

**CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DEL RÍO ROBLE, QUINDÍO.**

**ANA MARÍA ECHEVERRY OSPINA
JOHANNA ANDREA ALZATE MORENO**

**Director: RAÚL CASTRO AMORTEGUI
Licenciado en Biología.
Máster en Ciencias**

**UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO
FACULTAD DE EDUCACIÓN
PROGRAMA DE LIC. EN BIOLOGÍA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL
ARMENIA, QUINDÍO
2003**

**CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DEL RÍO ROBLE, QUINDÍO.**

**ANA MARÍA ECHEVERRY OSPINA
JOHANNA ANDREA ALZATE MORENO**

***Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título
de Licenciadas en Biología y Educación Ambiental.***

***Director: RAÚL CASTRO AMORTEGUI
Licenciado en Biología.
Máster en Ciencias***

**UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO
FACULTAD DE EDUCACIÓN
PROGRAMA DE LIC. EN BIOLOGÍA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL
ARMENIA, QUINDÍO
2003**

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Al ser que nos colma de sabiduría, tolerancia y capacidad de lograr todas nuestras metas Dios.

A nuestras familias, por que sin el apoyo incondicional que nos brindaron la culminación de este proyecto no sería una realidad. ***A mis padres, hermana y mascota,*** que son los que más amo y mi motor para salir adelante. (Ana María).

Freddy Molano. Entomólogo. Profesor del Programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental.

Janneth Molina. Bióloga. Profesora del Programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental.

Jorge Enrique García. Profesor del programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental.

Freddy Becerra Álvarez. Licenciado en Biología y Educación Ambiental, asesor del proyecto.

Gonzalo Hernández. Licenciado en Química. M. Sc. en Tecnología del agua. Jefe del Laboratorio de Aguas de la Universidad del Quindío.

Carlos Alberto Agudelo. Profesor del programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental.

Grupo de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil. CEIFI.

Julio César Tórres. Director del Programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental.

Maribel Arias. Secretaria del Programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental.

Iván Cortés. Funcionario del programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental.

Jorge Hernán Patiño. Por mostrar los misterios del conocimiento secreto que se disipan como la bruma en el acto mismo de cobrar concreción definitiva..... (Ani).

Leonel Rincón. Estudiante de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental. Por su colaboración en la elaboración del informe final.

CONTENIDO

	<i>pág</i>
INTRODUCCIÓN	16
1. OBJETIVOS	18
1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	18
2. MARCO TEÓRICO	19
2.1 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	19
2.1.1 PRINCIPALES GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS	20
2.1.2 Phylum Platyhelminthes	20
2.1.3 Phylum Annelida	20
* Clase Hirudínea	21
2.1.4 Phylum Mollusca	21
* Clase Gastrópoda	21
* Clase Bivalva	22
2.1.5 Phylum Arthropoda	22
* Clase Insecta	22
* Orden Ephemeroptera	22
* Orden Odonata	22
* Orden Plecóptera	23
* Orden Neuróptera	23
* Orden Hemíptera	23
* Orden Coleóptera	23
* Orden Trichóptera	23
* Orden Lepidóptera	24
* Orden Díptera	24

2.2. Índices Biológicos de Diversidad	24
2.2.1 Índice de Diversidad (Shannon – Wiener, 1949)	25
2.2.2 Índice de Riqueza Ecológica (Margalef, 1958)	25
2.2.3 Índice de Predominio Ecológico (Simpson, 1949)	25
2.2.4 Índice de Similitud (Jaccard)	26
3. ESTADO DEL ARTE	27
4. MATERIALES Y MÉTODOS	32
4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	32
4.2 ESTACIONES DE MUESTREO	34
4.2.1 Estación I: Bocatoma Circasia	34
4.2.2 Estación II: Cañón de Los Aguadeños	34
4.2.3 Estación III: Bocatoma Montenegro	36
4.2.4 Estación IV: Puente Morelia	36
4.2.5 Estación V: La Balastrea	36
4.2.6 Estación VI: La Española	36
4.3 TRABAJO DE CAMPO	37
4.3.1 Frecuencia de Monitoreo	37
4.3.2 Técnicas de Muestreo	37
4.4 TRABAJO DE LABORATORIO	38
4.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	39
* Índice de Diversidad (Shannon – Wiener, 1949)	39
* Índice de Riqueza Ecológica (Margalef, 1958)	39
* Índice de Dominancia o Predominio Ecológico (Simpson, 1949)	40
* Índice de Similitud de Jaccard	40
4.5.1 Análisis Bioestadístico	41
5. RESULTADOS	42

5.1 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	42
5.1.1 Estación I: Bocatoma Circasia	42
5.1.2 Estación II: Cañón de Los Aguadeños	42
5.1.3 Estación III: Bocatoma Montenegro	42
5.1.4 Estación IV: Puente morelia	44
5.1.5 Estación V: La Balastrea	44
5.1.6 Estación VI: La Española	44
5.2 ÍNDICES BIOLÓGICOS DE DIVERSIDAD	47
5.3 ANÁLISIS BIOESTADÍSTICO	48
5.4 PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS	50
5.4.1 Temperatura del agua (T°C)	50
5.4.2 Oxígeno Disuelto (OD)	50
5.4.3 Sólidos	50
6. DISCUSIÓN	52
6.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS	52
6.2 ASPECTOS BIOLÓGICOS	55
6.2.1 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	55
6.3 ÍNDICES ECOLÓGICOS	63
6.4 ANÁLISIS BIOESTADÍSTICO	65
7. CONCLUSIONES	67
8. RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	80

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Número de individuos por género colectados en las seis estaciones de muestreo en el río Roble durante los meses de febrero a mayo de 2003.	43
Tabla 2. Porcentaje de macroinvertebrados acuáticos de las seis estaciones de muestreo en el río Roble durante los meses de febrero a mayo de 2003.	46
Tabla 3. Índices ecológicos aplicados a los macroinvertebrados acuáticos colectados en seis estaciones de muestreo del Río Roble, entre los meses de febrero y mayo de 2003.	47
Tabla 4. Índice de diversidad de Shannon – Wiener en las seis estaciones de muestreo durante los meses de febrero a mayo de 2003.	48
Tabla 5. Análisis de varianza para comparar la diversidad medida según el índice de Shannon – Wiener entre las seis estaciones de muestreo durante los meses de febrero a mayo de 2003.	49
Tabla 6. Valores promedio de parámetros físico – químicos de muestreos puntuales a lo largo del río Roble, realizados entre los meses de febrero y mayo de 2003.	51

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Mapa del Departamento del Quindío donde se ubica el río Roble.	33
Figura 2. Localización Geográfica de las seis estaciones de muestreo en el río Roble.	35
Figura 3. Porcentaje de individuos por género colectados en la estación Bocatoma Circasia, durante los meses de febrero a mayo de 2003.	58
Figura 4. Porcentaje de individuos por género colectados en la estación Cañón Aguadeños, durante los meses de febrero a mayo de 2003.	56
Figura 5. Porcentaje de individuos por género colectados en la estación Bocatoma Montenegro, durante los meses de febrero a mayo de 2003.	57
Figura 6. Porcentaje de individuos por género colectados en la estación Puente Morelia, durante los meses de febrero a mayo de 2003.	66
Figura 7. Porcentaje de individuos por género colectados en la estación La Balastreira, durante los meses de febrero a mayo de 2003.	62

Figura 8. Porcentaje de individuos por género colectados en la estación La Española, durante los meses de febrero a mayo de 2003.	61
Figura 9. Número de individuos del género <i>Brechmorhoga sp</i> colectados en las seis estaciones de muestreo en el río Roble , entre los meses de febrero a mayo de 2003.	56
Figura 10. Número de individuos del género <i>Cryphocricos sp</i> colectados en las seis estaciones de muestreo en el río Roble , entre los meses de febrero a mayo de 2003.	57
Figura 11. Número de individuos del género <i>Anchytarsus sp</i> colectados en las seis estaciones de muestreo en el río Roble , entre los meses de febrero a mayo de 2003.	58
Figura 12. Número de individuos del género <i>Cylloepus sp</i> colectados en las seis estaciones de muestreo en el río Roble , entre los meses de febrero a mayo de 2003.	60
Figura 13. Número de individuos del género <i>Smicridea sp</i> colectados en las seis estaciones de muestreo en el río Roble , entre los meses de febrero a mayo de 2003.	59

LISTA DE GRÁFICOS

	<i>pág</i>
Gráfico 1. Temperatura promedio del agua en las seis estaciones de muestreo del río Roble durante los meses de febrero a mayo de 2003.	52
Gráfico 2. Oxígeno disuelto para las seis estaciones de muestreo del río Roble durante los meses de febrero a mayo de 2003.	54
Gráfico 3. Sólidos para las seis estaciones de muestreo del río Roble durante los meses de febrero a mayo de 2003.	54
Gráfico 4. Índices de Diversidad de Riqueza de Margalef, Predominio Ecológico de Simpson aplicados a las seis estaciones de muestreo en el río Roble , durante los meses de febrero a mayo de 2003.	66

ANEXOS

Anexo 1. Observaciones generales de las seis estaciones de muestreo en el río Roble durante los meses de febrero a mayo de 2003.

Anexo 2. Tablas de número de individuos colectados en el río Roble por Aldana, Arredondo y López en el año 1993 y por Londoño et al, en el 2001.

Anexo 3. Fotografías.

RESUMEN

Entre los meses de Febrero a Mayo de 2003, se llevó a cabo una colecta de macroinvertebrados acuáticos en seis estaciones de el río Roble, ubicada entre los municipios de Circasia, Montenegro y parte de Quimbaya, Quindío, donde se encontraron organismos en piedras, hojas y lodo; utilizando red de mano, red triangular (D-net), pinzas y bandejas. Se tomaron algunos parámetros físico – químicos como el O.D, S.T, S.D, S.S, T° agua.

Se realizaron inferencias de los trabajos realizados en el río Roble, por Aldana, Arredondo y López en 1993; por Londoño en el 2001. Para la estación Los Aguadeños se aplico el índice de similitud de Jaccard, en la cual se han realizado investigaciones por los Autores antes citados, se determino que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos ha cambiado en los años (1993, 2001 & 2003).

El número total de macroinvertebrados acuáticos fue de 2153 individuos, distribuidos en 4 phyla, 5 clases, 13 órdenes, 27 familias y 35 géneros (3 sin determinar), los géneros más representativos fueron *Smicridea sp* (Hydropsychidae), *Brechmorhoga sp*, *Anchytarsus sp*, *Cryphocricos sp*, *Cylloepus sp*.

La temperatura del agua registró su máximo valor en la VI estación (La Española), debida a la altitud sobre el nivel del mar, a la topografía y a la distribución de la vegetación que permite que los rayos solares penetren sin dificultad.

Los sólidos, tanto totales, suspendidos y disueltos se incrementaron en las estaciones II – IV – V, este aumento se debe a la constante extracción de material de río (piedra, arena); con excepción de la estación II, el incremento, se debe al arrastre de material vegetal y sedimentos, producidos por la época de lluvia en el mes de abril. En las demás estaciones los valores bajan por la sedimentación de materiales.

Los índices de Diversidad (Shannon – Wiener), Dominancia (Simpson) y Riqueza (Margalef), presentaron valores altos en las estaciones I (Bocatoma Circasia), II (Cañón de los Aguadeños), V (La Balastrea), VI (La Española); las estaciones III (Bocatoma Montenegro) y IV (Puente Morelia) registraron los valores mas bajos. Las dos anteriores estaciones difieren de otros sitios de muestreo. La estación III presenta un predominio del género *Smicridea sp*, el cual descompensa la diversidad; la estación IV esta directamente influenciada por la intervención antrópica. Esto fue corroborado, aplicando una ANOVA al índice de Shannon – Wiener.

