mediano tamaño, una moderada presencia de claros, muchos sedimentos al interior del cauce. Con corrientes constituidas principalmente por rápidos en moderada presencia (40%) y remansos en mediana presencia (50%) así como algunas pozas de profundidad no mayor a 1.20 ms., brindando

un diversidad de sitios de refugio para los insectos acuáticos adaptados a diversos tipos de corrientes y micro hábitats.

La orilla de la margen levemente inestable propensa a erosión, sustrato principalmente arcillo-arenoso y moderada presencia de desechos sólidos y con poca presión de pesca. Las márgenes están cubiertas por vegetación de bosque ripario ligeramente abierta, entre mezclada con especies deciduas, con arboles que alcanzan los 23 m de altura, arbustos bastante abundantes con alturas promedio de 2.5 ms., una alta presencia de hierbas y mediana presencia de musgos y bejucos, y moderada a baja presencia de plantas epifitas. Si embargo presenta plantas emergentes ancladas al margen y algunos sustratos al interior de la columna de agua.

El punto cinco se ubico aproximadamente 100 metros corriente abajo de donde enganchan el río El Jute y el río El Naranjal a fin de evaluar los efectos a causa de trayecto recorrido por el agua a partir de los puntos anteriores. Caracterizado por presentar un suelo limo-arcilloso poco desnudo, el cauce presenta una rocosidad de aproximadamente 2 a 10%, con rocas de pequeño, mediano a gran tamaño, con moderada presencia de claros, pocos sedimentos al interior del cauce, corrientes constituidas principalmente por rápidos en moderada presencia (40%) y remansos en alta presencia (60%) brindando abundantes sitios de refugio para los insectos acuáticos adaptados a corrientes suaves o de velocidad moderada.

La orilla del margen ligeramente inestable en algunos segmentos de su recorrido, sustrato principalmente arenoso y baja presencia de desechos sólidos y poca presión de pesca. Las márgenes están cubiertas por vegetación de bosque ripario intercalando con especies deciduas, con arboles que alcanzan los 24 m de altura, arbustos muy abundantes con alturas promedio de 2.5 ms., alta presencia de hierbas y mediana a baja presencia de musgos y bejucos, muy poca presencia de plantas epifitas. Si embargo presenta plantas algunas plantas emergentes ancladas a rocas al interior de la columna de agua.

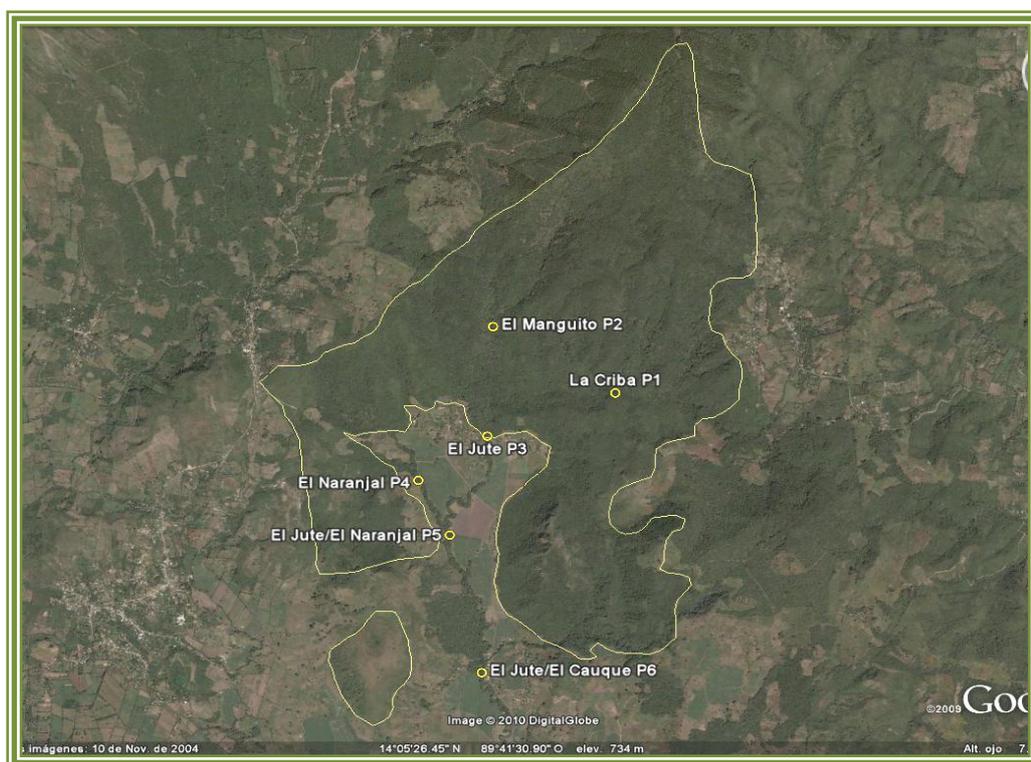
El punto seis se estableció 100 metros abajo del sitio donde engancha el río El jute y el río El Cauque para ver el efecto de la exposición del cauce a diferentes grados de perturbación durante su recorrido. Caracterizado por presentar un suelo limo-arcilloso poco desnudo, el cauce presenta una rocosidad de aproximadamente 30 a 50%, con rocas de pequeño a mediano tamaño, una amplitud de aproximadamente 4.5 ms. Con moderada presencia de claros, pocos sedimentos al interior del cauce, corrientes constituidas principalmente por rápidos en baja presencia (25%) y remansos en alta presencia (75%) brindando abundantes sitios de refugio para los insectos acuáticos adaptados a corrientes suaves o moderadas.

La orilla del margen ligeramente inestable, sustrato principalmente rocoso-arenoso y moderada presencia de desechos sólidos y con poca presión de pesca. Las márgenes están cubiertas por vegetación de bosque ripario y especies deciduas con abundancia media en cuanto a densidad, con arboles que alcanzan los 22 m de altura, arbustos muy abundantes con alturas promedio de 2.0 ms., una moderada presencia de hierbas, musgos y bejucos, baja a nula presencia de plantas epifitas, presentando algunas pocas plantas emergentes al interior de la columna de agua. Cada punto se ubico en las coordenadas presentadas en la siguiente tabla:

**Tabla 5. Coordenadas geográficas de ubicación de los puntos de muestreo.**

Punto de muestreo	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
<b>P1 La Criba</b>	14°05'26.34" N	089°41'08.93" O	762
<b>P2 El Manguito</b>	14°05'42.4" N	089°41'38.4" O	757
<b>P3 El Jute</b>	14°05'14.9" N	089°41'39.4" O	744
<b>P4 El Naranjal</b>	14°05'03.38" N	089°41'55.87" O	675
<b>P5 El jute/El Naranjal</b>	14°04'49.61" N	089°41'48.01" O	672
<b>P6 El Jute/El Cauque</b>	14°04'14.71" N	089°41'39.68" O	670

La ubicación geográfica de los puntos se muestra en la imagen que se presenta a continuación:



**Figura 6. Ubicación de puntos de muestreo en el área natural protegida.**

Cada uno de los puntos de muestreo fue ubicado en base a los criterios establecidos en la metodología según sus características, disponibilidad de hábitat, tipos de corriente y factibilidad para la colecta de especímenes a fin de asegurar la captura de una gama de formas de vida inmersas en los cauces.

### **3.2.2. Intensidad de muestreo.**

La fase de campo consistió en 3 visitas de dos días cada una al área natural protegida comenzando actividades a partir de las 8:00 a.m. y concluyendo a las 03:00 p.m. para un total de 42 horas de muestreo en total. La intensidad de este fue de tres puntos de toma de datos por día, siendo estos repetitivos en tres diferentes tiempos climáticos; época lluviosa, etapa de transición lluviosa-seca y época seca, a lo largo de la investigación, tomando los respectivos datos físicos químicos, en cada uno de los puntos.

### **3.3. Colecta de datos de campo.**

Básicamente la etapa de colecta de datos se hizo tanto en campo (*in situ*) como en laboratorio, a fin de corregir posibles errores en la identificación de los especímenes capturados en el área durante los muestreos, así como para poder realizar la preservación de estos como referencia para el área de estudio.

#### **3.3.1. Características biofísicas y parámetros fisicoquímicos.**

La toma de datos de campo en lo que respecta a las características del medio en un punto de muestreo específico, se hizo mediante la toma de datos de georeferencia en coordenadas Lambert con la ayuda de un GPS Garmin Gecko 101 con un margen de error de 4 m, anotando el dato en la respectiva boleta de campo (ver anexos). Mientras que la toma de características biofísicas básicamente consistió en una descripción del punto de muestreo en ese espacio y tiempo determinado identificando parámetros como:

**Apariencia del agua.** Para esto se realizó una observación directa del agua tratando de visualizar el fondo del cauce, a fin de determinar la transparencia del líquido, anotando este dato en la boleta de campo.

**Sedimentos.** Para este caso también de manera visual se determinó la presencia de sedimentos o partículas precipitadas en el fondo, así como en las márgenes del cauce del río o quebrada, de acuerdo al arrastre del río y grado de erosión, época climática y grado de deforestación del sitio, de igual forma se introdujo una regla graduada de 30 cm. en estos para determinar la densidad de la capa.

**Zona ribereña (ancho y calidad de la misma).** Para esto se observó el segmento de vegetación que ocurre desde el margen del cauce hasta los 8 m fuera de este, identificando los estratos vegetativos así como el tipo de vegetación al cual pertenecen y su estado de perturbación.

**Sombra.** En relación con el anterior, esta se determinó a partir de la abundancia y naturaleza de la vegetación presente en el sitio de muestreo, observando la presencia de claros y determinando de forma visual la cantidad de luz que entra hasta el cuerpo de agua.

**Pozas.** Estas se identificaron tanto al interior del cauce así como en las márgenes verificando su ocurrencia y de ser posible su profundidad.

**Condiciones del cauce.** Se identificó si el cauce es altamente curvado en su recorrido y específicamente en el sitio de muestreo, tomando la medición de su ancho en ese determinado punto identificando su viabilidad respecto a posibles sustratos para la colecta de especímenes.

**Sitios de refugio y ocurrencia de macro invertebrados.** Para ello se observó si en el trayecto escogido como sitio de muestreo existían los diferentes micro hábitat a tomar en cuenta para la captura de insectos.

**Barreras al movimiento.** Se observó e identificó si en el sitio existen represas provocadas por sucesos naturales (caída de árboles, desbordes, etc.) o por intervención directa del ser humano y si estas afectan el desplazamiento de los animales al interior del cauce.

**Presión de pesca.** Se identificó por simple observación la presencia de peces moluscos y crustáceos dentro del río, así como las prácticas de extracción de los mismos (barbasqueo o envenenamiento) a fin de facilitar su captura.

**Presencia de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos.** Se observo si existe presencia de desechos sólidos tales como botellas y bolsas plásticas, latas de aluminio, ropaje, vidrio o cualquier otro de origen inorgánico. De igual forma se observo si existían evidencias de presencia de heces fecales humanas o de animales domésticos como ganado, estado de degradación y su abundancia en el lugar.

**Aumento de nutrientes de origen orgánico.** Para este se verifico si en las rocas del interior y las márgenes del cauce hay polución de algas filamentosas y musgos que formen placas verdosas y lisas al tacto, así como plantas acuáticas superiores. Toda la información obtenida se escribirá en la boleta de campo destinada para ello (ver anexos)

### **3.3.2. Toma de parámetros físico químicos.**

La toma concerniente a estos datos se realizo en la siguiente secuencia:

#### **Temperatura.**

Esta actividad se realizo con la ayuda de un termómetro de mercurio graduado tomando dos datos, uno externo (Temperatura ambiente), sujetando el termómetro sin que el calor de la mano interfiriera, exponiéndolo por un tiempo aproximado de 5 minutos a las condiciones ambientales y se anoto el dato, así como la hora en que se realizo la medición para determinar la temperatura ambiente en ese momento.

Otro interno el cual consistió en introducir el termómetro 20 cm. por debajo de la superficie del agua (neuston) por un periodo de tiempo de aproximadamente 6 minutos para medir la temperatura dentro del cuerpo de agua, este dato al igual que el anterior se anoto en la respectiva boleta de campo. Este mismo proceso se realizo de forma repetitiva en cada punto de muestreo a fin de obtener y observar las variaciones de este parámetro respecto al cambio de época y así relacionar su influencia sobre los organismos.

### **Potencial hidrogeno (pH).**

Como un parámetro importante y adicional este se tomo una sola vez en cada punto de muestreo, durante las tres tomas de datos y colecta de especímenes, a fin de establecer relaciones. Se realizo con ayuda de papel pH, sumergiendo una porción de este en el cuerpo de agua, por no mas de 1 minuto, para luego ser comparado con la tabla de las imágenes impresas en la caja de empaque del mismo, para luego ser anotado en la boleta de campo.

### **3.4. Muestreo y captura de insectos acuáticos.**

Esta fase de la investigación se dividió en dos etapas: **Captura e Identificación**, con el fin de maximizar la obtención de datos confiables y significativos para ser presentados en los resultados del estudio.

#### **3.4.1. Captura de los especímenes.**

Para realizarla se procedió a introducirse en el agua hasta un nivel de profundidad que facilitara el manejo de equipo destinado para esta actividad. Antes de proceder se verifico que en el punto de muestreo existieran algunos de los siguientes sustratos o micro hábitat:

- 1) Plantas flotantes, sumergidas o emergentes al interior del cuerpo de agua.
- 2) Troncos podridos al interior del agua.
- 3) Rocas incrustadas en el fondo del agua.
- 4) Rocas, raíces y objetos sumergidos en el margen del cauce.
- 5) Paquetes de hojas en remansos, rápidos y márgenes del cauce.
- 6) Sedimentos al interior del cauce y en las márgenes.
- 7) Vegetación presente en los primeros 30 cm de las riberas.

Una vez identificados los sustratos, la colecta o captura de individuos se realizo utilizando dos tipos diferentes de redes o tamices de acuerdo al micro hábitat a muestrear y las características del cauce.

### **Red D.**

Básicamente se utilizo una red de tipo industrial consistiendo de un mango de madera de aproximadamente 1.20 m reforzado con pernos para hacerlo desmontable y facilitar su transporte en campo. De igual forma la red propiamente dicha consiste de un aro metálico en forma de una letra D unido por un extremo a un lienzo de lona unido a una bolsa o net de más o menos 70 cm de longitud y 500 micrómetros de luz de malla (ver anexo 1).

### **Colador plástico.**

Este equipo siendo fácil y económico de obtener consistió de un colador plástico de 20 cm de diámetro, utilizado comúnmente en las labores hogareñas con una longitud de 30 cm y una luz de malla de aproximadamente 200 micrómetros.