INTRODUCCIÓN

La vida surgió en el agua y ella es esencial para el mantenimiento de todo tipo de vida en nuestro planeta (*Roldán, 1992*). Por tanto el recurso hídrico es una necesidad para todo el protoplasma, es también principalmente desde el punto de vista ecológico, un factor limitante en los medios terrestres y más aún en los medios acuáticos y es allí donde su cantidad está sujeta a grandes fluctuaciones (*Odum, 1971*).

A pesar de que en Colombia los macroinvertebrados acuáticos y especialmente los estados inmaduros de los insectos se han venido utilizando como indicadores de la calidad del agua en estudios ambientales relacionados con el monitoreo y la evaluación de la calidad del agua, tal uso no siempre se ha hecho de manera correcta, pues el grado de resolución taxonómica de la mayoría de las investigaciones ha sido demasiado general y las técnicas de recolección empleadas no han permitido conocer de manera más precisa sus requerimientos **ecológicos**. Además, en el trópico americano los estudios relacionados con la taxonomía y ecología de los diferentes grupos de insectos acuáticos y la escasa literatura aun se encuentra dispersa e incompleta y sujeta a revisión; gran parte de los géneros con claves útiles, la mayor parte de las especies aún permanecen sin describir, existen pocos especialistas y colecciones de referencia (*Rincón, M, 2002*). Aún así, cabe resaltar que los macroinvertebrados acuáticos poseen características favorables para su estudio, tales como (*Alba Tercedor, 1996*):

- Su tamaño relativamente grande (visibles a simple vista).
- Reflejan las condiciones del sitio tiempo atrás de la hora de la muestra.
- Su muestreo no es difícil y existen técnicas de muestreo estandarizadas que no requieren equipos costosos.

- Presentan ciclos de desarrollo lo suficientemente largos que les hace permanecer en los cursos de agua el tiempo suficiente para detectar cualquier alteración.

De acuerdo con lo anterior, es evidente que en Colombia, al igual que en los demás países neotropicales, aún falta por realizar una gigantesca labor de conocimiento de nuestra flora y fauna acuática y que para ello es necesario dedicar grandes recursos económicos en la formación de personal calificado en la dotación de laboratorios, y en las labores de recolección de material y en la posterior labor de mantenimiento y preservación (*Roldán, 1997*).

La caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del Río Roble, complementará la información en el Macroproyecto “Modelación de corrientes hídricas superficiales en el Departamento del Quindío”, convenio interadministrativo N° 004 de 2002 entre la CRQ y la Universidad del Quindío.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del Río Roble.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los macroinvertebrados acuáticos presentes en el Río Roble.
- Establecer la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del Río Roble por medio de índices ecológicos.
- Realizar una Comparación Histórica del Río Roble en los trabajos de Aldana, Arredondo & López, 1993 y en Londoño, et al 2001.
- Analizar parámetros físico – químicos como: temperatura del agua, oxígeno disuelto, sólidos totales, sólidos suspendidos y sólidos disueltos.

2. MARCO TEÓRICO

El 97% del agua existente en la tierra está en los océanos y el 3% es solo agua dulce. De ésta última aproximadamente el 97% es agua subterránea y solo el 3% es agua utilizable. Como nos damos cuenta solo disponemos de un 0.60% del agua total para nuestras actividades diarias (*Machado, 1978*).

Desde el instante en que el hombre consideró la actividad agraria como una de las fuentes de su existencia, la necesidad del agua para el riego, el lavado, el arrastre de productos (aguas residuales, basuras y sedimentos), entre otros, fue aumentando progresivamente hasta la actualidad creándose así una alta contaminación en las aguas superficiales (*Seoanez, 1999*).

2.1 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Bajo el término de macroinvertebrados acuáticos se conocen todos aquellos organismos que se pueden ver a simple vista y que normalmente poseen un tamaño mayor de 0.5 mm. Dentro de estos se encuentran los poríferos, hidrozoo, turbelarios, oligoquetos, hirudíneos, insectos, arácnidos, crustáceos, gastrópodos y bivalvos. Estos organismos viven sobre el fondo de lagos y ríos, enterrados en el fondo, sobre rocas y troncos sumergidos, adheridos a vegetación flotante o enraizada, y algunos nadan libremente dentro del agua o sobre la superficie. (*Roldán, 1997*). Estos son útiles para averiguar el impacto de las aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales y las diferentes actividades humanas que alteran la calidad del agua. Muchos tales como hidrozoo, turbelarios, anélidos y moluscos, pasan toda su vida como acuáticos, pero otros como es el caso de gran número de insectos pasan su vida larval en el agua y su estado adulto como terrestres y voladores. (*Henaó – Garzón, 2002*).

Por tanto, las características de las comunidades acuáticas actúan como testigos del nivel de deterioro ambiental de las corrientes superficiales. Específicamente, los macroinvertebrados acuáticos fueron propuestos desde hace varias décadas como indicadores de la calidad del agua (*Hynes, 1962; Mylinsky y Ginsburg, 1977; Hawkes, 1979*).

2.1.1 PRINCIPALES GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Los principales grupos de invertebrados acuáticos más frecuentes en ríos y lagos son los cnidarios, platelmintos, anélidos, moluscos y artrópodos.

A continuación se hace un breve comentario de los organismos determinados en el estudio, de su taxonomía, ecología y distribución en el neotrópico. (*Roldán, 1992*)

2.1.1.1 PHYLUM PLATYHELMINTES.

Los turbelarios constituyen la clase de los platelmintos cuyas formas son predominantemente de vida libre. Al orden Tricladida pertenecen las planarias, organismos de cuerpo aplanado y plano con especies que pueden alcanzar tamaños hasta de 30 mm. Viven por lo regular debajo de piedras, troncos, ramas, hojas, en aguas poco profundas tanto lénticas como lólicas. La mayoría viven en aguas bien oxigenadas pero algunas especies pueden resistir altos grados de contaminación orgánica. (*Roldán, 1992*)

2.1.1.2 PHYLUM ANNELIDA.

A este phylum pertenecen las clases oligochaeta e hirudínea, que se consideran verdaderamente de agua dulce. (*Roldán, 1992*)

CLASE OLIGOCHAETA: los oligoquetos acuáticos tienen la misma estructura que los terrestres. Su tamaño varía entre 1.0 y 30.0 mm. Viven por lo general en aguas con mucha materia orgánica en descomposición y concentraciones bajas de oxígeno, por lo que se les considera indicadores de contaminación. *(Roldán, 1992)*

CLASE HIRUDÍNEA: los hirudíneos están representados por las sanguijuelas cuyo tamaño varía entre los 5.0 y 45.0 mm de longitud. Su cuerpo es aplanado y se caracteriza por poseer una ventosa anterior y otra posterior, las cuales utilizan para fijarse fuertemente al sustrato y para su desplazamiento. Viven por lo regular en aguas quietas, en charcas, lagunas, embalses y en orillas de ríos de poco movimiento, adheridas a vegetación, troncos y prácticamente todo tipo de sustrato que encuentran a su alrededor. Toleran bajas concentraciones de oxígeno, por lo que se le encuentra en gran número en lugares afectados por contaminación orgánica y en zonas de río en vías de recuperación. *(Roldán, 1992)*

2.1.1.3 PHYLUM MOLLUSCA.

Los moluscos se dividen en dos grupos:

CLASE GASTRÓPODA: los gastrópodos llamados comúnmente caracoles, poseen una concha enrollada en espiral y su tamaño puede variar entre 2.0 y 70.0 mm. Viven por lo regular en aguas con abundante carbonato de calcio, necesario para la construcción de su concha. Por lo regular están asociados a lugares con mucha vegetación acuática y materia orgánica en descomposición. Abundan en aguas quietas y poco profundas. Los gastrópodos son cosmopolitas. Viven en medios de alta dureza y alcalinidad y con abundante materia orgánica en descomposición; se desarrollan en orillas de lagos, ríos y en plantas de aguas negras. *(Roldán, 1992)*

CLASE BIVALVIA: los bivalvos tienen un tamaño que varía entre los 2.0 y los 18.0 mm de longitud. Viven tanto en aguas lóxicas como lénticas. Es frecuente encontrar bivalvos enterrados en el sustrato o fijados a la vegetación acuática. En general, viven en aguas limpias o poco contaminadas. *(Roldán, 1992)*

2.1.1.4 PHYLUM ARTHOPODA.

Representa el grupo más abundante de macroinvertebrados acuáticos. A este phylum pertenecen:

CLASE INSECTA: bajo esta clase se agrupan nueve órdenes de insectos los cuales incluyen familias acuáticas que constituyen la fauna más representativa de lagos y ríos.

Algunos de los géneros más representativos en nuestro medio son:

Orden Ephemeroptera: reciben este nombre debido a que muchos poseen una vida corta o “efímera”, ya que mientras su estado larvario puede durar varios meses en el agua, su estado adulto solo dura unas pocas horas, lo suficiente para encontrar una hembra y fecundarla. Los efemerópteros viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas, aunque algunas pocas especies pueden resistir moderados grados de contaminación orgánica. *(Roldán, 1992)*

Orden Odonata: los odonatos llamados también libélulas o “caballitos del diablo” son insectos hemimetábolos, cuyo período larval en el agua puede variar de pocos a muchos meses. Viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas o poco profundas, rodeadas por lo regular de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Son grandes depredadores. Se encuentran en aguas oligomesotróficas, propias de ecosistemas lénticos o de poca corriente, pero son poco resistentes a fuentes de contaminación orgánica. *(Roldán, 1992)*

Orden Plecóptera: los plecópteros son un grupo diversificado en el trópico. Las ninfas de los plecópteros viven aguas rápidas, limpias y bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Son prácticamente cosmopolita. (Roldán, 1992)

Orden Neuróptera (Megaloptera): constituyen un grupo de insectos poco diversificados. Sólo comprenden dos familias: **Corydalidae y Sialidae**. Corydalidae es la familia de más amplia distribución en el neotrópico. El género *Corydalus* representa una de las larvas de insecto más grande que se encuentra en el agua pudiendo alcanzar tamaños hasta de 7.0 cm de longitud. Viven en corrientes limpias, debajo de piedras, troncos y vegetación sumergida. (Roldán, 1992)

Orden Hemíptera: los hemípteros, llamados también “chinchas de agua”, se caracterizan por poseer las partes bucales modificadas en un “pico” chupador, lo que los hace depredadores de otros insectos acuáticos. Viven en remansos de los ríos y en ecosistemas lénticos con abundante vegetación. En general, comparten el mismo hábitat de los odonatos y tienen similares exigencias ecológicas. Algunos resisten altas concentraciones de salinidad. (Roldán, 1992)

Orden Coleóptera: constituyen uno de los órdenes más grandes y complejos. Muchos de sus representantes viven en el agua tanto en forma larval como en estado adulto. (Roldán, 1992)

Orden Trichóptera: los tricópteros son insectos holometábolos, es decir, tienen metamorfosis completa. Viven en todo tipo de hábitat lóticos y lénticos. Una de las características más llamativas de los tricópteros es la capacidad para construir “casas” o “refugios” de formas variadas, a partir de residuos vegetales y gránulos de arena o pequeñas piedrecillas. Estos refugios pueden ser fijos o portátiles y en ambos casos les sirven de protección y búsqueda.