#### **3.4.1.1. Colecta en el interior del cauce y las márgenes.**

Puesto que estas dos zonas son las que más micro hábitats proporcionan a las etapas inmaduras de los insectos acuáticos, el muestreo fue más intenso a fin de asegurar la colecta de una gran diversidad de organismos en una variedad de micro ambientes diferentes haciendo más representativa la muestra.

##### **3.4.1.1.1. Colecta usando la Red D.**

Esta se realizo sumergiendo la red en el agua y deslizándola suavemente en contra de la corriente en los sitios donde existieran remansos y rápidos para así capturar a los organismos tanto inmersos, como flotantes en la superficie de la corriente, en el interior

del cauce, así como en el margen de este, revisando la bolsa inmediatamente después del arrastre para corroborar si se han capturado algunos individuos propios de los micro hábitat muestreados. (Ortiz 2007, Martínez & Cano, 2008)

De igual forma se utilizó para muestrear individuos inmersos en los sedimentos presentes en pozas de acuerdo a la profundidad de estas, sumergiendo la red y arrastrándola entre la capa de sedimentos, sacándola inmediatamente y agitándola para ser lavada al interior de la corriente de agua y así poder verificar si se ha capturado algo (Leiva, 2004)

Este proceso se realizó en un lapso de 15 minutos, dividiendo este periodo en tres momentos de captura consistentes en cinco minutos cada uno. Luego se procedió a extraer de la red los sustratos en los cuales se encontraban inmersos los especímenes para luego ser depositados en bolsas plásticas Ziploc de 28 cm de largo por 27 cm de ancho e inmediatamente se les adicionó aproximadamente 100 ml de alcohol etílico 90° para adormecer a los ejemplares y evitar así que las especies depredadoras pudieran eliminar a algunos individuos, proceso que duró aproximadamente cinco minutos para luego proseguir con el muestreo.

Luego las bolsas conteniendo la muestra se depositaron dentro de otra Ziploc a fin de evitar la salida de líquidos. Estas se identificaron con una ficha con los datos respectivos del lugar y la fecha en la que se realizó el muestreo.

#### **3.4.1.1.2. Colecta con el Colador Plástico.**

Esta se hizo sumergiendo y deslizando el colador en los sitios donde la red no puede entrar tanto en el interior, así como en las márgenes del río, de igual forma se removieron rocas, troncos u objetos sumergidos con el propósito de capturar a los individuos que estuvieran enterrados en el fondo.

Además se utilizó para la colecta de especímenes que habitan en los paquetes de hojas presentes en los remansos y rápidos de las vertientes, sacando los paquetes del agua para ser depositados en bandejas plásticas de 35 cm de ancho por 50 cm de longitud y 5 cm de profundidad de colores claros, para así ser esculcados y lavados para colectar a dichos individuos.

Para la preservación de estos se utilizó una solución de alcohol etílico al 70% v/v la cual fue colocada dentro de frascos plásticos con una capacidad de 50 ml, para luego ser etiquetados con una ficha con los datos respectivos del lugar y la fecha del muestreo. Durando todo el proceso un periodo de 30 minutos consecutivos incluyendo el depósito de la muestra en la bandeja.

#### **3.4.1.1.3. Traslado de muestras al laboratorio.**

Para esto las bolsas Ziploc conteniendo las muestras fueron colocadas dentro de una hielera plástica de aproximadamente 64 cm de largo por 42 cm de ancho y 35 cm de profundidad para así, facilitar el transporte de estas evitando la salida del alcohol por cualquier daño en la bolsa. Una vez en el laboratorio las muestras se colocaron dentro de un refrigerador para mantener en buen estado a los especímenes para luego comenzar la limpieza de las mismas.

#### **3.4.2. Identificación de los especímenes.**

Para la identificación de los individuos colectados se utilizaron guías y claves taxonómicas para su clasificación en sus respectivos órdenes y familias. Este proceso se desarrolló principalmente en el laboratorio, consistiendo en tres fases o etapas como se describe a continuación:

##### **3.4.2.1. Identificación de especímenes en el laboratorio.**

En este caso los individuos preservados en alcohol, fueron colocados al interior de cajas de Petri plásticas de 10 cm de diámetro, para ser observados bajo la lente de un estereomicroscopio marca *Leica Zoom 2000* con una capacidad de aumento de 45 X, utilizando tanto luz reflejada, como luz transmitida y así poder observar con detalle los rasgos anatómicos de los especímenes para su correcta identificación.

##### **3.4.2.2. Limpieza de muestras.**

Para esta actividad las muestras colectadas fueron distribuidas en cajas Petri plásticas de 10 cm de diámetro para ser observadas una a una al estereomicroscopio, utilizando

principalmente luz reflejada para la observación, ocupando agujas de disección , pinzas entomológicas y pinceles plásticos pequeños para así poder separar a los especímenes de restos vegetales, arena u otros objetos contenidos en la muestras. Los especímenes se depositaron en otra caja conteniendo 10 ml de solución de alcohol al 70%a fin de conservarlos en perfecto estado.

Al terminar la limpieza los insectos se depositaron en frascos plásticos conteniendo 15 ml de la solución de alcohol y colocándoles la respectiva viñeta que identificara el lugar, punto de muestreo, sub muestra, equipo utilizado y fecha en la cual se colectaron. Posteriormente se almacenaron para la posterior separación e identificación de los ejemplares.

#### **3.4.2.3. Separación de las órdenes.**

Terminada la fase de limpieza se procedió a la separación de los insectos en sus respectivos órdenes, dicha actividad consistió en rotular un promedio de 12 cajas Petri con cada uno de los posibles ordenes a encontrar a fin de llevar un mejor control de lo encontrado y tomar cada uno de los frascos con las sub muestras vaciando su contenido en una caja Petri de vidrio, se observaron al estéreo microscopio.

Los insectos se separaron con la ayuda de pinzas entomológicas colocándolos de acuerdo a la categoría taxonómica a la cual pertenecieran y así contribuir al análisis de los resultados. Una vez distribuidos estos se colocaron en viales plásticos depositándolos con la ayuda de pinzas y pinceles y adicionando la solución de alcohol al 70% con un gotero plástico con capacidad de 3 ml, rotulando cada vial con los datos respectivos de la sub muestra a la cual pertenecían y luego ser almacenados para la identificación.

#### **3.4.2.4. Identificación de familias.**

Para la identificación de las familias de insectos presentes en las muestras se utilizaron guías y claves taxonómicas ilustradas. Cada vial conteniendo las muestras fue observado depositando los insectos en cajas petri conteniendo únicamente agua y montándolos al estéreo microscopio para así ser identificados en base a sus características morfológicas.

Una vez identificados en sus respectivas familias se procedió al conteo de individuos con la ayuda de pinzas entomológicas, agujas de disección y pinceles plásticos para luego ser anotados en las boletas de laboratorio y con estos datos realizar el análisis de los resultados. Al mismo tiempo se realizó la preservación y fotografiado de los especímenes rotulándolos con los datos respectivos al lugar y fecha de colecta, así como la familia a la cual pertenecían a fin de crear una base de referencia para el área protegida.

### **3.4.3. Evaluación y adjudicación de puntajes para los ríos y puntos de muestreo en el área “SVAP”.**

Esto se hizo en base a los datos biofísicos recolectados durante todas las visitas y colectas de datos referentes a los puntos de muestreo en sus respectivos periodos de ejecución (épocas). Una vez sistematizados y ordenados los datos, se procedió a la adjudicación de los puntajes concernientes para establecer la calidad que posee el ambiente de cada punto de muestreo en diversas épocas del año y así determinar la estabilidad del ecosistema en general.

Puesto que se realizaron tres levantamientos de datos de campo, el valor que respecta a la calificación para cada punto de colecta se obtuvo sumando las calificaciones adjudicadas a cada uno de los 11 métricos tomados en cuenta para este estudio y dividiendo el total para así conocer el valor promedio (ver resultados) para evaluar uno a uno los sitios de colecta.

Esta información sirvió para contrastar los datos de captura e identificación de familias de insectos acuáticos y su relación con el medio no solo acuático sino también terrestre contribuyendo al análisis y discusión de los resultados.

### **3.4.4. Utilización de los índices biológico BMWP-CR e Índice Biótico por Familia (IBF-SV 2010) para determinar la calidad del agua.**

Inicialmente se contempló la utilización del índice *Biological Monitoring Working Party*, modificado para Costa Rica, para la evaluación de las poblaciones de invertebrados acuáticos; sin embargo, este índice no manifestó los resultados esperados, por tanto,

fue necesaria la aplicación de otros índices, siendo uno de ellos el Índice Biológico o Biótico a Nivel de Familias (FBI, por sus siglas originales del inglés), el cual fue adaptado para ser aplicado en la medición de la calidad de las aguas de los ríos de El Salvador.

Para este caso terminada la fase de campo y la de laboratorio teniendo identificadas y contabilizadas el número de familias encontradas en cada punto en las diversas vertientes se procedió a asignar puntajes de acuerdo al grado de sensibilidad de cada familia multiplicando cada valor por la abundancia de individuos de cada familia y así poder determinar la calidad del ambiente y del agua en base al puntaje alcanzado.

Una vez obtenidos los puntajes para cada punto de muestreo, se procedió a sumar cada valor obtenido para cada una de las épocas durante las cuales se realizó la colecta de insectos, para así sacar un valor promedio (ver resultados) en cuanto a la calificación obtenida para cada lugar en base a la presencia de las diferentes familias reportadas para dichos lugares y de acuerdo a sus características particulares que indican la calidad que presenta el agua (Martínez & Cano, 2008).

#### **3.4.5. Análisis de los datos.**

Para analizar los datos obtenidos tanto en campo como en laboratorio se hizo uso de estadística descriptiva usando gráficos para la presentación de los mismos. De igual forma se elaboraron tablas de conglomerado para un mejor análisis de la información contrastando factores biofísicos de los sitios de muestreo con información obtenida a partir de los índices BMWP, SVAP, IBF-SV 2010 e índices ecológicos de diversidad, uniformidad y riqueza Shannon-Weiner, Margalef y Simpson, al igual que índices de similitud de Jaccard, Sorenson y Morisita entre los puntos de muestreo.

El cálculo de los datos referentes a cada uno de los índices antes mencionados se obtuvo mediante la utilización de los Software *Divers.EXE* y *Simil.EXE* para luego ser analizados y poder contrastar información con los índices de calidad ambiental (SVAP) y calidad del agua (IBF-SV 2010) a fin de entender con mayor claridad las condiciones presentes en los ecosistemas del área protegida.

### Índices de diversidad, riqueza y uniformidad.

Los índices utilizados para esta sección fueron los siguientes:

\*Uniformidad.  $E = H' / H'_{\max}$

Donde **E** = uniformidad o equitatividad

**H'** = Diversidad Shannon-Weiner

**H'\_{\max}** = diversidad bajo condiciones de máxima equitatividad.

\*Diversidad Shannon-Weiner.  $H' = \sum p_i (\log_2 p_i)$

Donde **H'** = Diversidad

**P<sub>i</sub>** = proporción del número de individuos de la familia I con respecto al total de familias ( $p_i / N_t$ )

**N<sub>t</sub>** = número total de familias

\*Diversidad Simpson.  $D = \sum n_i (n_i - 1) / (N (N - 1))$

Donde **D** = Diversidad

**n<sub>i</sub>** = número de individuos de la familia i

**N** = número total de individuos de todas las familias

\*Margalef.  $R = (S - 1) / N$

Donde **R** = Índice de Margalef

**S** = número de especies.

**N** = número total de especies.

### Similitud entre comunidades.

Los índices utilizados fueron los siguientes:

\*Jaccard.  $C_j = \frac{j}{a+b-j}$

Donde  $C_j$  = similitud de Jaccard

$j$  = número de familias presentes en ambos puntos de muestreo

$a$  = número de familias en el punto de muestreo 1

$b$  = número de familias en el punto de muestreo 2

\*Sorenson.  $C_s = \frac{2j}{a+b}$

Donde  $C_s$  = similitud de Sorenson.

$j$  = número de familias presentes en ambos puntos de muestreo

$a$  = número de familias en el punto de muestreo 1

$b$  = número de familias en el punto de muestreo 2

\*Sorenson (Cuantitativo).  $C_n = \frac{2jN}{aN+bN}$

Donde  $C_n$  = similitud de Sorenson cuantitativo.

$jN$  = la menor de las sumatorias de las abundancias relativas para cada familia encontrada en cada sitio de muestreo.

$aN$  = número total de individuos del punto de muestreo 1.

$bN$  = número total de individuos del punto de muestreo 2.

Morisita. 
$$I_m = \frac{2\sum X_i Y_i}{(\lambda_1 + \lambda_2)(N_1 * N_2)}$$

Donde  $I_m$  = índice de Morisita

$X_i$  = número de individuos de la especie  $i$  en la muestra 1

$Y_i$  = número de individuos de la especie  $i$  en la muestra 2

$N_1$  = número total de todos los individuos de todas las especies de la muestra 1

$N_2$  = número total de todos los individuos de todas las especies de la muestra 2

$$\lambda_1 = \frac{\sum (X_i(X_i-1))}{N_1(N_1-1)} \qquad \lambda_2 = \frac{\sum (Y_i(Y_i-1))}{N_2(N_2-1)}$$

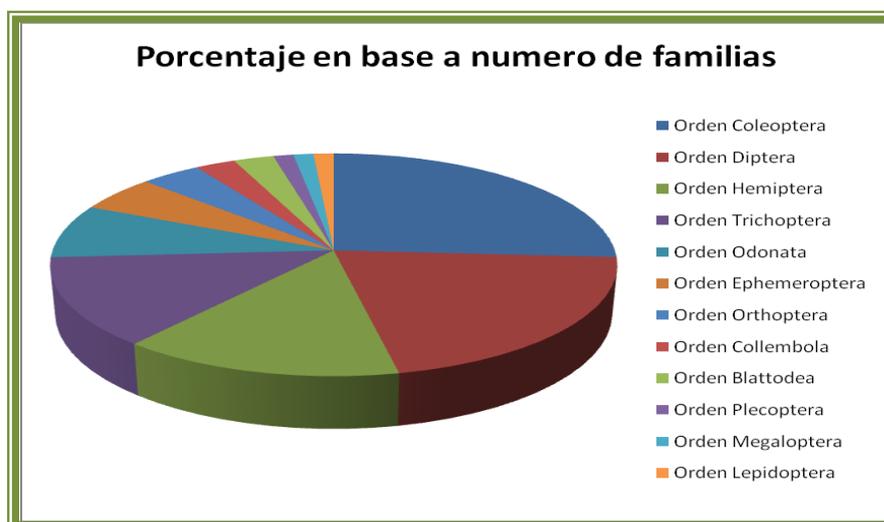
#### 4. RESULTADOS.