La mayoría de los tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal acumulado. Algunas especies viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas. (Roldán, 1992)

Orden Lepidóptera: los lepidópteros viven en aguas muy oxigenadas de curso rápido, bajo telas sedosas tejidas sobre superficies de rocas sumergidas y se alimentan de algas. Algunos viven adheridos a plantas acuáticas. Estos constituyen un grupo relativamente pequeño de insectos en el neotrópico y aún muy desconocido. (Roldán, 1992)

Orden Díptera: los dípteros constituyen uno de los órdenes de insectos más complejos, más abundantes y más ampliamente distribuidos en el trópico. Los dípteros son insectos holometábolos y su ciclo de vida es muy variable dependiendo de las especies; puede ser de semanas en unos y hasta de cerca de un año en otros. Viven en hábitat muy variados; se encuentran en ríos; arroyos, lagos, embalses, brácteas de bromeliácea y demás plantas que acumulan agua, en orificios de troncos viejos y aún en las costas marinas. Unos como los **simúlidos**, viven en aguas muy limpias y oxigenadas. En cambio los **quironómidos**, por ejemplo, viven en aguas muy contaminadas. (Roldán, 1992)

2.2 Índices Biológicos de Diversidad

Los Índices de Diversidad son planteamientos matemáticos que pretenden resumir en un valor dos componentes, primero el número total de especies y segundo la abundancia distribuida entre las especies. La principal ventaja de éstos índices es que permiten hacer comprobaciones rápidas y sujetas a un análisis estadístico, entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo (Ludwig & Reynolds, 1988; Moreno, 2001).

2.2.1 Índice de Diversidad de Shannon – Wiener

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (*Magurran, 1988*); *Peet, 1974*; *Baev y Penev, 1995*). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (*Magurran, 1988*).

2.2.2 Índice de Riqueza de Margalef

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S = k \cdot N$ donde k es constante (*Magurran, 1988*). Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando S^{-1} , en lugar de S, da $DMg = 0$ cuando hay una sola especie.

2.2.3 Índice de Predominio Ecológico de Simpson

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Esta fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (*Magurran, 1988*; *Peet, 1974*). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$ (*Lande, 1996*). Los rangos van de 0 a 1. Donde 0 corresponde a alta dominancia, 0.5 a zonas de mediana dominancia y 1 a zonas sin dominancia.

2.2.4 Índice de Similitud (Jaccard)

Expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras (*Magurran, 1988; Baev y Penev, 1995; Pielou, 1975*).

3. ESTADO DEL ARTE

Los macroinvertebrados fueron propuestos hace varias décadas como indicadores de la calidad del agua (*Willnm y Dorris 1968, Gaufin y Tarzwell 1956, Milinsky y Ginsburg 1977, Hawkes 1979*).

Estos autores propusieron la alternativa de utilizar estos bioindicadores como instrumentos para la evaluación de la calidad ambiental basados en el principio de que los organismos vivos por estar adaptados a los sitios que habitan, reflejan las características y exigencias de su ambiente.

(*Pennak 1978, Cummins y Merritt 1979*), presentan sus trabajos “Invertebrados de agua dulce de los Estados Unidos” y “Una introducción a los insectos acuáticos de Norteamérica”, en los cuales se destaca la revisión de los diferentes métodos de colecta, en la cual se incluye la red triangular (D-net), la red de mano, la red Surber, presenta además diferencias entre invertebrados de agua dulce y agua marina, la divergencia química del agua y ofrece claves y figuras para los diferentes grupos de macroinvertebrados.

En el neotrópico se dispone de una recopilación de los invertebrados limnéticos de Sudamérica (*Dacosta 1956, Hurlbert et al 1981*), de una guía de los oligoquetos acuáticos de Sudamérica y Centroamérica (*Brinkhurst y Marchase, 1991*) y de una lista preliminar de los moluscos dulceacuícolas de Costa Rica (*Taylor 1993*). Sin embargo la información ecológica y específicamente, el conocimiento sobre el comportamiento de los macroinvertebrados frente al deterioro del ambiente, son aun limitados (*Caicedo y Palacio 1998*).

En Colombia se llevo a cabo en 1972 por la Universidad Nacional con sede en Medellín, un estudio que puede considerarse como el primero en el país que relaciona las condiciones físico – químicas del agua con los parámetros biológicos.

En 1973 se efectuó un estudio que relaciona los efectos de la contaminación doméstica e industrial en la fauna béntica del río Medellín (*Roldán et al., 1973*).

Machado, 1978, usa los índices para reflejar no solo el número de organismos presentes en un hábitat determinado sino también para comparar así la diversidad biológica de diferentes hábitats acuáticos. En estudios realizados por Roldán (1973), Roldán Y Pérez (1978), Machado y Roldán (1981), Arango y Roldán (1983), Roldán (1989), Dupuy y Vargas (1991), Roldán (1992), utilizaron la diversidad de especies de macroinvertebrados como gran ayuda para evidenciar las condiciones presentes en un momento dado en ecosistemas acuáticos.

Zúñiga, 1985, verifico nueve muestreos en el Río Cali para estudiar su ecología con énfasis en su fauna bentónica; concluyendo que éste se deteriora a su paso por la ciudad, favoreciendo el crecimiento de unos pocos grupos tolerantes y alterando las características físico – químicas de éste.

Roldán (1988), publicó el primer libro para la identificación de los géneros más comunes en el Departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. Aunque la guía es de carácter regional, con su uso intensivo se ha comprobado su utilidad para gran parte del país y aún en países vecinos con condiciones climáticas similares.

Este trabajo estimuló a otros investigadores, los cuales han aportado cimientos valiosos al conocimiento del bentos en el país como: Pérez y Roldán (1978), Machado y Roldán (1981), Correa, Machado y Roldán (1981), Arango y Roldán (1983), Matthias y Moreno (1983), Álvarez y Roldán (1983), Bedoya y Roldán (1984) y Ramírez y Roldán (1989).

Estudios similares fueron realizados en el Río Bogotá Caicedo y García, 1971; Gaviria y Rodríguez, 1983; en la Isla Gorgona Zapata, Beltrán y Collazos, 1991; y

en Antioquia Roldán, 1980; Correa, Machado, Roldán, 1981; Álvarez y Roldán, 1983; Bedoya y Roldán, 1984 y Acevedo, 1992.

En el departamento del Quindío se han realizado varios estudios a nivel biológico (macroinvertebrados bentónicos). En el Río Quindío Zúñiga *et al*, (1993), Rodríguez (1994) y Vargas (1997), encontraron en su mayoría indicadores de aguas limpias y oxigenadas, a diferencia de la estación la playa donde las aguas son contaminadas, dominando los anélidos, moluscos y quironómidos, evidenciándose recuperación a partir de la estación calle larga donde predominaron los Trichopteros.

Aldana, Arredondo y López, 1993, en el Río Roble identificaron los macroinvertebrados acuáticos presentes en tres estaciones (Trichopteros, Hirudíneos, Gasterópodos, Oligochaetos, Ephemeropteros, Odonatos) con el fin de establecer sus índices de diversidad y predominio ecológico, indicando de esta manera que el Río a pesar del arrastre de sedimentos, residuos agrícolas y domésticos presentan condiciones favorables para el establecimiento y desarrollo de las comunidades bénticas dadas las características de aguas limpias, de poca profundidad, buena corriente y fondo cubierto en su mayor parte por piedras, pedazos de troncos y hojas en descomposición que permiten un hábitat apropiado para los organismos estudiados.

Arias y García, 1993, encontraron que las muestras de macroinvertebrados acuáticos recolectados a lo largo del río Espejo exhibía una notable pobreza de estos organismos de los cuales solo se obtuvieron seis poblaciones, predominando la clase Hirudínea con 39.3%.

Castañeda y Fonseca, 2000, diagnosticaron el estado de contaminación de la quebrada la Calzada del Municipio de Salento mediante indicadores biológicos

como los macroinvertebrados bentónicos; aplicando los índices de diversidad, de dominancia, de riqueza ecológica y de similitud y correlacionados dichos índices con los parámetros físico – químicos.

Arias y Osorio, 2001, utilizaron macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad del agua de la cuenca media del Río Quindío, encontrando un total de 5.720 individuos distribuidos en 14 órdenes, 34 familias, 43 géneros y 3 especímenes determinados a familia. A su vez con los índices de diversidad, demostraron que la cuenca presentaba aguas medianamente contaminadas que se encuentran en proceso de recuperación.

Londoño *et al*, 2001, evaluaron la calidad ambiental de la parte alta del Río Roble mediante indicadores biológicos (macroinvertebrados acuáticos) hallando un total de 243 organismos distribuidos en 11 órdenes, 18 familias y 21 géneros. También realizaron análisis físico – químicos, microbiológicos y análisis de plaguicidas, encontrando en general términos normales, aunque se encontró inicios de contaminación por vertimientos de tipo doméstico, además la presencia del plaguicida thiodan (endosulfan).

Bohórquez (2002), Castillo *et al*, (2002) realizan estudios de calidad de aguas con macroinvertebrados acuáticos utilizando el índice BMWP' para la parte alta del río Bojacá (Cundinamarca) y el río Pasto (Nariño); estableciendo que se encuentran en aguas oligotróficas y politrólicas.

Osorio y Betancur, 2002, diagnosticaron el estado de contaminación de la cuenca baja del Río Quindío mediante indicadores biológicos encontrando un total de 9.397 individuos distribuidos en: 4 phyla, 5 clases, 12 órdenes, 36 familias y 51 géneros. Además con los índices de diversidad demostraron que la cuenca presenta aguas levemente contaminadas y que se presenta una zona de

autodepuración, la cual demuestra que el río en su recorrido logra una recuperación, gracias a las condiciones de topografía pendiente y de la velocidad de la corriente.

Rincón M, 2002, registró la composición genérica y la distribución espacial de la comunidad de insectos acuáticos presente en la quebrada Mamarramos (Arcabuco- Boyacá), encontrando 5 órdenes, 31 familias y 56 géneros. Los géneros más importantes son *Leptohyphes* (Ephemeroptera), *Helicopsyche*, *Contulma*, *Ochrotrichia* *Grumichella*, *Marilia* (Trichóptera), *Simulium*, *Maruina* y las subfamilias *Orthoclaadiinae* y *Chironominae* (Diptera). Las aguas de este sistema acuático poseen niveles máximos de saturación de oxígeno, bajo contenido de materia orgánica y baja conductividad.

Para el río Roble, Departamento del Quindío se reportan dos trabajos, (Aldana. Arredondo y López, 1993) y (Londoño *et al* 2001), estos serán empleados para realizar comparaciones históricas, sobre la diversidad del cuerpo de agua.

4. METODOLOGÍA

4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El trabajo se desarrollo en el Río Roble, el cual se encuentra al noroeste del Departamento del Quindío a 4° 41'- 4° 33' latitud norte y 75° 26'- 75° 22' longitud oeste. Nace a 2.100 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar) y desemboca en el Río la Vieja a 900 m.s.n.m. al oeste del Departamento. El área de la Cuenca del Río Roble es 134.46 Km² y el perímetro 77.58 Km (*Lozano, et al, 2002*). Posee una longitud de 39.45 Km y el área de la microcuenca es de 121.62 Km² (*Vargas, 1996*); recorre los Municipios de Circasia, Montenegro y parte de Quimbaya. Cuenta con la confluencia de algunas quebradas como Membrillal, Portachuelo, San José, La Siria, La Cristalina, Santa Helena y La Española (*Aldana, Arredondo Y López, 1993*).

RELIEVE

Las pendientes encontradas en el área de estudio en la zona alta son fuertes y forman un gran cañón que a medida que el Río se acerca a su desembocadura se va haciendo más amplio y suaviza las pendientes hasta la entrega de las aguas al Río la vieja (2100 – 900 m.s.n.m.).

CLIMA

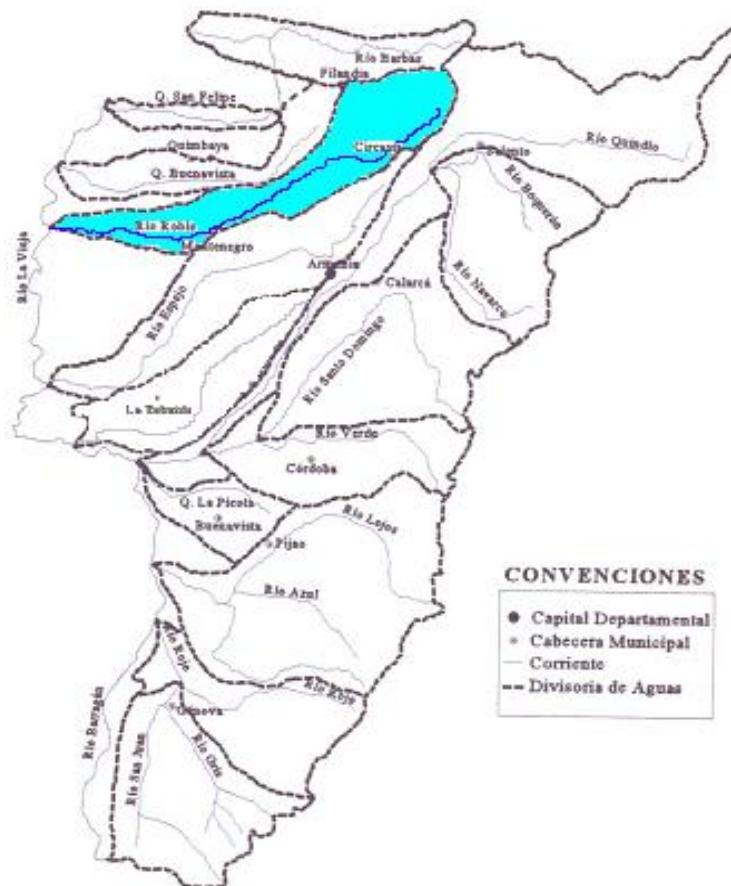
El régimen de lluvias en el Departamento del Quindío es bimodal: se presentan dos épocas de abundantes lluvias (invierno) y dos más de menores precipitaciones (*Lozano et al 2002*). El área de estudio se localiza en la zona III (clasificaciones climáticas realizadas por Cenicafé) con las siguientes características: pendientes entre 995 y 1620 metros de altitud con una precipitación próxima a los 2000 mm, una temperatura que oscila entre 21 y 22 grados centígrados con humedad relativa del 78% (*Londoño, et al, 2001*).

TIPO Y USO DEL SUELO

Los suelos son derivados de cenizas volcánicas (Londoño, et al, 2001).

El uso predominante en la zona es el cultivo del café, plátano y yuca. Existe en la zona grandes zonas dedicadas a la ganadería (Lozano, et al, 2002). En las estaciones I (Bocatoma Circasia), II (Cañón Aguadeños), predominan los cultivos de plátano y yuca. El cultivo del café y la ganadería son característicos de la estación III (Bocatoma Montenegro) y la estación VI (La Española) es una zona dedicada a la ganadería.

UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO



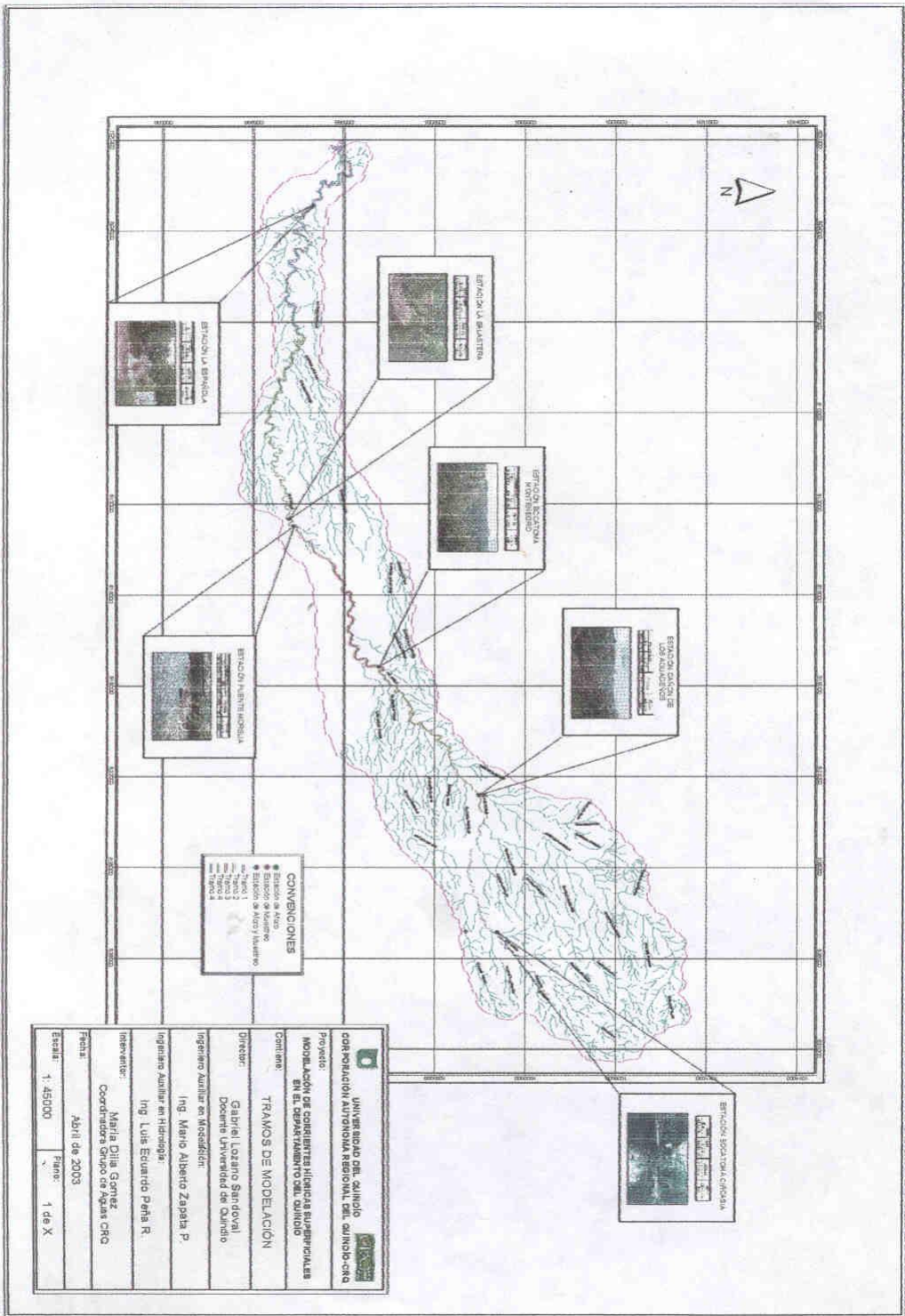
4.2 ESTACIONES DE MUESTREO

Las seis estaciones de muestreo fueron determinadas por el grupo de investigación de Ingeniería civil CEIFI, quienes realizaron la oferta - demanda hídrica y caracterización físico - química de esta corriente (hacen parte del Macroproyecto "Modelación de corrientes hídricas superficiales en el Departamento del Quindío).

Estas estaciones se seleccionaron por parámetros topográficos y por la presencia de plantas de tratamiento de aguas. Las coordenadas geográficas para cada estación de muestreo fueron tomadas por medio de un GPS marca Magellan.

4.2.1 ESTACIÓN N° 1: BOCATOMA DE CIRCASIA, ubicada a 1.620 m.s.n.m. a 4° 38' 7" LN y 75° 38' 19" LW. Es un sector caracterizado por vegetación espesa, árboles, arbustos, hierbas. Se encuentra apartado de la ciudad y al lado de una carretera veredal, por tanto es visitado por algunas personas para recrearse. Pertenece a la vereda La Concha.

4.2.2 ESTACIÓN N° 2: CAÑÓN DE LOS AGUADEÑOS, ubicado a 1.430 m.s.n.m. a 4° 37' 43" LN y 75° 40' 45" LW. Es una zona de acceso relativamente fácil, muy alejado de la ciudad. Esta ubicada en la vereda conocida con este mismo nombre, sobre la vía de herradura que antiguamente comunicaba los municipios de Circasia y Filandia. Aquí se encuentra el puente de esta vía que cruza el río Roble, el cual actualmente se encuentra en desuso por un gran daño en su estructura superior lo que imposibilita el tránsito por allí, por tanto la presencia de personas es mínima, solo existe una finca cercana al río, que representaría la intervención antrópica del sector. La velocidad de la corriente en este punto es lenta y se incrementa a medida que la pendiente aumenta. Se encontró la presencia de hierbas, árboles, y arbustos en las laderas del río.



CONVENCIONES

- Eje 1
- Eje 2
- Eje 3
- Eje 4
- Eje 5
- Eje 6

UNIVERSIDAD DEL QUINCE
GOBIERNO AUTONOMO REGIONAL DEL QUINCE

Proyecto: MODELACION DE CONSERVACION HIDRICA SUSCEPTIBLE EN EL DRENAJAMIENTO DEL QUINCE

Tramite: TRAMOS DE MODELACION

Director: Gabriel Lozano Sandoval
Decente Universidad de Quindío

Ingeniero Auxiliar en Modelacion:
Ing. Mario Alberto Zapata P.

Ingeniero Auxiliar en Hidrologia:
Ing. Luis Eduardo Peña R.

Interventor: Maria Dilia Gomez
Coordinadora Grupo de Aguas CHO

Fecha: Abril de 2003

Escala: 1:45000 **Plano:** 1 de X

4.2.3 ESTACIÓN N° 3: BOCATOMA MONTENEGRO, ubicada a 1.300 m.s.n.m. a 4° 35' 55" LN y 75° 43' 01" LW. Se encuentra en jurisdicción de La vereda La Siria, Municipio de Circasia. El acceso a la zona es difícil, se debe caminar 20 minutos por una pendiente hasta llegar al "bosque", donde encontramos hierbas, árboles, arbustos y una alta presencia de guadua. En esta estación hay presencia de actividad ganadera.

4.2.4 ESTACIÓN N° 4: PUENTE MORELIA, ubicado a 1.222 m.s.n.m. a 4° 34' 28" LN y 75° 45' 04" LW. Su ubicación corresponde al municipio de Montenegro con La vereda Morelia Alta, el acceso a la zona es bastante fácil. Presenta una alta intervención antrópica, puesto que en el borde del río hay presencia de viviendas y el vertimiento de aguas residuales va directo al río; además de ser una zona de extracción de material de río.

4.2.5 ESTACIÓN N° 5: LA BALASTRERA, ubicada a 1.210 m.s.n.m. a 4° 34' 18" LN y 75° 45' 41" LW. Se encuentra en la vía que comunica Montenegro con Quimbaya (a la salida de Montenegro). A la zona llegan aguas residuales de puente Morelia y las servidas en este sector, que presenta viviendas en el borde del río, donde las personas utilizan el río para arrojar sus desechos orgánicos, lavar sus ropas, el aseo personal y la recreación. Por lo tanto la contaminación es visible, con materiales como bolsas, ropa, tarros, entre otros artículos de residuos domésticos. Aquí hay una fuerte extracción de material de río. La vegetación es relativamente escasa, con presencia de algunos árboles, arbustos y algunas hierbas, al igual la presencia de aves carroñeras, como es el caso de gallinazos.