Después de concluidas las fases de campo y laboratorio compilados y sistematizados los datos, se reporta un total de **77** familias de insectos acuáticos diferentes presentes en los ríos del área protegida y pertenecientes a **12** órdenes. Del total, **20** familias pertenecen al orden **Coleóptera**, **16** al orden **Díptera**, **12** al orden **Hemíptera**, **10** al orden **Trichoptera**, **6** al orden **Odonata**, **3** al orden **Ephemeroptera** y **3** al orden **Orthóptera**. Mientras tanto los ordenes **Blattodea** y **Collembola** están representados por **2** familias para cada uno y los ordenes **Plecóptera**, **Megaloptera** y **Lepidóptera** solo se reporta **1** familia en cada caso.

**Tabla 6. Porcentaje de cada orden según el total de todas las muestras.**

ORDEN	PORCENTAJE EN BASE A NUMERO DE FAMILIAS
Orden Coleoptera	25.97
Orden Diptera	20.77
Orden Hemiptera	19.04
Orden Trichoptera	12.98
Orden Odonata	7.8
Orden Ephemeroptera	3.9
Orden Orthoptera	3.9
Orden Collembola	2.6
Orden Blattodea	2.6
Orden Plecoptera	1.3
Orden Megaloptera	1.3
Orden Lepidoptera	1.3
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Para comprender mejor la información anteriormente presentada estos datos se ilustran en el grafico que sigue a continuación:



**Grafico 1. Representación del porcentaje de cada orden según el número de familias colectadas durante toda la fase de campo.**

Se identificaron 49 familias para el punto uno en el sector La Criba, 52 para el punto dos en El Manguito, 57 familias para el punto tres en El Jute, 46 para el punto cuatro en El Naranjal, 50 para el punto cinco en el enganche El Jute/El naranjal y 49 para el punto seis en el enganche El Jute/El Cauque tal y como se observan en las tablas siguientes:

**Simbología:** ● La Criba (P1) ● El Jute (P3) ● Enganche El Jute/El Naranjal (P5)  
 ● El Manguito (P2) ● El Naranjal (P4) ● Enganche El Jute/El Cauque (P6)

\* Familias comunes en los seis puntos de muestreo

**Tabla 7. Listado de familias del orden Coleóptera y su presencia en los diferentes puntos de muestreo.**

TAXA	PRESENCIA					
O.Coleoptera						
<i>Dytiscidae</i>			●		●	
* <i>Dryopidae</i>	●	●	●	●	●	●
* <i>Elmidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Halplidae</i>			●			
<i>Hydroscaphidae</i>	●			●		●
<i>Hydrophilidae</i>	●		●	●		●

<i>Hydraenidae</i>	●		●		●	
<i>Lampyridae</i>	●	●				
<i>Limnichidae</i>	●	●	●	●	●	
<i>Psephenidae</i>		●	●			
<i>Ptilidactilidae</i>	●	●	●	●	●	
<i>Scirtidae</i>		●		●		●
* <i>Staphylinidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Heteroceridae</i>						●
<i>Gyrinidae</i>					●	
<i>Curculionidae</i>		●	●	●		
<i>Chrysomelidae*</i>	●	●	●			
<i>Carabidae*</i>		●			●	
<i>Noteridae</i>						●
<i>Sphaeriidae</i>	●					

Según Merritt (2008) las familias arriba marcadas con asterisco negro son principalmente terrestres, sin embargo pueden ser subacuáticas, por lo cual han sido tomadas en cuenta para la presentación de los resultados del estudio.

De igual forma en las tablas subsiguientes se presentan todas las familias identificadas para cada uno de los órdenes y su presencia en cada uno de los seis puntos de muestreo.

**Tabla 8. Listado de familias del orden Díptera y su presencia en los diferentes puntos de muestreo.**

TAXA	PRESENCIA					
O.Diptera						
* <i>Tipulidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Psychodidae</i>	●	●	●	●		●
* <i>Stratiomyidae</i>	●	●	●	●	●	●
* <i>Dixidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Culicidae</i>						●
* <i>Simuliidae</i>	●	●	●	●	●	●

<i>*Chironomidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>*Ceratopogonidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>*Empididae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Dolichopodidae</i>	●	●				
<i>Syrphidae</i>				●		
<i>Ephydriidae</i>		●		●		
<i>Muscidae</i>		●	●	●	●	●
<i>Tanyderidae</i>	●	●	●		●	●
<i>Thaumaleidae</i>	●	●	●		●	●
<i>Tabanidae</i>	●	●	●		●	●

De todas las familias listadas únicamente *Culicidae* fue encontrada una sola vez en un punto de muestreo específico (P6).

**Tabla 9. Listado de familias del orden Hemiptera y su presencia en los diferentes puntos de muestreo.**

O.Hemiptera	PRESENCIA					
<i>*Gerridae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>*Veliidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Hebridae</i>	●		●		●	
<i>Hydrometridae</i>	●		●			
<i>Nepidae</i>			●			
<i>Macroveliidae</i>			●	●		●
<i>Mesoveliidae</i>		●	●	●	●	●
<i>Notonectidae</i>	●		●			
<i>*Belostomatidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>*Naucoridae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Gelastocoridae</i>	●		●			
<i>Corixidae</i>		●				●

De las familias antes mencionadas *Nepidae* fue el único individuo encontrado y solo en el punto 3 durante la época de transición lluviosa-seca.

**Tabla 10. Listado de familias del orden Trichoptera y su presencia en los diferentes puntos de muestreo.**

O.Trichoptera	PRESENCIA					
<i>*Calamoceratidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Glossosomatidae</i>		●	●		●	●
<i>Helicopsychidae</i>	●		●			
<i>*Hydropsychidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>*Hydroptilidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Leptoceridae</i>			●	●	●	●
<i>*Philopotamidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Polycentropodidae</i>	●					
<i>Xiphocentronidae</i>		●	●	●	●	●
<i>Lepidostomatidae</i>						●

En este orden solo la familia *Lepidostomatidae* presento un único individuo colectado en el P6 durante la época lluviosa.

**Tabla 11. Listado de familias del orden Odonata y su presencia en los diferentes puntos de muestreo.**

O.Odonata	PRESENCIA					
<i>*Calopterygidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>*Coenagrionidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Perilestidae</i>			●		●	
<i>*Platistictidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>*Gomphidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>*Libelulidae</i>	●	●	●	●	●	●

En este caso la familia *Perilestidae* se colecto únicamente en dos puntos, uno de los ejemplares durante la época lluviosa en el P3 y el otro durante la época seca en el P5.

**Tabla 12. Listado de familias de los ordenes Ephemeroptera, Orthoptera, Blattodea y Collembola y su presencia en los diferentes puntos de muestreo.**

O.Ephemeroptera	PRESENCIA					
<i>*Leptobythidae</i>	●	●	●	●	●	●

<i>*Leptopblebiidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>*Baetidae</i>	●	●	●	●	●	●
<b>O.Orthoptera</b>						
<i>Tridactilidae</i>					●	
<i>Tettrigidae</i>		●				
<i>Grillidae</i>					●	
<b>O.Blattodea</b>						
<i>Blattidae</i>				●		
<i>*Blaberidae</i>	●	●	●	●	●	●
<b>O.Collembola</b>						
<i>*Entomobryidae</i>	●	●	●	●	●	●
<i>Isotomyidae</i>		●				

Como se observa las familias concernientes solo *Tridactilidae*, *Grillidae* e *Isotomyidae* presentan un único ejemplar cada una las dos primeras en el P5 y la tercera en el P2 capturados durante la época de transición lluviosa-seca.

**Tabla 13. Listado de familias de los ordenes Plecoptera, Megaloptera y Lepidoptera y su presencia en los diferentes puntos de muestreo.**

<b>O.Plecoptera</b>	<b>PRESENCIA</b>					
<i>*Perlidae</i>	●	●	●	●	●	●
<b>O.Megaloptera</b>						
<i>*Corydalidae</i>	●	●	●	●	●	●
<b>O.Lepidoptera</b>						
<i>Crambidae</i>	●	●	●		●	

Como puede observarse en la tabla anterior, existe una sola familia que representa a cada orden mencionado

De igual forma se colectaron un total de **12,411** individuos capturándose **2,577** para el punto uno, **2,725** para el dos, **2,577** para el tres, **1,121** para el cuatro, **1,904** para el cinco y **1,507** para el punto seis, como resultado acumulativo para cada punto a partir de los tres muestreos realizados.

**Tabla 14. Listado de familias y número de individuos por punto de muestreo para el orden Coleóptera.**

TAXA O.Coleoptera	NUMERO DE INDIVIDUOS POR PUNTO DE MUESTREO.					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Dytiscidae</i>	0	0	1	0	5	0
<i>Dryopidae</i>	33	33	111	26	67	36
<i>Elmidae</i>	52	401	134	90	118	48
<i>Haliphilidae</i>	0	0	4	0	0	0
<i>Hydroscaphidae</i>	1	0	0	5	0	9
<i>Hydrophilidae</i>	1	0	8	2	0	2
<i>Hydraenidae</i>	2	0	2	0	2	0
<i>Lampyridae</i>	2	1	0	0	0	0
<i>Limnichidae</i>	3	23	5	7	11	0
<i>Psephenidae</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Ptilodactylidae</i>	2	241	18	6	8	0
<i>Scirtidae</i>	0	1	0	2	0	3
<i>Staphylinidae</i>	13	1	6	4	9	4
<i>Heteroceridae</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Gyrinidae</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Curculionidae</i>	0	1	1	1	0	0
<i>Chrysomelidae*</i>	1	1	1	0	0	0
<i>Carabidae*</i>	0	3	0	0	1	0
<i>Noteridae</i>	0	0	0	0	0	2
<i>Sphaeriidae</i>	1	0	0	0	0	0

**Tabla 15. Listado de familias y número de individuos por punto de muestreo para el orden Díptera.**

TAXA O.Diptera	NUMERO DE INDIVIDUOS POR PUNTO DE MUESTREO.					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Tipulidae</i>	9	13	2	4	2	6

<i>Psychodidae</i>	6	71	6	2	0	3
<i>Stratiomyidae</i>	5	8	8	1	6	7
<i>Dixidae</i>	5	1	2	3	2	1
<i>Culicidae</i>	0	0	0	0	0	4
<i>Simuliidae</i>	609	161	86	97	73	133
<i>Chironomidae</i>	1423	777	950	200	418	249
<i>Ceratopogonidae</i>	8	7	6	4	6	7
<i>Empididae</i>	6	8	10	3	6	7
<i>Dolichopodidae</i>	1	3	0	0	0	0
<i>Syrphidae</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Ephydriidae</i>	0	8	0	3	0	0
<i>Muscidae</i>	0	4	1	4	1	5
<i>Tanyderidae</i>	2	1	6	0	2	2
<i>Thaumaleidae</i>	0	1	1	0	2	1
<i>Tabanidae</i>	3	1	8	0	18	8

**Tabla 16. Listado de familias y número de individuos por punto de muestreo para el orden Hemiptera.**

O. Hemiptera	NUMERO DE INDIVIDUOS POR PUNTO DE MUESTREO.					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Gerridae</i>	2	4	14	4	8	13
<i>Velidae</i>	11	10	57	36	50	29
<i>Hebridae</i>	3	0	4	0	3	0
<i>Hydrometridae</i>	2	0	1	0	0	0
<i>Nepidae</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Macroveliidae</i>	0	0	2	1	0	2
<i>Mesoveliidae</i>	0	2	2	4	10	5
<i>Notonectidae</i>	1	0	1	0	0	0
<i>Belostomatidae</i>	2	5	10	6	15	4
<i>Naucoridae</i>	1	2	6	1	8	4

<i>Gelastocoridae</i>	1	0	1	0	0	0
<i>Corixidae</i>	0	1	0	0	0	1

**Tabla 17. Listado de familias y número de individuos por punto de muestreo para el orden Trichoptera.**

O.Trichoptera	NUMERO DE INDIVIDUOS POR PUNTO DE MUESTREO.					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Calamoceratidae</i>	2	5	9	8	11	7
<i>Glossosomatidae</i>	0	4	4	0	5	4
<i>Helicopsychidae</i>	2	0	1	0	0	0
<i>Hydropsychidae</i>	101	271	102	29	84	120
<i>Hydroptilidae</i>	17	57	16	7	11	16
<i>Leptoceridae</i>	0	0	3	2	1	2
<i>Philopotamidae</i>	2	1	4	6	11	16
<i>Polycentropodidae</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Xiphocentronidae</i>	0	1	4	1	7	11
<i>Lepidostomatidae</i>	0	0	0	0	0	1

**Tabla 18. Listado de familias y número de individuos por punto de muestreo para el orden Odonata.**

O.Odonata	NUMERO DE INDIVIDUOS POR PUNTO DE MUESTREO.					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Calopterygidae</i>	3	6	28	7	18	13
<i>Coenagrionidae</i>	7	1	7	5	32	8
<i>Perilestidae</i>	0	0	1	0	1	0
<i>Platistictidae</i>	3	6	5	1	14	11
<i>Gomphidae</i>	6	3	72	50	76	70
<i>Libellulidae</i>	4	3	67	4	30	35

**Tabla 19. Listado de familias y número de individuos por punto de muestreo los ordenes Ephemeroptera, Orthoptera, Blattodea y Collembola.**

O.Ephemeroptera	NUMERO DE INDIVIDUOS POR PUNTO DE MUESTREO.					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Leptohyphidae</i>	69	298	455	42	296	187
<i>Leptophlebiidae</i>	52	12	151	189	164	166
<i>Baetidae</i>	48	42	71	132	174	158
<b>O.Orthoptera</b>						
<i>Tridactilidae</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Tetrigidae</i>	0	2	0	0	0	0
<i>Grillidae</i>	0	0	0	0	1	0
<b>O.Blattodea</b>						
<i>Blattidae</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Blaberidae</i>	2	3	2	10	3	2
<b>O.Collembola</b>						
<i>Entomobryidae</i>	5	89	10	4	8	5
<i>Isotomyidae</i>	0	1	0	0	0	0

**Tabla 20. Listado de familias y número de individuos por punto de muestreo para los ordenes Plecoptera, Megaloptera y Lepidoptera.**

O.Plecoptera	NUMERO DE INDIVIDUOS POR PUNTO DE MUESTREO.					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Perlidae</i>	8	78	22	18	45	5
<b>O.Megaloptera</b>						
<i>Corydalidae</i>	32	44	63	88	57	74
<b>O.Lepidoptera</b>						
<i>Crambidae</i>	3	3	4	0	2	0

A partir de los tres muestreos realizados y el número de individuos colectados e identificados para cada sitio de muestreo se realizó el cálculo de los valores concernientes

a la **diversidad  $\alpha$**  de cada uno de ellos mediante el uso de los diferentes índices ecológicos tal y como se presenta a continuación:

**Tabla 21. Resultados de los índices de diversidad  $\alpha$  para cada uno de los puntos de muestreo y su calificación según índices SVAP, BMWP e IBF-SV 2010 de calidad de agua.**

Punto de muestreo	Riqueza (S)	Uniformidad (E)	Margalef (R)	Diversidad Simpson (D)	Diversidad Shannon-Weiner (H)	SVAP	BMWP	IBF-SV2010
La Criba	49	0.415	6.111	0.364	1.617	8.2	160	6.92
El Manguito	52	0.615	6.447	0.139	2.433	8.5	156	5.47
El jute	57	0.599	7.129	0.180	2.425	7.1	193	6.35
El Naranjal	46	0.713	6.408	0.098	2.731	8.0	161	5.81
El Jute-El Naranjal	50	0.718	6.489	0.099	2.811	7.7	180	5.89
El Jute-El Cauque	49	0.735	6.559	0.084	2.862	7.5	152	5.97

La categoría asignada a cada punto de muestreo según los índices SVAP e IBF-SV 2010 se ilustran en las imágenes siguientes:

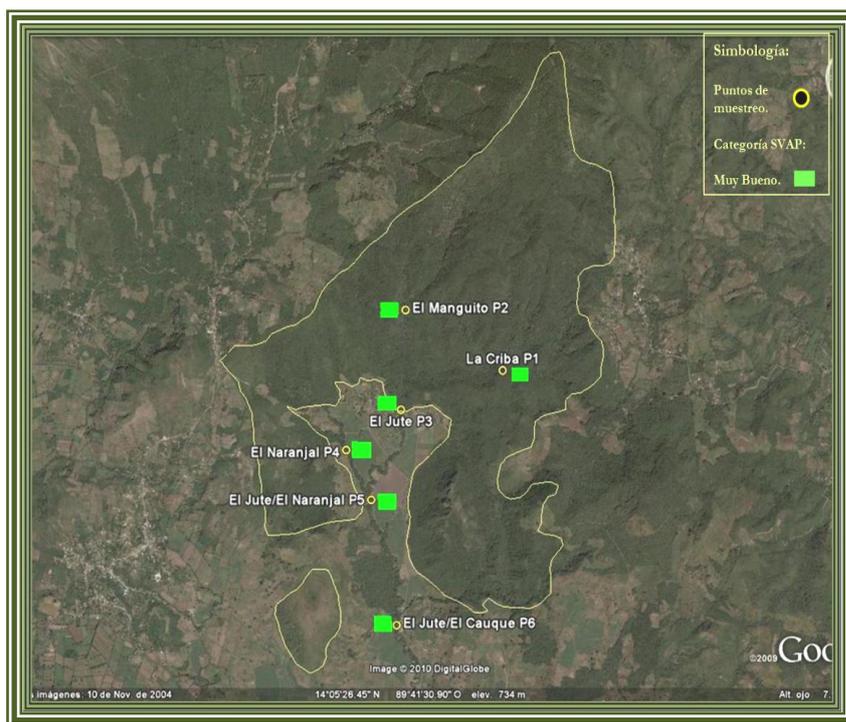


Figura 7. Calificación de los puntos de muestreo según índice SVAP.

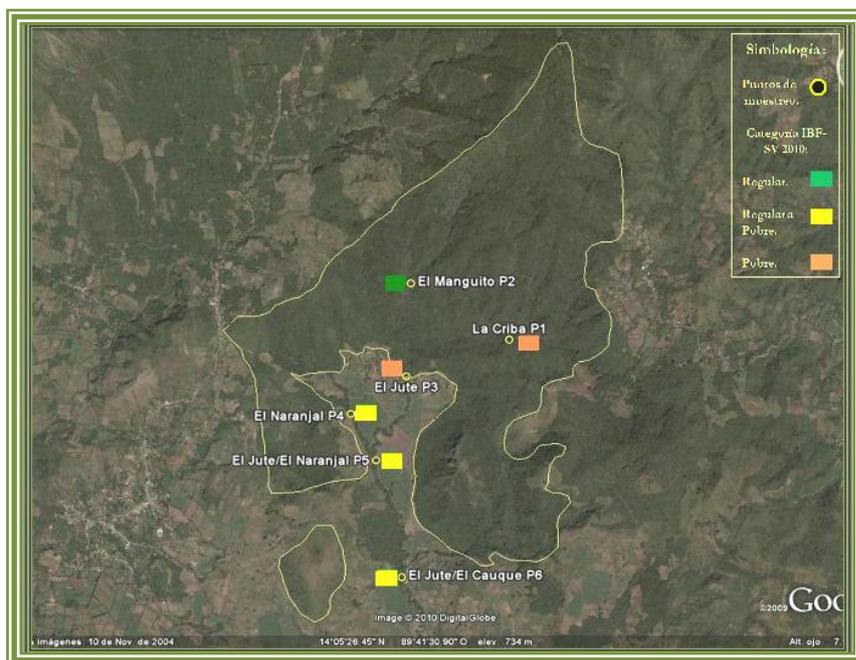
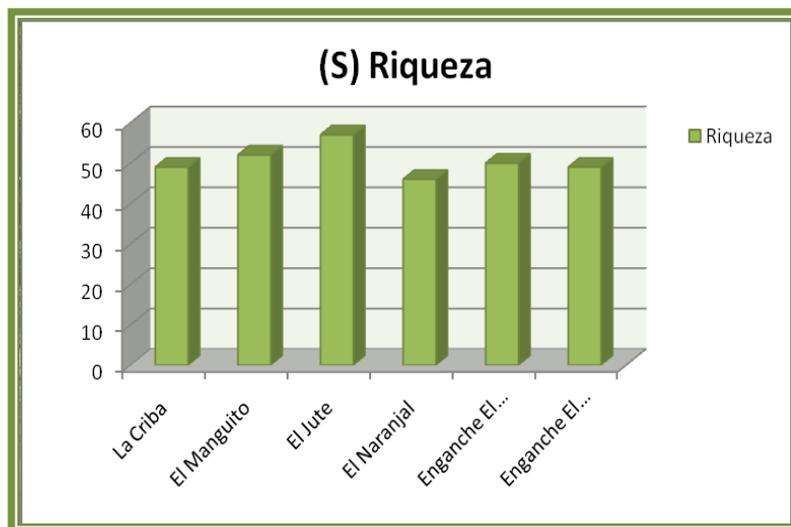
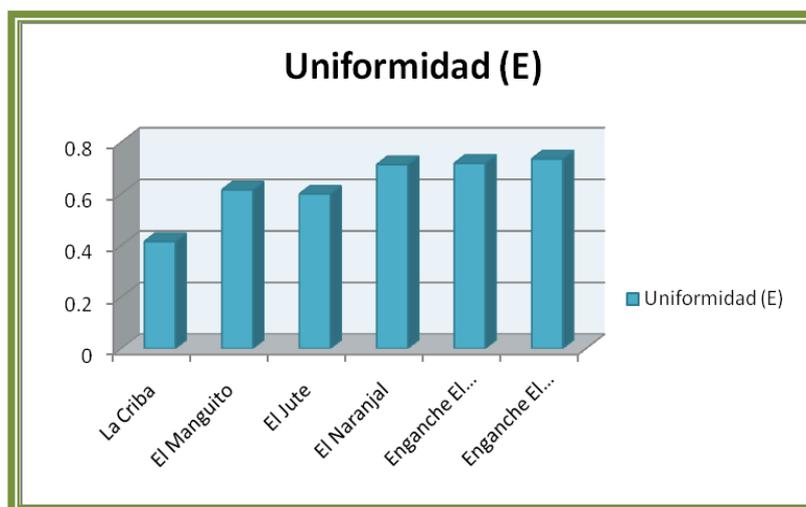


Figura 8. Calificación obtenida con índice IBF-SV 2010.

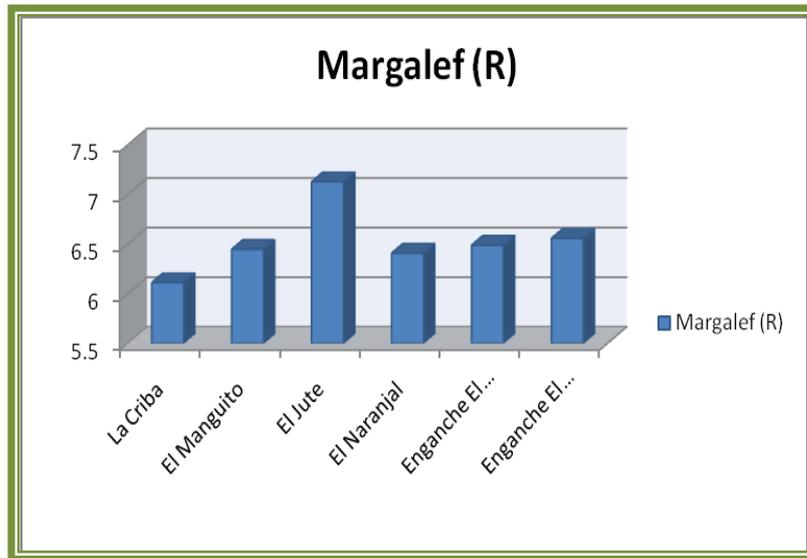
A fin de mejor entendimiento de la información se presentan los siguientes gráficos para cada índice utilizado



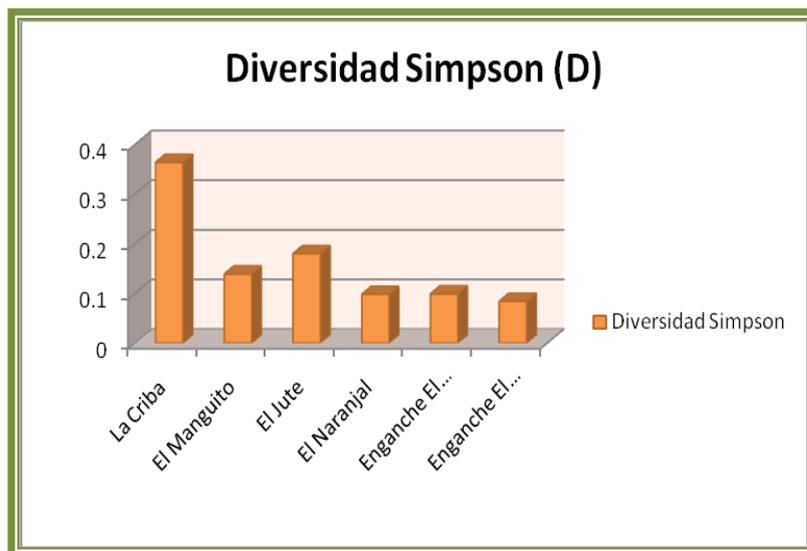
**Grafica 2. Resultado de riqueza de familias colectadas en cada uno de los puntos de muestreo.**



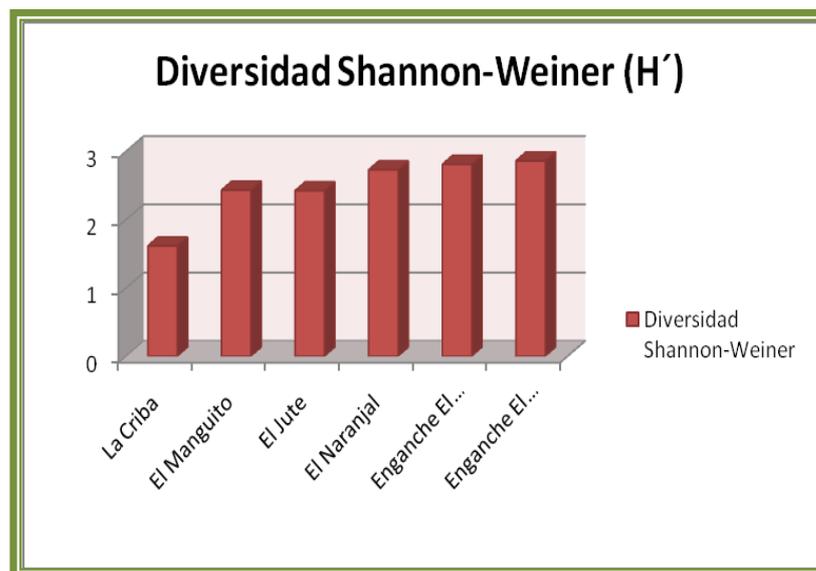
**Grafica 3. Resultado de la uniformidad en la distribución de familias para cada uno de los puntos de muestreo.**



Gráfica 4. Resultados de riqueza en base a abundancia relativa de familias para cada uno de los puntos de muestreo según índice de Margalef.



Gráfica 5. Resultados de diversidad para cada uno de los puntos de muestreo según índice de Simpson.



**Gráfica 6. Resultados de diversidad para cada uno de los puntos de muestreo según índice de Shannon-Weiner.**

En adición a lo anterior se comparo cada uno de los punto con los demás para determinar cuan uniforme y compleja es la diversidad de insectos acuáticos en el ecosistema en general y para ello se determinaron los índices de similitud entre puntos de muestreo como parte de la diversidad  $\beta$  del área protegida.

**Tabla 22. Valores de similitud según índice de Jaccard.**

Punto de muestreo.	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<b>P1</b>	1					
<b>P2</b>	0.629	1				
<b>P3</b>	0.710	0.677	1			
<b>P4</b>	0.638	0.719	0.689	1		
<b>P5</b>	0.650	0.700	0.783	0.655	1	
<b>P6</b>	0.581	0.723	0.641	0.759	0.650	1

**Tabla 23. Valores de similitud según índice de Sorenson.**

Punto de muestreo.	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<b>P1</b>	1					
<b>P2</b>	0.772	1				
<b>P3</b>	0.830	0.807	1			
<b>P4</b>	0.779	0.837	0.816	1		
<b>P5</b>	0.788	0.824	0.879	0.792	1	
<b>P6</b>	0.735	0.792	0.781	0.863	0.788	1

Recuérdese que los índices de Jaccard y Sorenson se basan únicamente en datos cualitativos en base a presencia-ausencia de las familias en la comunidad o punto de muestreo.