4.2.6 ESTACIÓN N° 6: LA ESPAÑOLA, ubicada a 995 m.s.n.m. a 4° 34' 46" LN y 75° 51' 13" LW. El sector es bastante alejado de la vía principal (Montenegro – Quimbaya); de la intersección hasta la estación hay aproximadamente 30 minutos en carro; se encuentra ubicada en la hacienda La Española en jurisdicción del

municipio de Quimbaya. De fácil acceso, hay presencia de ganado durante el recorrido hasta llegar a la estación. La vegetación de la zona es abundante, caracterizada por árboles y arbustos.

4.3 TRABAJO DE CAMPO

4.3.1 FRECUENCIA DE MUESTREO

Se efectuó en cada estación, dos repeticiones por mes (cada 15 días) en las horas de la mañana, ya que en esta parte del día es donde se presenta una mayor actividad de la comunidad (*Viña, V.G: Ramírez, G.A 1998*). Los muestreos se realizaron durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo de 2003.

4.3.2 TÉCNICAS DE MUESTREO

En cada estación de muestreo se determinó una longitud de 100 m, donde se escogieron tres puntos en forma ascendente, en los cuales se colectó el material biológico (macroinvertebrados acuáticos) a distancias de 0, 50 y 100 m, en sustratos como piedra, hojarasca, troncos, plantas acuáticas, lodo, entre otras (*Viña, V.G: Ramírez, G.A 1998*).

El material colectado se fijó en alcohol al 70% en recipientes plásticos previamente rotulados, que fueron transportados al laboratorio de Aguas de la U. Q.

El material utilizado para el muestreo fue:

- ❖ Pinzas Metálicas: con estas se colectaban los macroinvertebrados para evitar dañarlos.
- ❖ Cernidores: utilizados para lograr un mayor muestreo de las áreas y una mejor muestra de organismos.

- ❖ Bandejas plásticas: lugar donde se depositaba la hojarasca y el material flotante (troncos, pedazos de tela, etc), para evitar que algunos macroinvertebrados se escaparan y se pudieran visualizar mejor.
- ❖ Frascos Plásticos: se utilizaron frascos transparentes de fotografía, en los cuales se depositaron los macroinvertebrados, para ser transportados al laboratorio.
- ❖ Alcohol al 70%.
- ❖ Rótulos: estos llevan escrito: lugar, fecha, sustrato y colectores.

Las observaciones de la colección se registraron en una tabla de datos. (Anexos, tabla 1).

4.4 TRABAJO DE LABORATORIO

Se determinaron taxonómicamente cada una de las muestras colectadas, se llevaron a nivel de género para facilitar el manejo de los índices, con la ayuda de estereoscopios (Carl Zeiss Jena); claves taxonómicas y figuras: *Pennak, 1978; Cummins and Merrit, 1979; Macan, 1975; Roldán, 1989, 1992; González, 1993 y Rojas et al, 1993.*

Al clasificar los macroinvertebrados acuáticos, fueron almacenados en frascos de vidrio con alcohol al 70% y debidamente rotulados; los cuales fueron dejados en el Museo de Artrópodos de la Universidad del Quindío.

Para complementar el análisis de los resultados biológicos se realizaron inferencias de los trabajos realizados en el río Roble (*Aldana, Arredondo y López, 1993*) y (*Londoño et al 2001*). También se analizaron algunos parámetros físico – químicos como:

- Temperatura del agua (termómetro marca **SILBER BRAND**).
- Oxígeno Disuelto (OD) (Método Winkler)
- Sólidos Totales (ST), Sólidos Suspendidos (SS), Sólidos Disueltos (SD) (Métodos de Mofla de secado a 105° C).

Los muestreos físico – químicos fueron realizados por Ingenieros civiles vinculados al macroproyecto **“Modelación de corrientes hídricas superficiales en el Departamento del Quindío”**; convenio interadministrativo N° 004 de 2002 entre la CRQ y la Universidad del Quindío.

4.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para establecer la diversidad en la comunidad de macroinvertebrados, se calcularon los índices, empleando las siguientes fórmulas (*Odum, 1971*):

Índice de Diversidad de (Shannon – Wiener, 1949)

$$H' = -\sum ni / N \log 2 ni / N$$

H' = Diversidad (Bits / individuos).

ni = Número de individuos por género.

N = Número total de individuos de la población de una estación de muestreo.

Los rangos van de 0 a 5. Donde 0 corresponde a zonas sin diversidad, 3 moderadamente diversos y 5 muy diversos.

Índice de Riqueza de Margalef

$$DMg = (S-1)/\ln N$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

Índice de Dominancia o Predominio ecológico (C) - (Simpson, 1949)

$$C = \sum_{i=1}^S (n_i / N)^2$$

n_i = Número de individuos por género.

N = Número total de individuos de la población de una estación de muestreo.

S = Número de géneros.

Índice de Similitud de Jaccard

Para comparar la diversidad de la estación Cañón Aguadeños entre los años 1993, 2001 y 2003 se empleo este índice:

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

a = número de especies presentes en el sitio a.

b = número de especies presentes en el sitio b.

c = número de especies presentes en ambos sitios a y b.

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1, cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.

4.5.1 Análisis Bioestadísticos

Para comparar la diversidad obtenida según el índice de diversidad de Shannon – Wiener entre las seis estaciones de muestreo durante los meses de febrero a mayo de 2003, se realizó un análisis de varianza ANOVA (análisis de bloques al azar). (*Daniels, 1991*).

5. RESULTADOS

5.1 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS.

En las seis estaciones de muestreo se colectaron un total de 2153 individuos, que se agruparon en: 4 phyla, 5 clases, 13 órdenes, 27 familias y 35 géneros (3 sin determinar), estos se encontraron distribuidos de la siguiente manera:

5.1.1 ESTACIÓN N° 1:

El género más representativo de esta estación fue *Smicridea sp* de la familia Hydropsychidae con 32,63%, seguido por *Anchytarsus sp* de la familia Ptilodactylidae con 15,09% y los menos representativos, *Corydalus sp* de la familia Corydalidae, *Atopsyche sp* de la familia Hydrobiosidae, *Hemerodromia sp* de la familia Empididae, *Baetis sp* de la familia Baetidae y *Phyllogomphoides sp* de la familia Gomphidae con un 0,35% siendo estos los más bajos de todos. (Tabla 2). Se encontraron un total de 285 individuos, 15 familias y 22 géneros.

5.1.2 ESTACIÓN N° 2:

Los géneros más representativos de esta estación fueron *Brechmorhoga sp* con 27,03%, *Dythemis sp* con 26,05% y *Smicridea sp* con 18,57% y los menos representativos *Macrothemis sp*, *Heterelmis sp*, *Cylloepus sp*, *Simulium sp*, *Hemerodromia sp*, *Anacroneuria sp*, *Parargyractis sp* y *Physa sp* todos con 0,33%. (Tabla 2). En total se encontraron 307 individuos, 16 familias y 22 géneros.

5.1.3 ESTACIÓN N° 3:

Se colectaron 207 individuos distribuidos en 10 familias y 13 géneros (Tabla 2). Los géneros reportados con mayor porcentaje fueron *Smicridea sp* con 31,89%, *Brechmorhoga sp* con 17,39%, *Leptohypes sp* con 10,63% y los de menor porcentaje *Hemerodromia sp* y *Anacroneuria sp* con 0,48%.

Tabla 1. Número de individuos por género colectados en las seis estaciones de muestreo en el río Roble durante los meses de Febrero a Mayo de 2003.

Clase	Orden	Familia	Estaciones						Total	
			Género	I	II	III	IV	V		VI
Insecta	Odonata	Libellulidae	Macrothemis sp		1					1
			Dythemis sp	22	80	12		4	4	122
			Brechmorhoga sp	14	83	36	6	12	3	154
		Calopterygidae	Hetaerina sp		2		2		2	6
		Gomphidae	Phyllogomphoides sp	1	10					11
	Hemiptera	Naucoridae	Limnocris sp	5	24	8		112		149
			Cryphocricos sp	2	4	33	1	5	1	46
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Thraulodes sp	11			43	45	164	263
			Baetidae	Baetodes sp	3			7	24	2
			Baetis sp	1	3		11			15
			Dactylobaetis sp			2	9		13	24
		Tricorythidae	Leptohypes sp	8		22	20	58	1	109
	Coleóptera	Ptilodactylidae	Anchytarsus sp	43	9	2	2	4	11	71
		Elmidae	Macrelmis sp	17	3	2				22
			Heterelmis sp	10	1				8	19
			Cylloepus sp	15	1	6	4	6	6	38
		Psephenidae	Psephenops sp	13	5	16		4	45	83
	Lampyridae	Sin determinar sp1				1		1	2	
	Diptera	Tipulidae	Tipula sp	2				2		4
		Chironomidae	Sin determinar sp1		12				38	50
		Simuliidae	Simulium sp	18	1		17	46	11	93
		Empididae	Hemerodromia sp	1	1	1				3
	Trichóptera	Helicopsychidae	Helicopsyche sp					3		3
		Hydropsychidae	Smicridea sp	93	57	66	172	168	78	634
			Leptonema	3	3			85		91
		Odontoceridae	Marilia sp						1	1
		Hydrobiosidae	Atopsyche sp	1						1
	Plecóptera	Perlidae	Anacroneuria sp		1	1		6	13	21
	Neuróptera	Corydalidae	Corydalus sp	1	4				26	31
	Lepidóptera	Pyrilidae	Parargyractis sp	1	1				2	4
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae					2	3	5
	Naididae		pristina sp					2	2	
Turbellaria	Tricladida	Planariidae				2		2	4	
Hirudinea	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae				23			23	
Gastropoda	Basommatophora	Physidae		1		1	10		12	
TOTAL			285	307	207	321	596	437	2153	

5.1.4 ESTACIÓN N° 4:

El género *Smicridea sp* de la familia Hydropsychidae presento el porcentaje más alto (53,58%) y los géneros *Cryphocricos sp* de la familia Naucoridae, *Physa sp* de la familia Physidae y la familia Planariidae con un género sin determinar sp, presentan un porcentaje de 0,31%. (Tabla 2) Para un total de 321 individuos, 14 familias y 16 géneros.

5.1.5 ESTACIÓN N° 5:

El mayor porcentaje lo registró el género *Smicridea sp* de la familia Hydropsychidae con 28,18%, seguida de *Limnocoris sp* de la familia Naucoridae con 18,79% (Tabla 2) y el menor porcentaje los géneros *Tipula sp* de la familia Tipulidae y *Tubifex sp* de la familia Tubificidae con 0,33%, para un total de 596 individuos, 15 familias y 18 géneros.

5.1.6 ESTACIÓN N° 6:

Se colectaron 437 individuos representados en 20 familias y 23 géneros siendo el más representativo *Thraulodes sp* de la familia Leptophlebiidae con 37,50%, seguida por *Smicridea sp* de la familia Hydropsychidae con 17,80% y *Psephenops sp* de la familia Psephenidae con 10,29% y los menos representativos *Cryphocricos sp* de la familia Naucoridae, *Leptohypes sp* de la familia Tricorythidae, *Marilia sp* de la familia Odontoceridae, de la familia Lampyridae un género sin determinar, todos con 0,22%. (Tabla 2).

Los géneros reportados para todas las estaciones del Río Roble fueron:

- El género *Brechmorhoga sp*, el cual registro el mayor porcentaje en la estación II (Cañón Aguadeños) con 27,03% (Tabla 2).

- En la estación III (Bocatoma Montenegro) se presentó el género *Cryphocricos sp* con 15,94%, se colectaron 46 individuos por todas las estaciones.
- *Anchytarsus sp* con 71 individuos, presentó el mayor porcentaje en la estación I (Bocatoma Circasia) con 15,09%.
- El género *Cylloepus sp* presentó el porcentaje más alto en la estación I (Bocatoma Circasia) con 5,26% para un total de 38 individuos para todas las estaciones.
- El género *Smicridea sp* fue el más representativo de todas las estaciones, con 634 individuos (Tabla 1) y su mayor porcentaje se registró en la estación IV (Puente Morelia) con 53,58% (Tabla2).

Géneros reportados en algunas estaciones, con valores representativos en el número de individuos:

- El género *Thraulodes sp* presentó el porcentaje más alto en la estación VI (Puente Morelia) con 37,50% para un total de 263 individuos para 4 estaciones.
- El género *Limnocoris sp* con 149 individuos en 4 estaciones, presentó el porcentaje más alto en la estación V (La Balastrea) con 18,79%.
- El género *Dythemis sp* presentó el porcentaje más alto en la estación II (Cañón Aguadeños) con 26,05% para un total de 122 individuos en 5 estaciones.
- El género *Leptohypes sp* registró el porcentaje más alto en la estación III (Bocatoma montenegro) con 10,63% para un total de 109 individuos en 5 estaciones.

5.2 ÍNDICES ECOLÓGICOS

La estación I (Bocatoma Circasia) presenta el valor más alto en el índice de diversidad de Margalef con 3,715 y los valores más bajos la estación III (Bocatoma Montenegro) con 2,250. (Tabla 3).

El índice de Dominancia y Predominio Ecológico en la estación I (Bocatoma Circasia) presentó el valor mas alto con 0,849 y el más bajo en la estación IV (Puente Morelia) con 0,682. (Tabla 3).

Tabla 3. Índices ecológicos aplicados a los macroinvertebrados acuáticos colectados en seis estaciones de muestreo del Río Roble, entre los meses de febrero y mayo de 2003.

Estaciones \ Índices	Índice de riqueza de Margalef	Índice de Dominancia o Predominio Ecológico (Simpson)
I	3.715	0.849
II	3.667	0.817
III	2.250	0.823
IV	2.599	0.682
V	2.660	0.842
VI	3.618	0.804

5.3 ANÁLISIS BIOESTADÍSTICO

El análisis de varianza indicó que si existen diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones muestreadas en cuanto a la diversidad biológica. Esto quiere decir que al menos una estación tiene una diversidad diferente a la de las otras estaciones. (Tabla 6).

Para establecer en que estaciones la diversidad es diferente se realizo la prueba de Tukey, la cual demostró que las estaciones III (Bocatoma Montenegro) y IV

(Puente Morelia) difieren significativamente de las demás estaciones y tienen las diversidades más bajas (2.67 y 2.21 respectivamente).

Tabla 6. Análisis de varianza para comparar la diversidad medida según el índice de Shannon – Wiener entre las seis estaciones de muestreo durante los meses de febrero a mayo de 2003.

STATISTIX 7.0					
ANÁLISIS OF VARIANCE TABLE FOR DIVERSIDA					
SOURCE	DF	SS	MS	F	P
-----	-----	-----	-----	-----	-----
ESTACIONE (A)	5	1.78635	0.35727	5.42**	0.0048
MESES (B)	3	1.85656	0.61885		
A*B	15	0.98960	0.06597		
-----	-----	-----			
TOTAL	23	4.63251			
F _{calculado} (0.95, 5, 15) = 2.90					
STATISTIX 7.0					
TUKEY (HSD) COMPARISON OF MEANS OF DIVERSA BY ESTACIONE					
ESTACIONE	MEAN	HOMOGENEOUS GROUP			
-----	-----	-----			
1	3.0582	I			
5	2.9763	I			
6	2.8430	I			
2	2.8209	I			
3	2.6733	II			
4	2.2188	..I			
CRITICAL Q VALUE 4.595 REJECTION LEVEL 0.050					
CRITICAL VALUE FOR COMPARISON 0.5901					
STANDARD ERROR FOR COMPARISON 0.1816					
ERROR TERM USED: ESTACIONE*MESES, 15DF					

5.4 PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS

5.4.1 TEMPERATURA

Temperatura del agua: la estación La Española presentó la temperatura promedio más alta con 25° C y la más baja Bocatoma Circasia con 17° C (Tabla 4).

5.4.2 OXÍGENO DISUELTO

En la estación Bocatoma Montenegro se presentó el Oxígeno Disuelto más alto con un valor de 9.6 mg/l y la estación La Balastrea el valor más bajo con 7.1 mg/l (Tabla 4).

5.4.3 SÓLIDOS

Sólidos Totales: el promedio mayor fue registrado en la estación La Balastrea con un valor de 124 mg/l y en la estación Bocatoma Circasia el menor con un valor de 32 mg/l.

Sólidos Suspendidos: en la estación Bocatoma Montenegro se reportó el valor más alto (27 mg/l), mientras en la estación Bocatoma Circasia el menor con un valor de 6 mg/l.

Sólidos Disueltos: el valor más alto se registró en la estación La Balastrea con 104 mg/l y el valor más bajo en la estación Bocatoma Montenegro con 22 mg/l.

Tabla 4. Valores promedio de parámetros físico – químicos de muestreos puntuales a lo largo del río Roble, realizados entre los meses de febrero y mayo de 2003.

Estación \ Parámetro	Temperatura °C	Oxígeno Disuelto (mg/l O ₂)	Sólidos Totales	Sólidos Suspendidos	Sólidos Disueltos
Bocatoma Circasia	17	9.1	32	6	26
Cañón de los Aguadeños	18	9.1	102	8	94
Bocatoma Montenegro	18.5	9.6	49	27	22
Puente Morelia	19.3	8.5	87	24	64
La Balastrea	20	7.1	124	20	104
La Española	25	9.3	71	13	58

6. DISCUSIÓN

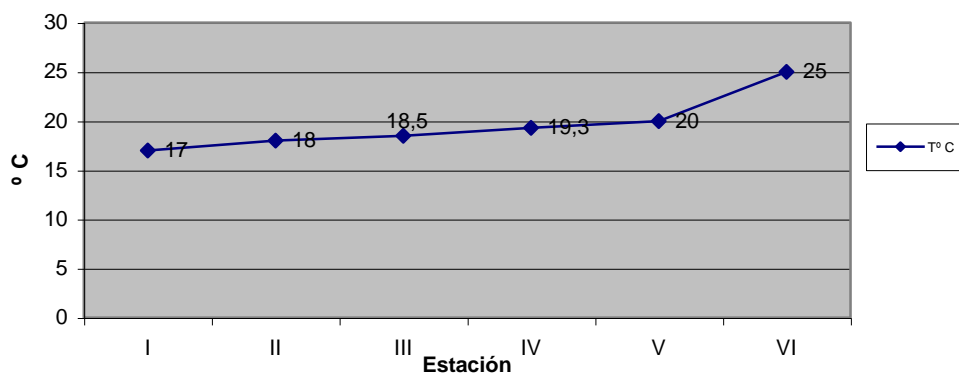
6.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS.

La inconsistencia en los datos Físico – Químicos no permitió que fueran reportados en el presente trabajo. Solo se reportan los que fueron más confiables y por consiguiente se harán inferencias de otros trabajos realizados en el Río Roble (*Aldana, Arredondo y López, 1993; Londoño et al, 2001*).

La Temperatura del Agua (T°) (Gráfico 1), en las seis estaciones estudiadas se registran cambios graduales (en aumento) propios de la altitud sobre el nivel del mar. Este comportamiento ascendente es propio de los ríos de montaña por los cambios en la altitud, la temperatura y los cambios de movimiento al interior de la corriente (*Lozano et al, 2002*). La temperatura del agua corresponde a un parámetro de gran importancia en el estudio de las comunidades bénticas ya que tienen gran influencia en la distribución de los organismos en el medio acuático (*Escobar, 1989*).

En la estación I (Bocatoma Circasia) se registró la temperatura más baja; es una zona muy montañosa y presenta bastante vegetación, lo cual permite que se de un microclima estable, y una buena regulación climática en el ambiente, por la concentración del vapor de agua el cual retiene el mayor porcentaje ya que la radiación solar penetra con dificultad (*Uribe 1981 y Roldán 1992*). Éste parámetro no es un factor decisivo que marque fuertes cambios estacionales en los ecosistemas acuáticos tropicales (*Roldán, 1980, 1985; Viña y Ramírez, 1998*).

Gráfico 1. Temperatura promedio del agua en las seis estaciones de muestreo del río Roble, durante los meses de febrero y mayo de 2003.



La estación VI (La Española) presenta la temperatura más alta; debida a la altitud sobre el nivel del mar, a la topografía y a la distribución de la vegetación que permite que los rayos solares penetren sin dificultad.

Los valores para el (OD) (Gráfico 2), fueron altos y constantes en la mayoría de las estaciones (I, II, III, VI), por ser zonas con poca perturbación y por ende aguas relativamente limpias. En las estaciones IV- V los valores son mas bajos por la presencia de residuos orgánicos y domésticos que generan los habitantes de las zonas. Al permanecer los valores de Oxígeno Disuelto constantes en el recorrido puede decirse que el río Roble presenta una adecuada capacidad de auto depuración (Lozano et al, 2002).

Todos los sólidos, tanto totales, suspendidos y disueltos (Gráfico 3) se incrementan en las estaciones II (Cañón Aguadeños) y IV (Puente Morelia), porque en estas zonas se presenta una constante extracción de material de río (piedra, arena). En la estación II este incremento se debe al arrastre de sedimentos producido por la presencia de lluvias en el mes de abril, además ayudado por el cambio en la topografía y la velocidad de la corriente. En las demás estaciones los valores bajan por la sedimentación de los materiales,

demostrando que la calidad de las aguas del río comienza a mejorar en cuanto a estos parámetros.

En 1993 (*Aldana, Arredondo y López*), encontraron que los organismos colectados son propios, en su mayoría, de aguas limpias, aspecto que concuerda con los resultados bioestadísticos y las características físico-químicas, las cuales se encuentran dentro del rango óptimo para el desarrollo de la biota.

Según *Londoño, et al, 2001*, de acuerdo con los análisis realizados, las condiciones del agua en las estaciones de monitoreo en la parte alta del río Roble en los aspectos físico – químicos, corresponden a aguas de buena calidad para el tipo de agua “cruda” no utilizada para consumo humano.

Gráfico 2. Oxígeno disuelto para las seis estaciones de muestreo del río Roble durante los meses de febrero y mayo de 2003.

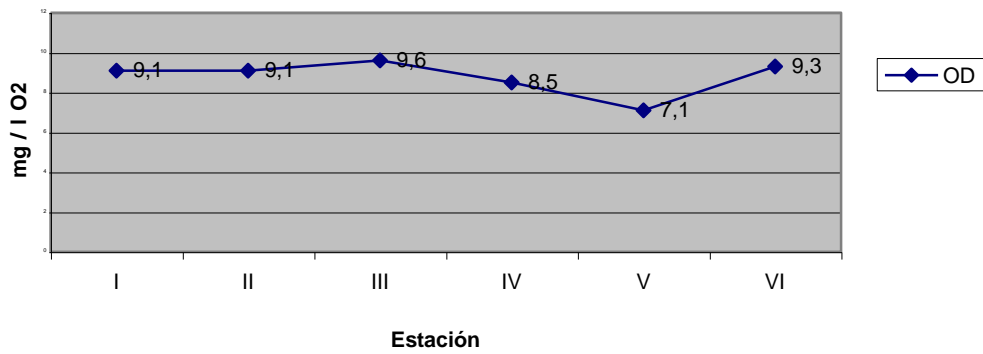
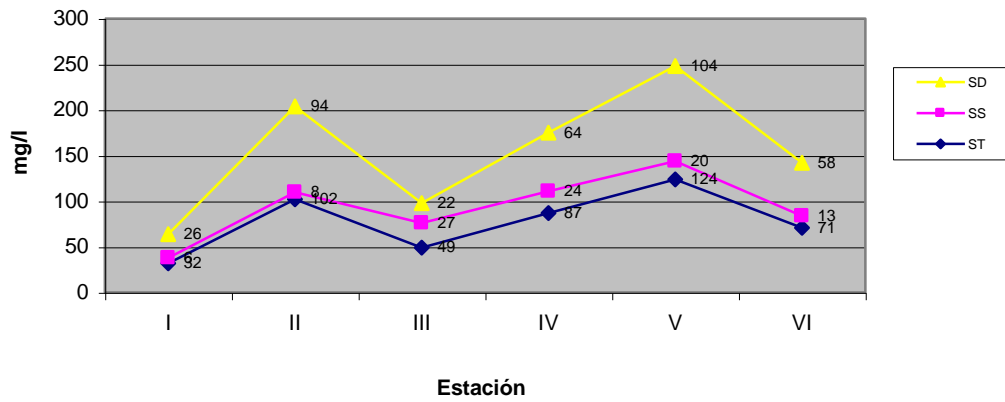


Gráfico 3. Sólidos para las seis estaciones de muestreo del río Roble durante los meses de febrero y mayo de 2003.