**Tabla 24. Valores de similitud según índice de Sorenson modificado (Cuantitativo).**

Punto de muestreo.	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<b>P1</b>	1					
<b>P2</b>	0.514	1				
<b>P3</b>	0.603	0.492	1			
<b>P4</b>	0.360	0.350	0.509	1		
<b>P5</b>	0.436	0.551	0.745	0.668	1	
<b>P6</b>	0.429	0.463	0.525	0.754	0.777	1

Para este caso el índice ha sido modificado Según MARN (2004; 12) incluyendo los valores obtenidos a partir del cálculo de las abundancias relativas de cada familia, para cada punto de muestreo.

**Tabla 25. Valores de similitud según índice de Morisita.**

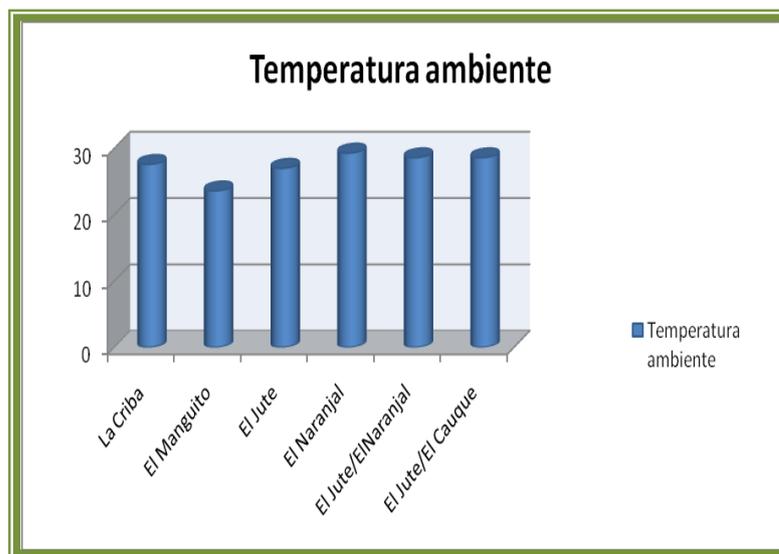
Punto de muestreo.	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1					
P2	0.723	1				
P3	0.812	0.742	1			
P4	0.559	0.660	0.699	1		
P5	0.611	0.824	0.899	0.851	1	
P6	0.553	0.723	0.620	0.898	0.942	1

Como parte de la investigación y para contraste de información relativa a la misma se presentan los datos obtenidos para cada parámetros físico o químico tomado en la en los tres diferentes muestreos en la secuencia subsiguiente (M1 Época lluviosa; M2 Etapa de transición lluviosa-seca y M3 Época seca)

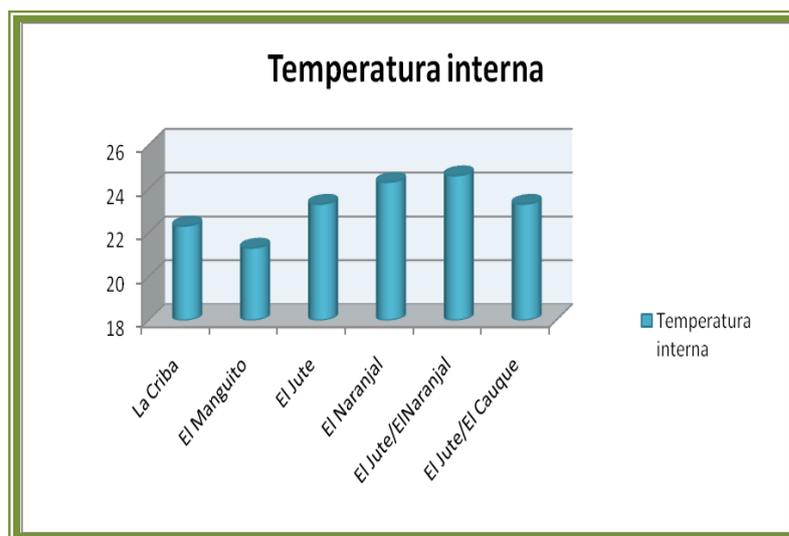
**Tabla 26. Valores mostrados para cada parámetro fisicoquímico tomado en cada punto de muestreo durante los diferentes muestreos.**

Parámetro	Muestreo 1						Muestreo 2						Muestreo 3					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Temperatura ambiente (°C)	28	22	27	28	27	30	25	24	26	28	29	27	30	25	28	32	30	29
Temperatura interna (°C)	20	20	23	24	24	22	24	22	23	24	24	23	23	22	24	25	26	25
pH	7	6	6	6	6	6	7	7	8	6	7	8	8	7	7	7	7	7
Profundidad del cauce (cm)	30	25	35	25	25	25	25	25	35	22	23	24	25	25	26	20	22	20
Ancho del cauce (m)	5	3	3	4	5	5	4	3	3	3	4	5	4	3	3	3	4	4

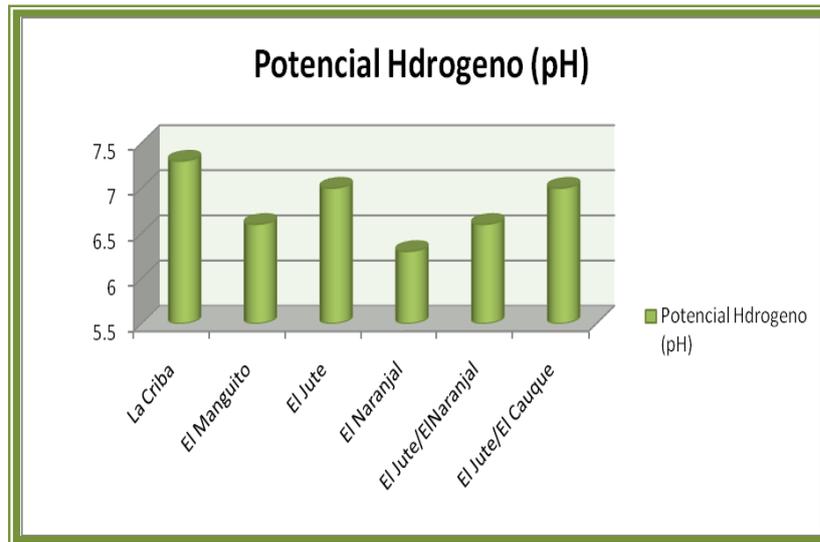
En base a los datos antes mencionados se obtuvieron valores promedio de cada parámetro utilizado para la adjudicación de calificaciones con el índice SVAP y estos son presentados en los gráficos que siguen a continuación:



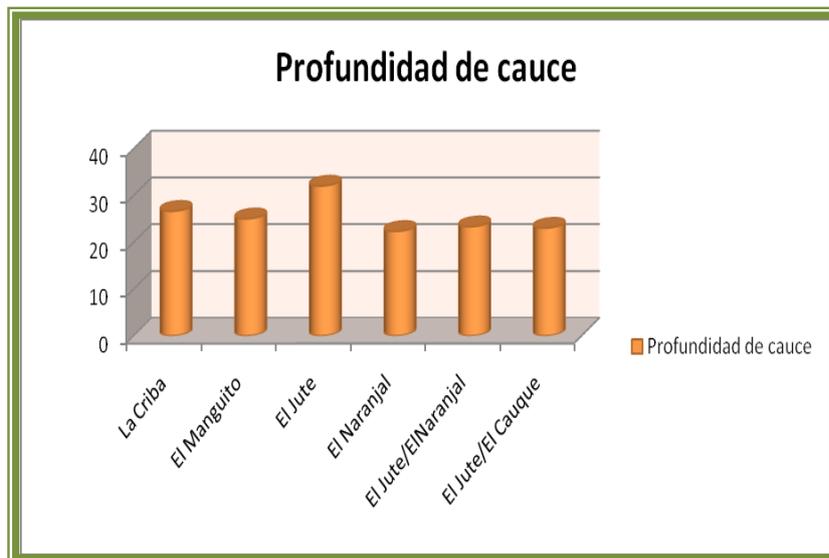
**Gráfico 7. Valores promedio de temperatura ambiente para cada punto de muestreo.**



**Gráfico 8. Valores promedio de temperatura interna del agua para cada punto de muestreo.**



**Grafico 9.** Valores promedio de pH para cada punto de muestreo.



**Grafico 10.** Valores promedio de la profundidad desde la superficie del agua para cada punto de muestreo.

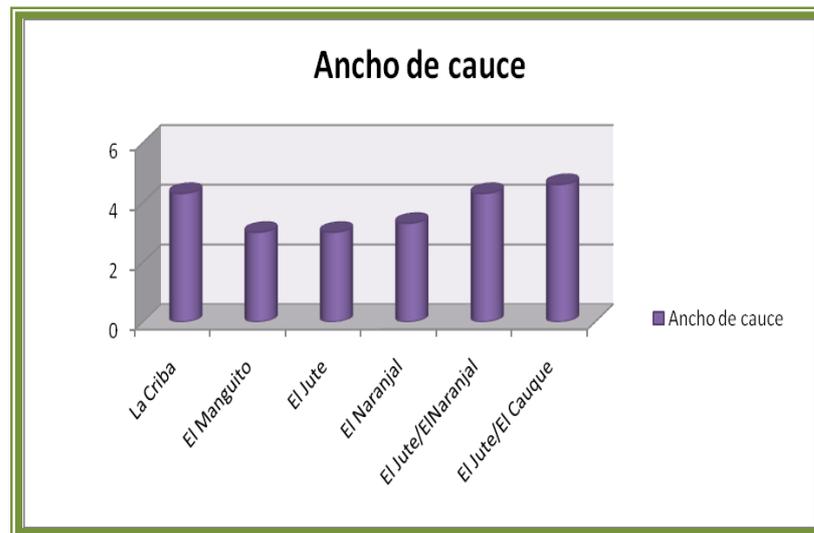


Grafico 11. Valores promedio del ancho del cauce para cada punto de muestreo.

## 5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Según los datos presentados en las tablas y graficas en la sección de resultados el orden con mayor número de familias es el orden **Coleóptera**, seguido del orden **Díptera**, orden **Hemíptera** y orden **Trichoptera**, puesto que las distintas familias encontradas e identificadas para cada uno están distribuidas y adaptadas a una gran diversidad de micro hábitat dentro del cuerpo de agua y en las riberas del río, siendo muchas de ellas comunes y fáciles de coleccionar. Por otro lado los ordenes Plecóptera, Megalóptera y Lepidóptera solo presentan una familia cada uno influenciados por gradientes de latitud, longitud, altitud y temperatura como lo menciona (Lemkhul 1989).

De las **77** familias reportadas, existen **28** que son comunes entre los **6** puntos de muestreo, es decir están presentes en todos los sitios de colecta utilizados para este estudio y fueron encontradas en los tres muestreos realizados. Es de recalcar que estas familias están más adaptadas a diversos grados de perturbación natural o antrópica y debido a esto es que son más prevalentes en los ecosistemas y comunidades acuáticas del lugar (Lemkhul 1989).

Entre las familias antes mencionadas se encuentran *Chironomidae* (O: Diptera) siendo la más abundante en cuanto a número de individuos colectados, seguida por las familias *Simuliidae* (O: Diptera), *Leptohyphidae* (O. Ephemeroptera), *Ptylodactilidae* y *Elmidae* (O. Coleoptera), *Hydropsychidae* e *Hydroptilidae* (O. Trichoptera), *Gerridae* y *Veliidae* (O. Hemiptera) entre otras. Sin embargo también se encontraron especímenes únicos en lugares específicos y en tiempos específicos, como es el caso de *Nepidae* (O. Hemiptera) del cual solo se colectó un individuo en el punto tres, durante la época lluviosa.

De igual forma se colectó un solo espécimen de *Lepidostomatidae* (O. Trichoptera) en el punto seis durante la época lluviosa inmerso entre los sedimentos. También se encontraron individuos poco frecuentes como *Perilestidae* (O. Odonata) colectando dos especímenes, uno para el punto tres durante la época lluviosa en las pozas formadas en las márgenes del río y el otro para el punto cinco durante la época seca en un remanso y como es sabido las náyades de los odonatos son depredadores voraces en los ecosistemas acuáticos (Roldan Perez, 1998 cit por Leiva, 2004).

También existen especímenes que solo se colectaron en sitios en particular, para dado caso se reportan *Heteroseridae*, *Gyrinidae* y *Spheriinsidae* (O. Coleóptera), *Culicidae* y *Syrphidae* (O. Díptera) los cuales fueron colectados en sitios donde se da gran deposición de sedimentos y abundante materia en descomposición la formación de pozas de agua estancada que favorecen su desarrollo. En base a lo antes mencionado, estas familias son más frecuentes en aguas con una velocidad moderada o baja según Lemkhul (1989), por lo cual no es de extrañarse que estén restringidas a ciertos lugares a lo largo del cauce.

Existen algunas familias ampliamente distribuidas en los cauces de los ríos del área natural protegida, siendo estos desde levemente hasta muy abundantes entre estas *Belostomatidae*, *Naucoridae* (O. Hemiptera), *Staphylinidae* (O. Coleoptera), *Blaberidae* (O. Blattodea) *Entomobryidae* (O. Collembola) y *Calamoceratidae* (O. Trichoptera). Para el caso de las familias *Perlidae* (O. Plecoptera), *Corydalidae* (O. Megaloptera) y *Crambidae* (O. Lepidoptera) las dos primeras se encuentran uniformemente distribuidas en los cuerpos de agua, mientras tanto la tercera es una muestra de la gran diversidad de insectos acuáticos presentes en los ríos del área natural protegida.

Precisamente por las características del río en su cauce principal y afluentes secundarios es que en cada estación de colecta de especímenes se capturaron familias que no se encontraron en otros puntos y es que la topografía del área protegida en general, la vegetación prevalente en las riberas del río y el tipo de sustrato de este en el interior del cauce, promueven la presencia de determinadas familias según la identificación en el laboratorio.

Para dado caso en el punto de muestreo ubicado en el río El Manguito la corriente favorece a aquellas familias adaptadas a lugares donde predominan los rápidos, puesto que no les afecta la velocidad del agua, sino por lo contrario les favorece y proporciona alimento en grandes cantidades es así, como familias entre las cuales se pueden mencionar *Hydropsychidae* (O. Trichoptera) y *Leptopblebiidae* (O. Ephemeroptera) son muy abundantes en este lugar debido a su adaptabilidad al medio. También se recalca que fue el único punto donde se colectó un individuo de la familia *Isotomyidae* (O. Collembola) puesto que este, a diferencia de otras familias (*Entomobryidae*) pertenecientes al orden, se adapta a corrientes de velocidad moderada (Merritt et al, 2008).