6.2 ASPECTOS BIOLÓGICOS

6.2.1 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS.

El género *Brechmoroga* sp, se presentó en todas las estaciones (Figura 9) con mayor abundancia en las estaciones II (Cañón de los Aguadeños) (Figura 4), III (Bocatoma Montenegro) (Figura 5), estas zonas se caracterizan por poseer aguas transparentes, con corrientes bajas y altas, fondos pedregosos. Estos individuos son característicos de remansos y aguas con corrientes muy limpias, con fondos de arena y grava (Roldán 1989).

Figura 9. Número de individuos del género Brechmoroga, colectados en las seis estaciones de muestreo en el río Roble, entre los meses de febrero y mayo de 2003.

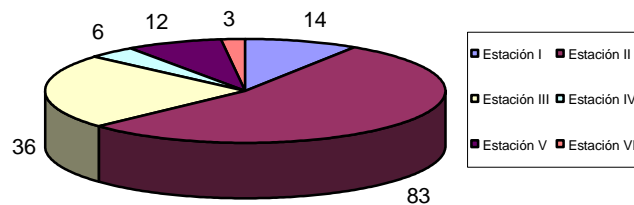


Figura 4. Porcentaje de individuos por género, colectados en el río Roble, estación Cañón Aguadeños durante los meses de febrero y mayo de 2003.

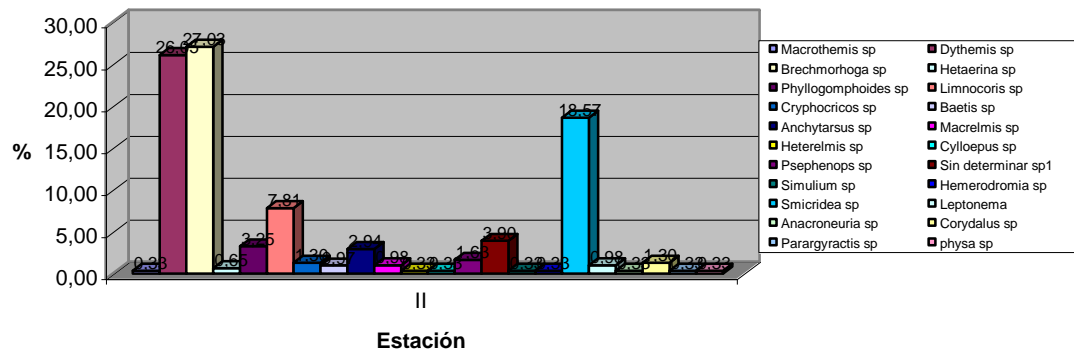
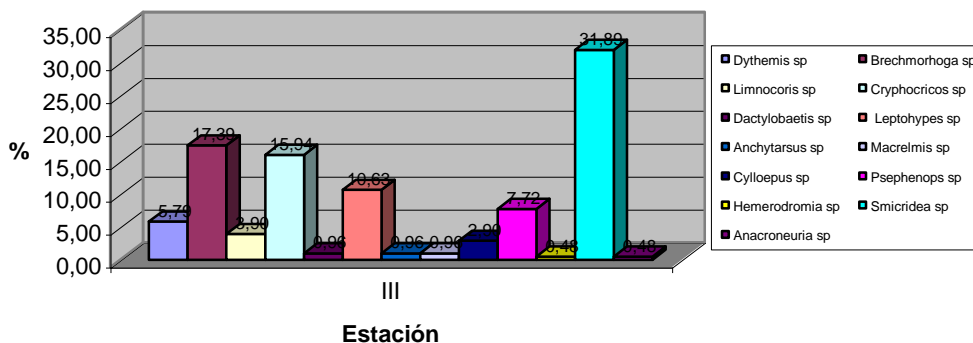
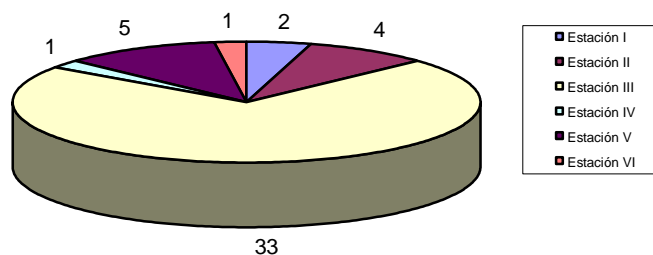


Figura 5. Porcentaje de individuos por género, colectados en el río Roble, estación Bocatoma Montenegro durante los meses de febrero y mayo de 2003.



El género *Cryphocricos sp* (Figura 10), registró el valor más alto en la estación III (Bocatoma Montenegro) (Figura 5), donde las condiciones son aptas para su desarrollo, por ser una zona de aguas poco profundas, de corriente baja, con buena disponibilidad de oxígeno, fondo pedregoso y lodoso, con presencia de hojas, troncos y piedra que sirven de refugio para estos individuos (Roldán 1992).

Figura 10. Número de individuos del género *Cryphocricos sp* colectados en las seis estaciones de muestreo del río Roble durante los meses de febrero y mayo de 2003.



El género *Anchyrtarsus sp* se presentó con mayor abundancia (Figura 11) en la estación I (Bocatoma Circasia) (Figura 3) por ser una zona de aguas someras, con presencia de hojarasca y plantas herbáceas en las laderas, con lechos rocosos y

pedregosos que ofrecen un hábitat apto para la permanencia de estos individuos (Roldán 1989 y 1992).

Figura 11. Número de individuos del género *Anchytarsus sp* colectados en las seis estaciones de muestreo del río Roble, entre los meses de febrero y mayo de 2003.

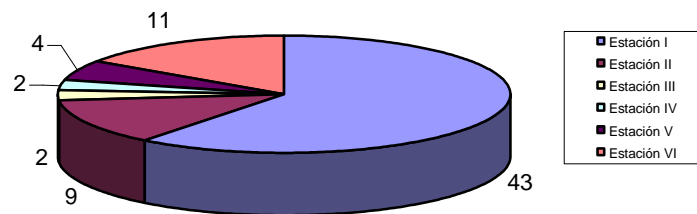
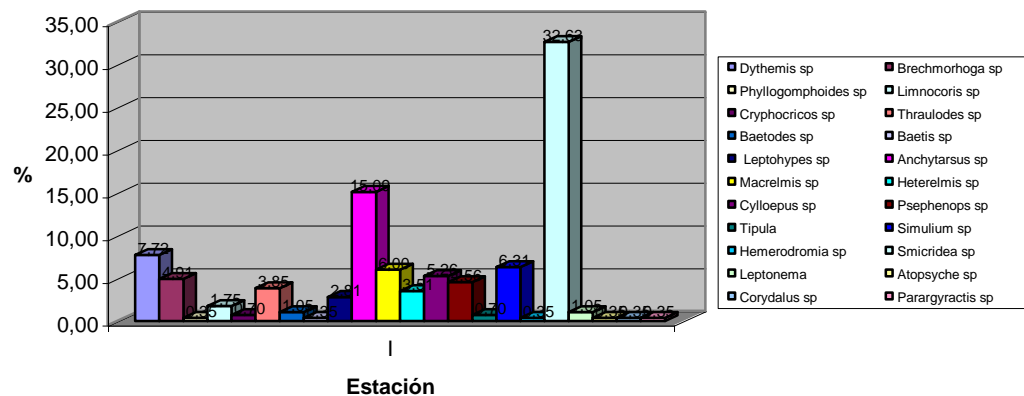


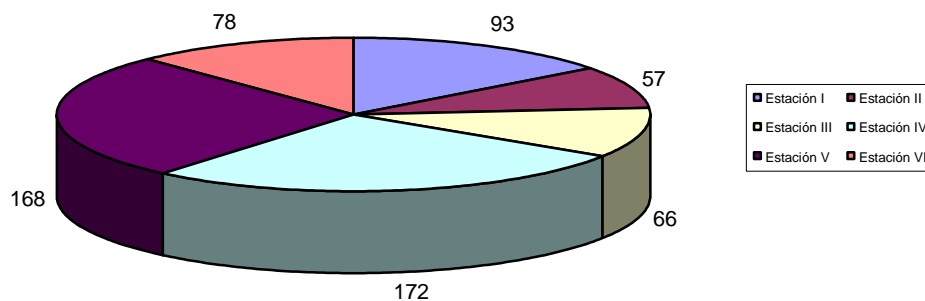
Figura 3. Porcentaje de individuos por género colectados en el río Roble, estación Bocatoma Circasia entre los meses de febrero y mayo de 2003.



En el Figura 13 se observa la abundancia del género *Smicridea sp* de la familia Hydropsychidae en todas las estaciones, comprobando que este género tiene un amplio rango de tolerancia a la contaminación (Roldán, 1988; Serrato et al, 1992; Zúñiga et al, 1993 y Behar et al, 1997), ya que sus diferentes hábitos alimenticios les permiten tener una buena competencia por la disponibilidad de nutrientes, su

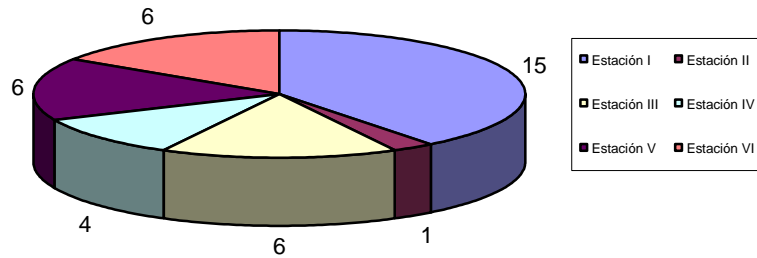
período de desarrollo es lento (uno a dos años), sus huevos protegidos por una masa gelatinosa hacen que estos perduren por más tiempo y así se pueda mantener un gran número de individuos; también ayudado por sus casas o refugios que son construidos con materiales presentes en cantidades suficientes, encontrados en el medio donde viven, lo cual los favorece de los cambios bruscos en su ambiente acuático, la consecución del alimento, regulación del oxígeno y la protección ante la presencia de depredadores (*Pennak, 1978; Gonzáles y García, 1995; Roldán, 1978*).

Figura 13. Número de individuos del género *Smicridea* sp colectados en las seis estaciones de muestreo del río Roble, entre los meses de febrero y mayo de 2003.