Por otro lado en el sector La Criba (punto uno), a pesar de que la vegetación, altitud y tipo de sustrato son muy semejantes, cuando se realizaron los muestreos aparecían otras familias bastante abundantes como *Calopterygidae*, *Coenagrionidae* (O. Odonata) *Veliidae*, *Gerridae* (O. Hemiptera) y otras como *Hydrometridae* (O. Hemiptera) que no se colectaron en el punto dos. Si embargo las variaciones en el tipo de corriente y la deposición de sedimentos son cruciales en este caso ya que son mayores en el punto uno.

Mientras tanto observando los resultados para el punto tres en el río El Jute y siendo este el lugar en donde convergen ambos cauces de los puntos anteriores, las características del sitio determinan e influyen aun más sobre las familias que se colectaron e identificaron. Este reúne muchas semejanzas de los puntos uno y dos, recibiendo el agua, así como las perturbaciones y presiones que se dan en el estado y calidad de esta en ambos sectores

Aunado a esto la presencia de sustratos rocoso en el sitio constituye el hábitat de algunas familias como *Perilestidae* (O. Odonata) y *Nepidae* (O. Hemiptera) que aprovechan la formación de pozas en las márgenes para depredar a las presas que caen accidentalmente en el agua (Merritt et al.2008). Además promueve la formación de una gran gama de micro hábitat para una diversidad de formas de vida encontrándose algunas muy abundantes como la familia *Ptilodactilidae* (O. Coleoptera).

Aparte el punto cuatro en el sector El Naranjal bordeado por vegetación de bosque ripario, algunas especies de bosque semideciduo y rodeado por zonas de cultivo de granos básicos y caña de azúcar, son el hábitat para familias tales como *Leptohyphidae* y *Baetidae* (O.Ephemeroptera), *Dryopidae* (O. Coleoptera), *Stratiomyidae*, *Tipulidae* y *Ceratopogonidae* (O. Diptera) entre otros, que aprovechan la abundancia de sedimentos y restos de vegetación al interior del cause para desarrollar su función en la naturaleza.

Reuniendo caracteres semejantes al anterior en cuanto a la vegetación e influencia a la cual se encuentra sometido, el punto cinco en el enganche entre los ríos El Jute y El Naranjal muestra variaciones en el tipo de sustrato, que va desde arcilloso hasta arenoso, promoviendo una gran cantidad de hábitat diferentes para las familias de insectos acuáticos, siendo frecuentes *Empididae*, *Muscidae*, *Tanyderidae* (O. Diptera), *Mesoveliidae*, *Macroveliidae* (O. Hemiptera), *Hydroptylidae*, *Leptoceridae* y *Philopotamidae* (O.Trichoptera) entre otros adaptados a estas variantes (Roldan, 1998 cit por Mafla, 2005)

Por ultimo en el punto seis a pesar de que este se considero el punto que mas impacto de tipo antropico podría presentar, estando bordeado por una pequeña franja de vegetación de bosque ripario, vegetación semidecidua y colindante con el centro escolar, mostro una amplia variedad de familias de insectos acuáticos a tal grado que es el único punto donde se colecto la familia *Lepidostomatidae* (O. Trichoptera) y otras como *Glossosomatidae*, *Xiphocentronidae* (O. Trichoptera) *Platistictidae*, *Gomphidae* y *Libellulidae* (O. Odonata) que aceptan aguas poco contaminadas o perturbadas para sobrevivir.

### **Análisis resultados índices SVAP, BMWP e IBF-SV 2010.**

En base a los resultados obtenidos a partir de los tres levantamientos de información en lo referente a la calidad del ambiente general en cada punto, tanto al interior del cauce, como en la zona ribereña se obtuvieron valores promedio según los puntajes asignados en cada métrico evaluado por el índice **SVAP** (ver tabla 1.) se obtuvieron calificaciones catalogadas como **Buenas** según el promedio obtenido a partir de los tres muestreos, siendo de **8.5** para el punto El Manguito, **8.2** para La Criba, **8.0** para El Naranjal, **7.7** para el enganche El Jute/El Naranjal, **7.5** para el enganche El Jute/El Cauque y **7.1** para el punto tres (El Jute).

Como puede notarse los puntos mejor evaluados con este índice son el uno y dos según los puntajes asignados en base al levantamiento de información referente a los parámetros físicoquímicos utilizadas para esta investigación según los métricos de la tabla 1, plasmados en la respectiva boleta de campo (ver anexos).

Esto se debe a que de manera visual ambos puntos denotan un ambiente bastante estable y no significativamente perturbado puesto que la franja de vegetación ribereña excede los 8 metros que es considerado como la cobertura mínima para la estabilidad de un cauce y río en general (ADECAGUA, 2007)\*. Aparte están inmersos prácticamente dentro del área protegida y se supone debe presentar un grado de conservación bastante alto.

En cuanto a los puntos restantes todos tienden a declinar (aunque no de manera drástica) en la calidad del ambiente, puesto que están más sometidos a perturbación e influencia casi directa de las comunidades aledañas al área protegida, en especial los puntos **cinco** y **seis** por estar ubicados en la zona de amortiguamiento.

---

\*Asociación para la Defensa de la Calidad del Agua, España 2008,

Sin embargo como se observa el punto **tres** es el que menor puntaje presenta, esto debido a que se ubico entre los caseríos Las Delicias y El Jute justo al borde donde termina la extensión del bosque semideciduo y comienzan las parcelas de cultivo sirviendo como vía de acceso entre ambas comunidades por lo cual presenta esa calificación.

Como se observa en la tabla 21, los valores referentes a potencial hidrogeno (pH), temperatura ambiente e interna, así como la profundidad y amplitud del cauce presenta variaciones muy leves de acuerdo a los datos obtenidos a partir de los tres muestreos realizados, obteniéndose un promedio de temperatura ambiente de aproximadamente **30.6°C** para el punto cuatro como el valor más alto y **26.4°C** para el punto dos como el más bajo tal y como se presenta en la grafica 7.

Mientras tanto la temperatura interna más alta es para el punto cinco con un aproximado de **24.3°C**, y la más baja para el punto dos con **21.6°C** (ver grafica 8), todo esto como resultado de la influencia directa del tipo de cobertura vegetal, tanto en cantidad como en calidad, contribuyendo a la disposición de alimento para los insectos acuáticos y otros organismos que ahí ocurren. Los valores obtenidos para este parámetro influyen en la riqueza de familias colectadas en cada estación de muestreo según (Merrit et al, 2008)

---

De igual forma según grafica 9, al evaluar el potencial hidrogeno (pH), como factor decisivo en la presencia de insectos acuáticos en conjunto con la temperatura los valores más altos se presentaron en los puntos uno, tres y seis con **7.4**, **7.0** y **7.0** respectivamente. Por otro lado los valores más bajos fueron para el punto cuatro con **6.2** y los puntos dos y cinco con **6.5** cada uno, mas sin embargo todos caen en los parámetros catalogados como normales de un cuerpo de agua estable ubicándose entre **5.6** y **7.4** según (Anderson & Cummins, 1979 cit por Merrit, 2008).

En cuanto a las características propias del cauce en cada punto de muestreo la profundidad más alta en la columna de agua la presento el punto tres con un promedio de **35** cm, mientras la más baja es para el punto cuatro con **25.7** cm. Mientras tanto los demás oscilan entre **21.5** y **28** cm. Respecto a la amplitud del cauce en cada punto la estación seis es la más ancha con aproximadamente **4.3** m, y los más estrechos son los puntos dos y tres con **3.6** m, lo cual en conjunto con el grado de pendiente y la topografía del lugar contribuye a determinar la velocidad con la que se mueve el agua en estos puntos y por tanto los tipos de corriente y micro hábitat que existen.

Por otro lado la calificación del cuerpo de agua en cada uno de los diferentes puntos donde se colectaron los especímenes y según las familias identificadas para la determinación de la calidad del recurso hídrico mediante el índice **BMWP**, se realizó de la misma forma que la anterior calculando el valor promedio a partir de los resultados de los tres muestreos, asignándose así valores de **193** para el sector El Jute (P3), **180** para el sector del enganche El Jute/El Naranjal (P5), **161** para el sector El Naranjal (P4), **160** para La Criba (P1), **156** El Manguito (P2) y **152** para el enganche El Jute/El cauce (P6).

Tal y como se nota los valores asignados están directamente relacionados con la riqueza de familias presentes en cada punto de muestreo coincidiendo con lo planteado por Merrit (2008) en lo referente al enfoque a nivel de comunidades. Dando como resultado valores catalogados como aguas de excelente calidad. Sin embargo estos valores **podrían** subestimar la calidad real del agua; entendiéndose esta como la estabilidad del ecosistema acuático en general; como parte de un sistema complejo a nivel local (el área natural protegida).

Por todo lo antes mencionado es que se utilizó el Índice Biótico por Familia modificado de Hilsenhoff para El Salvador **IBF-SV 2010**, a fin de corregir los sesgos causados por el índice **BMWP**. Tomando en cuenta la abundancia absoluta de cada familia reportada para cada punto de muestreo, y multiplicando esos valores por la calificación asignada a cada taxa (ver anexos).

Se obtuvo que la calificación para el sector La Criba (P1) fue **6.92**, mostrando gran nivel de perturbación, para el sector de El Manguito (P2) **5.47** presentando la mejor calidad de agua, para el punto en El Jute (P3) **6.35**, bastante perturbado al igual que el (P1), para el río El Naranjal (P4) **5.81**, para el punto en el enganche entre El Jute/El Naranjal **5.89** y para el sector del enganche El Jute/El Cauque **5.97** mostrando un nivel más bajo de perturbación o contaminación.

Llama mucho la atención el caso de que los puntos establecidos en el área de amortiguamiento a pesar de los impactos a los cuales están sometidos conserven el equilibrio de las poblaciones de insectos acuáticos al igual que los tres inmersos en el área núcleo, significando que el ambiente acuático en general es un capaz de auto equilibrarse y soportar las alteraciones (principalmente momentáneas), ya sean de origen natural o antrópico.

De igual forma es de recalcar que los parámetros fisicoquímicos abordados en esta investigación (ver tabla 21 y gráficos subsiguientes) se ubican en rangos catalogados como normales y estables, y debido a que estos influyen de gran forma en el establecimiento, distribución, disponibilidad de hábitat y alimentación de los insectos acuáticos identificados para cada uno de los puntos; puede considerarse que la calidad del ambiente acuático es bastante aceptable desde el punto de vista ecológico. Sin embargo es necesario mantener un constante seguimiento de estas a fin de re direccionar o maximizar las estrategias de manejo del área natural protegida.

En contraste a los datos antes presentados, se obtuvieron los valores respectivos a los índices ecológicos comúnmente utilizados en los estudios de composición y estructura de ecosistemas, con el fin de validar y justificar la veracidad de la calificación asignada a cada punto de muestreo en cuanto al la calidad ambiental que estos presentan según las ponderaciones asignadas a los diferentes métricos usados en el **SVAP** y las de cada familia colectada e identificada para el uso del **IBF-SV 2010**.

### Índices de diversidad $\alpha$ .

Como se ve en la tabla 9, la mayor riqueza de familias se reporta para el punto tres (El jute) con un total de **57**, seguida por el punto dos (El Manguito) con **52** y el punto cinco (Enganche El Jute/El Naranjal) con **50**. Mientras tanto en el punto uno (La Criba) se reportan **49** familias al igual que en el punto seis (Enganche El Jute/El Cauque), y el punto con menor riqueza es el punto cuatro (El Naranjal) con **46**. Estos resultados son debidos a la disponibilidad, abundancia y tipos de micro hábitats al interior del río en cada estación de muestreo.

Estos datos reflejan que la diversidad de sitios de refugio, los tipos de corriente, la topografía del lugar, el tipo de vegetación, calidad y cantidad de alimento para la entomofauna, así como la influencia de la temperatura sobre cada uno de ellos, presentes en los puntos elegidos para la colecta de especímenes, influye enormemente en los resultados tal y como lo manifiesta (Merrit et al, 2008)

En cuanto a la uniformidad en la distribución de familias dentro de la comunidad se refiere, el valor mas alto corresponde al punto seis con **0.735**, seguido del los puntos cinco y cuatro con **0.718** y **0.713** respectivamente. Sin embargo los puntos restantes decrecen mostrando **0.615** para el punto dos, **0.599** para el tres y la menor para el punto uno el cual presenta un valor de **0.415**.

Estas diferencias son notorias puesto que en cada sitio de muestreo existen familias que son altamente abundantes, están más ampliamente distribuidos en el interior del cauce e influenciados por los cambios en la fenología de la vegetación, variaciones en el volumen del agua así como el arrastre de esta, por lo tanto las muestras según número de individuos no serán tan uniformes como se desea.

En lo referente a riqueza y abundancia de las familias en cada sitio de muestreo según Margalef el valor más alto es para el punto tres con **7.129**, seguido por el punto seis con

**6.559**, el punto cinco con **6.489**, y el punto dos con **6.447**. Para el caso de los puntos cuatro y uno se presentan valores de **6.408** y **6.111** respectivamente, siendo los más bajos pero siempre en un margen aceptable en cuanto a diversidad se refiere.

Respecto a la equitatividad y diversidad de formas de vida en cada punto de muestreo se obtuvieron valores de **0.084** para el enganche El Jute/El cauque, El Naranjal con **0.098** y el enganche El Jute/El Naranjal **0.099**, siendo los más diversos en orden ascendente. Por otro lado, El Manguito, El Jute y La Criba son menos diversos presentando valores de **0.139**, **0.180** y **0.364** respectivamente según el índice de Simpson.

Para este caso los valores reflejan la equidad con la que se presentan los individuos dentro de la comunidad y su grado de complejidad de acuerdo a la abundancia de algunas familias puesto que mientras más alto sea el valor significa que existen familias más abundantes repercutiendo en el equilibrio del ambiente biótico según (López, 1989).

En base al índice Shannon-Weiner se obtuvo que la mayor diversidad la presentó el punto seis con un valor de **2.862**, seguido de los punto cinco y cuatro con **2.811** y **2.731** para cada caso. Por otro lado los puntos dos con valor **2.433**, tres con **2.425** y uno con **1.617** muestran valores inferiores de diversidad en una forma decreciente, coincidiendo en algunos casos con el índice de Simpson. Tal y como se observa en la tabla 16.

El punto seis es el más equitativo y uniforme en cuanto a la riqueza de familias y abundancia de individuos, dos criterios fundamentales para determinar la diversidad de una comunidad biológica según (MARN 2004; 26)

Quizá la influencia más grande y que determina la presencia de las familias encontradas recae en factores tales como los gradientes de temperatura, las latitudes y altitudes en las cuales se ubicaron los puntos de muestreo, determinando los micro hábitat presentes en cada estación, tal y como se refleja en las graficas y tablas presentadas en la sección de resultados.

Para cada sitio existen factores en particular, que influyen en la distribución, abundancia y riqueza de familias de insectos acuáticos a partir de la capacidad de dispersión, tolerancia y reacción de los individuos al presentarse alguna situación o suceso que altere el equilibrio natural del ecosistema, a sea este momentáneo o permanente. Sin embargo no se debe olvidar que el sistema en si, buscara auto equilibrarse por naturaleza y características muy particulares del cuerpo de agua.

### **Diversidad $\beta$ .**

De igual forma a fin de enriquecer la información y en base a que la investigación se abordo desde el nivel de comunidades biológicas, se compararon cada uno de los puntos de muestreo entre si, para poder determinar la **diversidad  $\beta$**  en base a la estructura de las comunidades de insectos presentes en los ecosistemas acuáticos del área protegida a fin de comprender mejor el porque la calificación obtenida con el índice **IBF-SV 2010** y tener una visión general del estado de conservación de los recursos presentes en dicho lugar.

Como se observa en la tabla 17, según el índice de Jaccard la mayor similitud en base a los especímenes colectados es entre los puntos (P3-P5) con un valor de **0.783**, seguido por la relación entre los puntos (P4-P6) con **0.759** y la similitud entre (P2-P6) con **0.723**. Mientras tanto los menos similares entre si son (P1-P6) con apenas **0.581**, seguidos por (P1-P2) con **0.629** y (P1-P4) con **0.638** de similaridad.

Tal y como se muestra en la tabla según índice de Sorenson los valores de similitud mas altos entre los diversos puntos de muestreo lo presentan (P3-P5) con **0.879**, luego (P4-P6) con **0.863** y (P2-P4) con **0.837**, mientras que los valores mas bajos obtenidos son entre los puntos (P1-P6) con **0.735**, (P1-P2) con **0.772** y (P1-P4) con **0.779** según índice de Sorenson.

Como se observa con ambos índices se determina que la mayor similitud es entre las comunidades presentes en el punto tres en río El Jute y el punto cinco en el enganche El Jute/El Naranjal puesto que muchas de las familias encontradas están presentes en ambos sitios de muestreo, los cuales presentan vegetación, sustratos y corrientes muy similares por lo cual no es de extrañar esta semejanza en la riqueza de familias. Mientras

tanto los menos similares en cuanto a la riqueza de familias se refiere son el punto uno en La Criba y el punto cuatro en El Naranjal. Sin embargo estos datos son únicamente cualitativos basados en la presencia/ausencia de las familias encontradas, por lo cual se han utilizado otros índices en los cuales se aborda la abundancia relativa de cada familia para determinar esa similitud de manera más profunda.

### **Sorenson cuantitativo.**

En este caso existen variantes debido a lo evaluado y las modificaciones hechas a este índice, dando como resultado que los puntos mas similares entre si son (P5-P6) con valor de **0.777**, los puntos (P4-P6) con **0.754** y (P3-P5) con **0.745** y en el caso de los menos similares son los puntos (P1-P6) con **0.429**, (P2-P4) con valor de **0.350** y (P1-P4) con **0.360** de similitud entre ambos. Al comparar estos valores con los antes obtenidos vemos que presentan variaciones en cuanto a la mayor similitud, puesto que con este índice los mas similares son el punto cinco en el enganche El Jute/El Naranjal y el punto seis en el enganche El Jute/El Cauque; ya que la riqueza de familias y la abundancia de los individuos de cada una de ellas es mas semejante entre ambas comunidades.

Por otro lado se conserva que el menor grado de similitud se presenta entre el punto uno (La Criba) y el punto cuatro (El Naranjal) puesto que la riqueza de familias y mas aun la abundancia de estas muestra grandes variaciones en cuanto a número de individuos, todo esto influenciado por factores externos e internos a cada afluente. A pesar de esto existen varias familias en común entre ambos sitios de muestreo.

### **Morisita.**

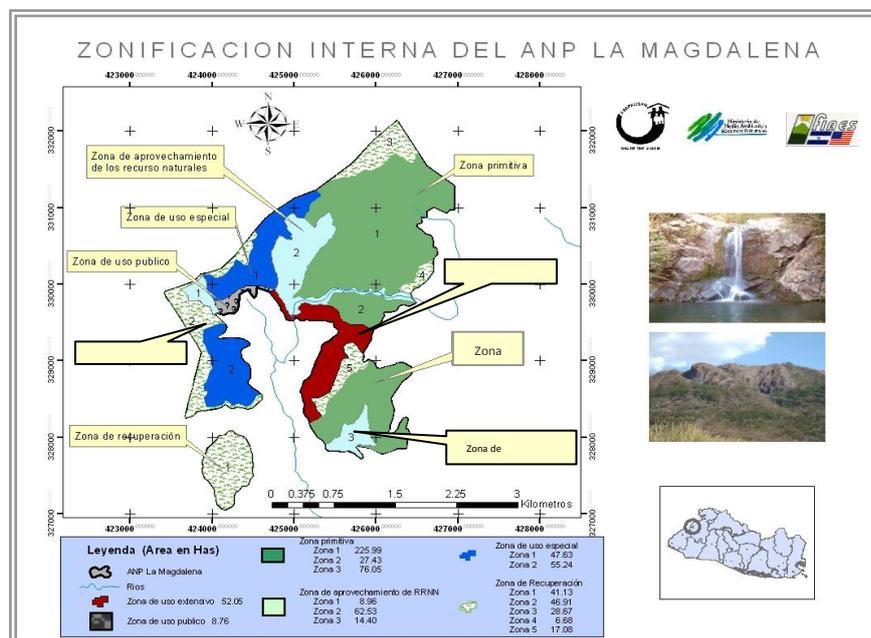
Con este índice se observo que existen ciertas variantes en cuanto a la similitud entre los puntos de muestreo, sin embargo también tiene algunas coincidencias con los otros índices también usados.

Los datos obtenidos alcanzan valores mas altos para (P5-P6) con **0.942** coincidiendo con el anterior, los puntos (P3-P5) con **0.899** y para (P4-P6) **0.898**, por su parte los mas bajos son (P1-P6) con **0.553**, los puntos (P1-P4) con **0.559** y (P1-P5) con **0.611** de similitud. Como se observa este índice siendo más complejo que el anterior determina que en base a la abundancia relativa de cada familia, así como la riqueza de estas presentes en cada estación de muestreo; las mayores diferencias entre las comunidades bióticas de

insectos acuáticos se presentan entre el punto uno (La Criba) y el punto cinco (Enganche El Jute/El Naranjal) ya que existen varias familias presentes en el punto cinco que no aparecieron en el punto uno.

Sin embargo hay familias en común la diferencia recae en la abundancia de individuos y la uniformidad con la que se distribuyen en la comunidad.

Para finalizar a fin de justificar la utilidad y relevancia de este estudio los resultados obtenidos contribuyen y contrastan con los objetivos y actividades de manejo del área protegida, ya que los puntos 1, 2 y 3 se ubicaron precisamente en la Zona de aprovechamiento de recursos naturales según mapa de zonificación realizada por FIAES/ASAPROSAR (2007); y siendo uno de los principales intereses el conservar los recursos hídricos del área y las zonas circundantes como una fuente de bienes y servicios ambientales de aprovechamiento directo y sostenible por las comunidades aledañas; le da más peso a la necesidad de monitorear la calidad del recurso y el ambiente en general del entorno a los principales ríos del área natural protegida.



**Figura 9. Mapa de zonificación interna del área natural protegida La Magdalena.**

*Fuente: FIAES/ASAPROSAR Zonificación del área Protegida La Magdalena 2007.*

## 6. CONCLUSIONES.

-Los ríos del área natural protegida La Magdalena presentan condiciones regulares en cuanto a la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos que son el refugio y hábitat para muchas especies de fauna acuática tanto vertebrada como invertebrada.

-Los insectos acuáticos presentan un gran valor como una herramienta útil para el monitoreo de la calidad del recurso hídrico y la estabilidad de los estratos vegetativos presentes en las riberas de los principales cauces de los ríos al interior del área protegida.

-El índice SVAP sirve como una útil herramienta de evaluación ambiental visual de los ecosistemas tanto terrestres como acuáticos proporcionando información respecto a la estabilidad de las comunidades naturales.

-El índice IBF-SV 2010 por su complejidad, es una herramienta práctica para el monitoreo y evaluación continua de la calidad del recurso hídrico a gran escala espacio-temporal.

-El punto de muestreo más diverso en cuanto a la entomofauna acuática es la estación seis ubicada en el enganche entre los ríos El Jute y El Cauque.

-Los puntos de muestreo más propensos a perturbación y declinación en la calidad del agua son el punto uno en el sector La Criba y el punto tres en el río El Jute.

-Los parámetros fisicoquímicos evaluados durante la fase de campo presentaron variaciones muy insignificantes a lo largo de la investigación proporcionando condiciones necesarias para albergar una buena gama de formas de vida.

-La similitud más alta entre las comunidades bióticas evaluadas son entre los puntos cinco y seis, en base a la composición y estructura de las poblaciones de insectos acuáticos.

-La importancia de evaluar la calidad del recurso hídrico en el área protegida recae no solo en la responsabilidad de conservación de los recursos naturales sino también en la contribución a una mejor calidad de vida de las comunidades aledañas al área protegida

## 7. RECOMENDACIONES.

-Se realice una evaluación periódica y continua de las condiciones de calidad ambiental en los ríos del área protegida durante la etapa de transición seca-lluviosa, época lluviosa, etapa de transición lluviosa-seca y época seca a lo largo de cada año.

-Que en el futuro sistema de monitoreo para el área natural protegida se incluyan también las poblaciones de insectos acuáticos principalmente intolerantes a la contaminación o perturbación del cuerpo de agua analizando las fluctuaciones en su abundancia durante las diversas épocas climáticas del año y así predecir posibles cambios en el ecosistema para proponer estrategias de manejo dirigidas a mitigar o eliminar los impactos.

-Utilizar el protocolo SVAP como una herramienta de evaluación ambiental de los ecosistemas presentes en el área natural protegida y para el desarrollo de jornadas de educación ambiental con los habitantes de la comunidad, estudiantes y visitantes modificando los métricos según sea necesario.

-Cuando se evalúen las condiciones ambientales de los ríos y la calidad del agua que corre al interior del área protegida se realice mediante el protocolo de muestreo y adjudicación de puntajes IBF-SV 2010 (cualitativa y cuantitativamente) a las distintas familias colectadas durante las actividades de monitoreo de la biodiversidad durante las diversas épocas climáticas del año.

-Se evalúen nuevamente las condiciones presentes en el punto seis ubicado en el enganche entre los ríos El Jute y El Cauque a fin de verificar o corregir los resultados obtenidos en cuanto a la diversidad de insectos acuáticos colectados e identificados para este sitio.

-Se establezcan medidas de control en las actividades desarrolladas en los alrededores de los puntos establecidos en el sector La Criba y en el río El Jute a fin de brindar un mejor manejo de los recursos presentes en ambos sitios y así mejorar sus condiciones ambientales.

-Que se evalúen constantemente los valores de la temperatura, pH, turbidez y caudal en los en diferentes puntos del área protegida y se realicen análisis de DBO, DQO, fosfatos, nitratos, etc.; presentes en el agua de los principales cauces para así enriquecer y

contrastar la información obtenida a partir de esta investigación y proponer las actividades de manejo.

- Se dé un seguimiento continuo a la similitud entre las comunidades bióticas presentes en los ríos del área natural protegida para que a partir de la información referente a la estructura y función de estas se planteen estrategias de manejo dirigidas a solventar, mitigar o eliminar las problemáticas que acongojen a los ecosistemas acuáticos.

-Se le dé una atención prioritaria a la protección de los recursos hídricos y ecosistemas terrestres presentes en el área protegida involucrando a los pobladores de las comunidades aledañas en las actividades y estrategias de conservación de los recursos naturales del lugar.

## 8. LITERATURA CITADA.

ADECAGUA (2008) Memoria de actividades en el marco de la celebración del Día Mundial de la calidad del Agua. Grupo Tragsa, 52 pags.

Andrews K. & Caballero R (1983) Guía para el estudio de los principales órdenes y familias de insectos de Centro América, 4ª ed. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Tegucigalpa, Honduras. 179 págs. ir.

FIAES/ASAPROSAR (2007) Zonificación interna del área natural protegida La Magdalena. 121 Pags. irr.

Guerrero F. Manjarrés A. & Núñez N. (2003) Los macro invertebrados bentónicos de pozo azul (cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua, documento diagnostico, programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Magdalena, Colombia. 78 págs. ir.

Leiva Flores M. (2004) Macro invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en la cuenca del estero Peu Peu comuna de Lautaro ex región de la Araucanía”, Tesis presentada para optar al Grado de Licenciado en Recursos Naturales, Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de Temuco Chile 64 págs. ir,

Lehmkhul W. (1979) How to know the aquatic insects. 3ª ed. Ed. Wm. C. Brown Company Publishers, Iowa, U.S.A. 166 pags.

López J. (1989) Manualde ecologia 2ª ed, Ed, Trillas, Mexico, Mexico D.F., 266 pags.

Mafla M. (2005) Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano, Talamanca, Centro Agronómico Tropical de

Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica, 87 pags. irr.

MARN (2004) Manual de inventarios de la biodiversidad, PNUD, GEF, San Salvador El Salvador Centro América. 119 págs.

Martínez E. & Cano R. (2008) Estudio de macro invertebrados bentónicos en el río Cara Sucia, municipio de San Francisco Menéndez, departamento de Ahuachapán”, informe final de consultoría UICN. 42 Págs. Ir

Merrit, H. Cummins, K. & Berg, M. (2008). An introduction to the aquatic insects of North America. 4ª ed, Ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1,558 pags.

Ortiz O. (2007) Análisis geográfico sobre la calidad del agua de los pozos que utilizan biofiltros al sur de Ahuachapán, departamento de Ahuachapán, El Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de ciencias agronómicas trabajo de postgrado, 69 págs. ir.

Richards o. & Davies R. (1983) Tratado de entomología, volumen 1, ediciones Omega, Barcelona, España, págs. 372-379.

Riss W., Ospina R. & Gutiérrez J. (2008) Establecimiento de valores de bioindicación para macro invertebrados acuáticos de la sabana de Bogotá, en [http://www.ciencias.unal.edu.co/publicaciones/icn/caldasias/22\(1\)/240310.pdf](http://www.ciencias.unal.edu.co/publicaciones/icn/caldasias/22(1)/240310.pdf) 11 abril 2010 3:45 pm

Roldan Pérez G. (2003) Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, uso del método BMWP. Ciencia y Tecnología, Ed. Universidad Antioquia, Medellín Colombia en [http://www.ciencias.unal.edu.co/publicaciones/icn/caldasias/24\(1\)/240110.pdf](http://www.ciencias.unal.edu.co/publicaciones/icn/caldasias/24(1)/240110.pdf) 16 mayo 2010 11:22 am.

Rosemberg D. & Resh V. (1993) Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates, sin ed, Ed. Chapman & Hall Inc., New York, U.S.A., 488 pags.

Sermeño J. M. (2010) Uso de Índice Biótico por familia (IBF-SV 2010) Proyecto Universidad de El Salvador (UES) – Organización de Estados Americanos (OEA), San Salvador, El Salvador. 36 pag

[www.cesta-foe.org.sv/articulos/Balance de la Gestion Ambiental 2010/html](http://www.cesta-foe.org.sv/articulos/Balance%20de%20la%20Gestion%20Ambiental%202010/html), martes 18 de mayo de 2010; 2:41 pm

[http://www.ites.upr.edu/Ramírez/IS/acuaticos.htm](http://www.ites.upr.edu/Ramirez/IS/acuaticos.htm), lunes 2 marzo 2009 10:35

a.m.

[www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/naturaleza/2008/02/11/174440.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/naturaleza/2008/02/11/174440.php)

- 45k, 23 marzo, 2009, 3:45 p.m.

<http://www.marn.gob.sv/?fath=19&categoria=320>, 12 mayo 2009, 10:35 a.m.

[http://www.ciencias.unal.edu.co/publicaciones/icn/caldasias/24\(1\)/240110.pdf](http://www.ciencias.unal.edu.co/publicaciones/icn/caldasias/24(1)/240110.pdf) 11 junio 2010 9:22 am.)

# ANEXOS.

Anexo 1. Mapa del sistema de áreas protegidas y ubicación del área protegida la Magdalena en el territorio nacional.



Área Natural Protegida La Magdalena ubicada en el Municipio de Chalchuapa, del Departamento de Santa Ana, específicamente entre los cantones de El Tanque, La Criba y El Coco, parte del Área de Conservación Volcán El Chingo, en las coordenadas  $14^{\circ} 01' 47''$  LN y  $89^{\circ} 42' 02''$  LO.

**Anexo 2. Boleta de campo a utilizar en la colecta de datos ambientales en los puntos de muestreo.**

Boleta de campo N° \_\_\_\_

Datos de evaluación visual SVAP.

Punto de muestreo N° \_\_\_\_

Sitio específico de muestreo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Investigador: \_\_\_\_\_

Personal de apoyo:

\_\_\_\_\_

**Generalidades del sitio.**

Coordenadas geográficas	Latitud: (N)			Longitud: (O)	
Altitud	msnm				
Tipo de suelo	Arcilloso	Arenoso	Limoso	Limo-arcilloso	Limo-arenoso
Rociedad	Mas de 50%	50%-30%	30%-10%	10%-2%	Menos de 2%
Suelo desnudo	80-70	60-50	40-30	20-10	10-2
Presencia de claros	Alta	Media		Baja	

**Características del cauce.**

Apariencia del agua	Normal	Ligeramente turbia	Medianamente turbia	Altamente turbia
Sedimentos	Pocos	Medianamente abundantes	Abundantes	Altamente abundantes
Pozas	Nulas	Muy pocas	Varias	Muchas
Profundidad del cauce	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm	Mas de 50 cm
Rápidos	Poco abundantes	Medianamente abundantes		Altamente abundantes
Remansos	Nulos	Poco abundantes	Medianamente abundantes	Altamente abundantes
Sitios de refugio	Abundantes	Pocos	Muy pocos	Casi Nulos
Estabilidad de la orilla	Estable	Levemente inestable	Inestable	Altamente inestable
<b>Amenazas</b>				
Contaminación	Identificable a simple vista		Ligeramente visible	No visible
Tipo de contaminantes	Sólidos	Alta presencia	Presencia moderada	Baja presencia

	Líquidos	Alta presencia	Presencia moderada	Baja presencia	No visibles
Presión de pesca	Frecuente		Poco frecuente		Nula
Represas	Presentes			Ausentes	
Desviación del cauce	Presente			Ausente	

Datos de vegetación presente en el sitio.

Vegetación en zona ribereña.									
Estacionalidad	Decidua			Semidecidua			Siempre verde		
Tipo y densidad	Arboles (altura en ms)					Arbustos		Hierbas	
	60-50	50-40	40-30	30-20	20-10	5-2	2-1	2-1	Menos de 1
Alta									
Media									
Abierta									
Muy abierta									
Rala									
Presencia de epifitas	Alta			Media			Baja		
Presencia de musgos	Alta			Media			Baja		
Presencia de bejuco	Alta			Media			Baja		
Vegetación al interior del cauce				Presente			Ausente		
Tipo	Hierbas			Musgos			Algas Filamentosas		
Flotantes									
Emergentes									
Sumergidas									

Parámetros físico-químicos del cuerpo de agua.

Color del agua			
Temperatura	T° ambiente	°C	T° al interior del agua °C
Turbidez	Alta	Media	Baja
pH			

Observaciones:

---



---



---



---



---

**Anexo 3. Boleta de laboratorio utilizada en la identificación de órdenes y familias de insectos acuáticos colectados en cada punto de muestreo.**

Boleta de laboratorio N° \_\_\_\_

Datos de especímenes.

Punto de muestreo N° \_\_\_\_

Sitio específico de muestreo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Investigador: \_\_\_\_\_

Personal de apoyo:

\_\_\_\_\_

**Datos de colecta.**

Ordenes y familias	Familias	Sub muestra 1	Sub muestra 2	Sub muestra 3	Colador	Numero de individuos	Calificación.
O. Coleóptera							
O. Díptera							
O. Hemíptera							
O. Trichoptera							
O. Odonata							
O. Ephemeroptera							
O. Plecóptera							
O. Megaloptera							

<b>O. Lepidóptera</b>							
<b>O. Ortóptera</b>							
<b>O. Blattodea</b>							
<b>O. Collembola</b>							

Observaciones:

---

---

---

---

**Anexo 4. Fotografías de los seis puntos de muestreo utilizados para la investigación.**



**Foto 1.** Punto de muestreo numero uno ubicado en el sector La Criba al interior del área protegida.



**Foto 2.** Punto de muestreo numero dos ubicado en el rio El Manguito al interior del área protegida.



**Foto 3.** Punto de muestreo numero tres ubicado en el sector El Jute al interior del área protegida.



**Foto 4.** Punto de muestreo numero cuatro ubicado en el sector 1 del rio El Naranjal del área protegida.



**Foto 5.** Punto de muestreo numero cinco ubicado en el enganche entre los ríos El Jute y El Naranjal del área



**Foto 6.** Punto de muestreo numero seis ubicado en el enganche entre los ríos El Jute y El Cauque del área protegida.

**Anexo 5. Fotografías de trabajo de campo y laboratorio.**



**Foto 7.** Colecta de muestras en el sector La Criba utilizando la Red D.



**Foto 8.** Colecta de insectos en el rio El Manguito utilizando el Colador.



**Foto 9.** Colecta de insectos provenientes de la muestra tomada con el colador



**Foto 10.** Distribución de las muestras en las cajas de petri para ser observadas al estere microscopio.



**Foto 11.** Revisión de hojas, ramas y material grueso contenido en las muestras.



**Foto 12.** Revisión de muestras para separación e identificación de los insectos en órdenes y familias

Anexo 6. Familias del orden Coleóptera encontradas en el ANP La Magdalena



Foto 13. Facetas de un individuo de la familia *Elmidae*



Foto 14. Individuo de la familia *Hydroscaphidae*



Foto 15. Ejemplar de la familia *Curculionidae*.



Foto 16. Larva de la familia *Lampyridae*

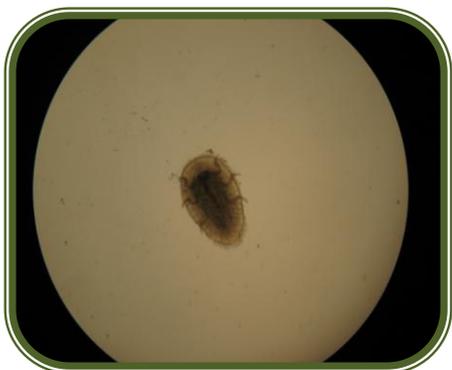


Foto 17. Ejemplar de la familia *Psephenidae* en estado larval



Foto 18. Individuo de la familia *Sphaeriidae*

Anexo 7. Familias del orden Díptera encontradas en el ANP La Magdalena.



Foto 19. Individuo de la familia *Dixidae*



Foto 20. Ejemplar de la familia *Tanyderidae*



Foto 21. Larva de la familia *Psychodidae*



Foto 22. Individuo de la familia *Simuliidae* en estadio de pupa.



Foto 23. Un ejemplar de la familia *Ceratopogonidae*.



Foto 24. Pupa de un ejemplar de la familia *Empididae*.

Anexo 8. Familias del orden Hemiptera encontradas en el ANP La Magdalena.



**Foto 25.** Individuo de la familia *Belastomatidae* común en todos los



**Foto 26.** Ejemplar de la familia *Nancoridae*



**Foto 27.** Ejemplar adulto de la familia *Gelastocoridae*



**Foto 28.** Subimago de la familia *Veliidae*.



**Foto 29.** Adulto de la familia *Hydrometridae* colectado en punto uno



**Foto 30.** Adulto de la familia *Nepidae* colectado en el punto tres.

Anexo 9. Familias del orden Trichóptera encontradas en el ANP La Magdalena.



Foto 31. Larva y estuche de la familia *Calamoceratidae*.



Foto 32. Larva de la familia *Hydropsichidae*.



Foto 33. Larva de la familia *Hydroptilidae* (micro tricópteros)



Foto 34. Larva de la familia *Xiphocentronidae*.



Foto 35. Larva de la familia *Leptoceridae*.

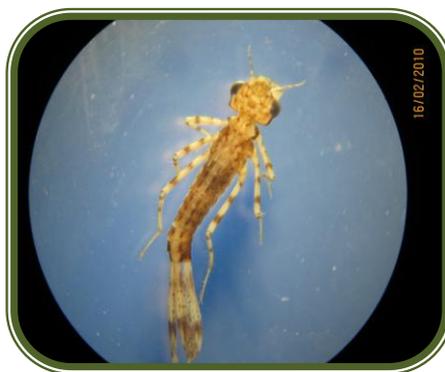


Foto 36. Larva de la familia *Philopotamidae*.

Anexo 10. Familias del orden Odonata encontradas en el ANP La Magdalena.



**Foto 37.** Náyade de la familia *Calopterygidae*.



**Foto 38.** Individuo de la familia *Coenagrionidae* en estadio de náyade.



**Foto 39.** Ejemplar de familia *Platytyctidae*



**Foto 40.** Náyade de la familia *Perilestidae* colectada en punto tres.



**Foto 41.** Náyade de la familia *Gomphidae*.



**Foto 42.** Individuo de la familia *Libellulidae*.

Anexo 11. Familias de los ordenes Plecóptera, Megalóptera, Orthóptera y Lepidóptera encontradas en el ANP La Magdalena.



**Foto 49.** Larva madura de la familia *Corydalidae*, orden Megaloptera



**Foto 50.** Sub imago de la familia *Perlidae*, orden Plecóptera



**Foto 51.** Adulto de la familia *Tetrigidae*, orden Orthóptera.



**Foto 52.** Larva de la familia *Crambidae*, orden Lepidóptera.

Anexo 12. Familias de los ordenes Ephemeroptera, Blattodea y Collembola encontradas en el ANP La Magdalena.



**Foto 43.** Individuo de la familia *Baetidae* en estado de subimago.



**Foto 44.** Ejemplar de la familia *Leptophlebiidae*.



**Foto 45.** Ejemplar de sub-imago de la familia *Leptophlebiidae*.



**Foto 46.** Especimen de la familia *Entomobryidae* del orden Collembola



**Foto 47.** Unico individuo colectado de la familia *Isotomyidae* orden Collembola.



**Foto 48.** Ejemplar de la familia *Blaberidae* orden Blattodea.

**Anexo 13. Participación del personal guarda recursos del ANP La Magdalena y habitantes de la comunidad en el desarrollo de la fase de campo.**



**Foto 53.** Guarda recursos en colecta de muestras con colador.



**Foto 54.** Toma de temperatura del agua por guarda recurso de area protegida.



**Foto 55.** Toma de potencial hidrogeno (pH) por personal guarda recursos.



**Foto 56.** Colaboración del personal guarda recursos en toma de muestra con red D.



**Foto 57.** Guarda recursos en captura de especímenes en campo a partir de muestra con colador



**Foto 58.** Habitante del caserío El Jute en captura de especímenes en rio El Naranjal.

**Anexo 14. Ejemplo de tabla de cálculo para categoría según IBF-SV 2010.**

<b>Punto de muestreo X</b>			
<b>Familias</b>	<b>Numero de individuos</b>	<b>Calificación</b>	<b>Ab*C/2181</b>
<i>Dytiscidae</i>	0	7	0
<i>Dryopidae</i>	33	4	0.0605227
<i>Elmidae</i>	52	4	0.0953691
<i>Haliplidae</i>	0		0
<i>Hydroscaphidae</i>	1	4	0.00183402
<i>Hydrophilidae</i>	1	7	0.00320954
<i>Hydraenidae</i>	2		0
<i>Lampyridae</i>	2	3	0.00275103
<i>Limnichidae</i>	3	5	0.00687758
<i>Psephenidae</i>	0	4	0
<i>Ptilidactilidae</i>	2	3	0.00275103
<i>Scirtidae</i>	0	6	0
<i>Staphylinidae</i>	13	6	0.03576341
<i>Tipulidae</i>	9	5	0.02063274
<i>Psychodidae</i>	6	7	0.01925722
<i>Stratiomyidae</i>	5	6	0.01375516
<i>Dixidae</i>	5	5	0.01146263
<i>Culicidae</i>	0	10	0
<i>Simuliidae</i>	609	6	1.67537827
<i>Chironomidae</i>	1423	8	5.21962403
<i>Ceratopogonidae</i>	8	8	0.02934434
<i>Empididae</i>	6	6	0.01650619
<i>Dolichopodidae</i>	1	6	0.00275103
	2181	<b>Categoría POBRE</b>	<b>7.21779</b>