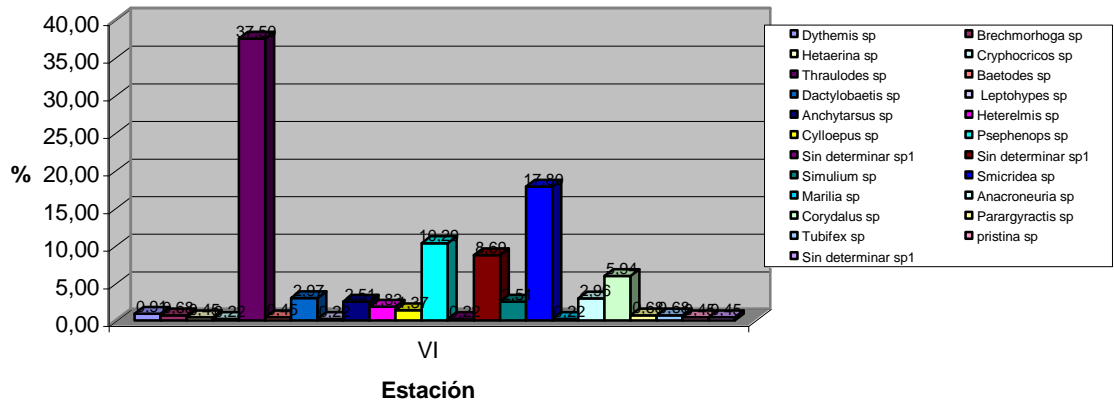
El género *Cylloepus* sp (Figura 12) se presentó con mayor abundancia en la estación I (Bocatoma Circasia) (Figura 3), estos individuos son característicos de aguas poco profundas, de corriente moderada, se adhieren a rocas, grava, troncos y hojas en descomposición, en materiales limosos y vegetación sumergida (*Roldán 1989*). Esto se debe a que la estación I presenta las características mencionadas anteriormente convirtiéndose en el hábitat adecuado para el desarrollo de los individuos de este género.

Figura 12. Número de individuos del género *Cyloepus* sp colectados en seis estaciones de muestreo del río Roble, entre los meses de febrero y mayo de 2003.



El género *Thraulodes* sp, se presentó con mayor abundancia en la estación VI (La Española) (Figura 8), estos individuos son característicos de aguas rápidas, se encuentran debajo de piedras, troncos y hojas y pueden encontrarse en aguas limpias o ligeramente contaminadas (*Pennak, 1978*). Esto se debe a que el Río Roble presenta trayectos de aguas limpias y trayectos aguas ligeramente contaminadas por vertimiento de aguas residuales domésticas, de actividades ganaderas y extracción de material de río. En esta estación los leves indicios de contaminación se deben a la actividad ganadera, la cual, influye directamente sobre el cuerpo de agua.

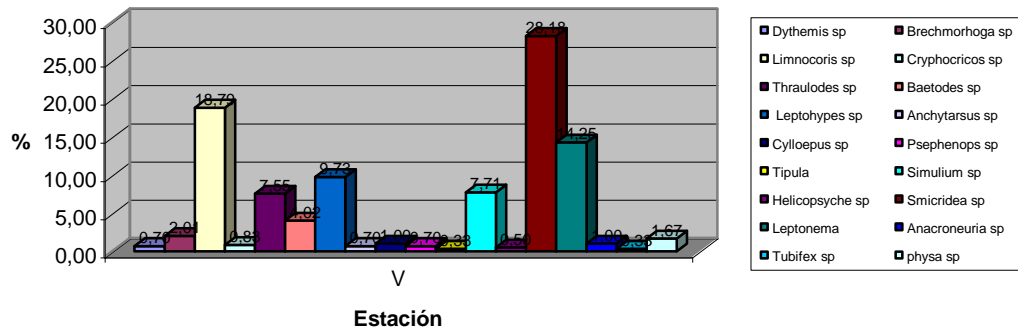
Figura 8. Porcentaje de individuos por género, colectados en el río Roble, estación La Española durante los meses de febrero y mayo de 2003.



El género *Limnocois sp* registró el valor más alto en la estación V (La Balastrea), estos individuos son característicos de aguas oligotróficas, habitan charcas y remansos de río, adheridos a troncos, ramas y piedras (Roldán, 1989), las condiciones del hábitat de esta estación son convenientes para que los individuos puedan estar presentes. Aunque en esta zona se observa vertimientos de residuos sólidos y extracción de material de río, no afecta la presencia de este género, porque presenta zonas profundas, rocosas y con corriente alta, lo que permite que el río se oxigene por el constante golpeteo contra el sustrato rocoso.

El género *Dythemis sp* presentó el valor más alto en la estación II (Cañón Aguadeños), esta estación se caracteriza por aguas claras, fondo pedregoso, arenoso y corrientes bajas (orillas) y altas (zona media). Estos individuos habitan en aguas corrientes, oligotróficas y se mimetizan con el fondo arenoso.

Figura 7. Porcentaje de individuos por género colectados en el río Roble, estación La Balastrea durante los meses de febrero y mayo de 2003.



La estación V (La Balastrea) (Figura 7) presentó el valor más alto para el género *Leptohypes sp*, estos individuos son característicos de aguas lentas ligeramente contaminadas, se encuentran en remansos, debajo de rocas, hojas y vegetales. (Roldán, 1988). Esto se atribuye a que en esta zona el Río muestra un leve grado de contaminación por vertimiento de aguas residuales domésticas y por extracción de material de río.

Al aplicar el índice de similitud de Jaccard se encontró en la estación Cañón de los Aguadeños que entre los años 1993 - 2003, el 28% y entre el 2001 – 2003, el 38,8% de las familias presentes son las mismas.

Que el porcentaje de las familias no sea alto, se debe al cambio existente en el tiempo, en cuanto a factores como el clima que es determinante para el desarrollo y sostenimiento de los individuos existentes en un cuerpo de agua, por esta razón algunas familias se mantienen y otras no. En el año 1993 la temporada de lluvia se presentó en los meses de enero, marzo y mayo con mayor magnitud y la temporada de sequía se registró en los meses de junio y julio (Cenicafé, 1993).

Para el año 2001 se presentó la temporada de lluvia en los meses de marzo, octubre noviembre y diciembre y la temporadas de sequía en los meses de enero, julio y agosto (*Cenicafé, 2001*).

Debido a que los ecosistemas acuáticos enfrentan las temporadas de lluvia y sequía que impiden que los ecosistemas sean estables y permanentes, de este modo, se mantienen en constantes procesos de sucesión con proliferación de especies generalistas cada vez que se suceden cambios ambientales. (*González y Vizcaíno, 1998*). Por esta razón, es que las familias que se han adaptado a amplios rangos ambientales, además de ser capaces de obtener su alimento de fuentes muy diversas se mantienen en el tiempo.

En cuanto a la intervención antrópica, se ha presentado una disminución, ya que la zona no es transitable, no hay presencia de vehículos y personas que puedan contaminar la zona. Además, aunque la actividad cafetera todavía existe, ya no se da en proporciones abundantes, por consiguiente los vertimientos de estos residuos se dan en cantidades mínimas, y el efecto sobre el cuerpo de agua no limita la supervivencia y aparición de algunos individuos.

6.3 ÍNDICES ECOLÓGICOS

Los valores altos en el Predominio Ecológico dado en todas las estaciones se debe a el dominio de algunos géneros como (*Smicridea sp, Thraulodes sp, Leptohypes sp*) que son tolerantes a cambios en la calidad de las aguas, debido a que utilizan mecanismos de adaptación al medio en cuanto a alimento, reproducción y morfología (*Roldán, 1988; Pennak, 1978*).

En la estación IV, el número de géneros es menor y solo predomina el género, *Smicridea sp*. Estos individuos presentan una de las características más llamativas

y es la capacidad de construir “casas” o “refugios” de formas variadas, a partir de residuos vegetales, gránulos de arena o piedrecillas. Estos refugios pueden ser fijos o portátiles y en ambos casos sirven de protección y búsqueda de alimento (Roldán, 1992).

El índice riqueza de Margalef de las comunidades acuáticas a lo largo del cuerpo de agua (río Roble), reportó valores altos excepto en la estación III donde el valor se redujo debido a que en esta zona el número de géneros e individuos colectados es menor comparado con las demás estaciones. Este se comportó en el cuerpo de agua a lo largo de su recorrido de manera similar al índice de Shannon – Wiener, ratificando que esta estación presenta una diversidad baja, por el predominio del género *Smicridea sp*, (caracterizado anteriormente). Asimismo géneros como *Cryphocricos sp* y *Brechmoroga sp* predominan por ser individuos característicos de márgenes de corrientes lentas o poco profundas, aguas limpias o ligeramente contaminadas, con abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Condiciones que ofrece la estación para el desarrollo de estos organismos.

En general, los Hemípteros y los Odonatos comparten el mismo hábitat y tienen las mismas exigencias ecológicas (Roldán, 1992).

Según, los valores obtenidos con el índice de Shannon – Wiener en todas las estaciones, podríamos decir que el río Roble esta moderadamente contaminado porque sus valores varían entre 1,5 y 3,0 (Roldán, 1992).

6.4 ANÁLISIS BIOESTADÍSTICO

La estación III (Bocatoma Montenegro) a pesar de la buena disposición de oxígeno disuelto, la disponibilidad de nutrientes, el espacio y las condiciones del fondo del río se registro una baja en la diversidad de especies debido a la abundancia del género *Smicridea sp*, el cual predomina en esta zona,

descompensando la diversidad. El dominio de este género se debe a su amplio rango de distribución (aguas limpias o contaminadas), los diferentes hábitos alimenticios y a su periodo de desarrollo.

En la estación IV (Puente Morelia) (Figura 6) se presentó una baja en la diversidad, esto se atribuye a la intervención antrópica que presenta el lugar, la extracción de material afecta directamente a las especies de macroinvertebrados acuáticos, ya que transforma y destruye los hábitats, y en la temporada en que no se extrae material no es suficiente para que el lecho se recupere (Castillo y Zamora, 1998), vertimientos de aguas residuales y presencia de desechos sólidos, los cuales influyen directamente sobre el cuerpo de agua y por consiguiente sobre los organismos que allí se encuentran, permaneciendo los individuos que toleran cambios negativos en el agua, como *Smicridea sp* y *Thraulodes sp*.

Gráfico 4. Índice de Riqueza e Índice de Predominio Ecológico aplicado a las seis estaciones de muestreo del río Roble.

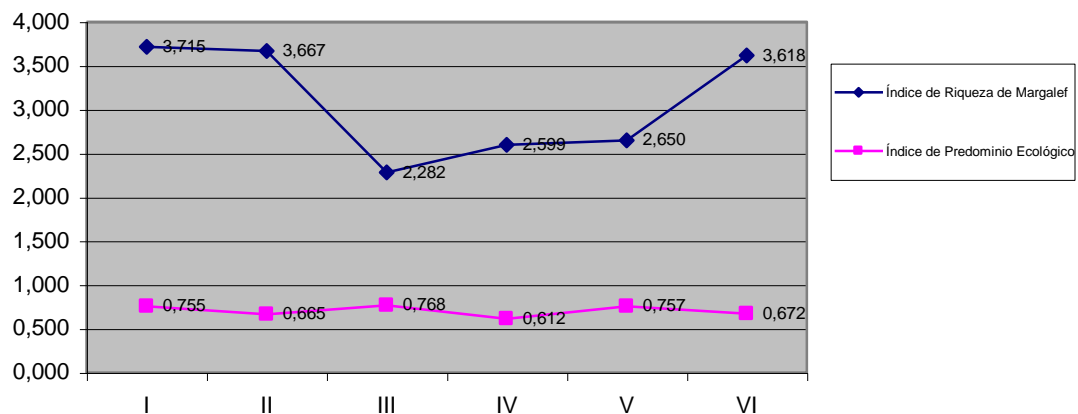
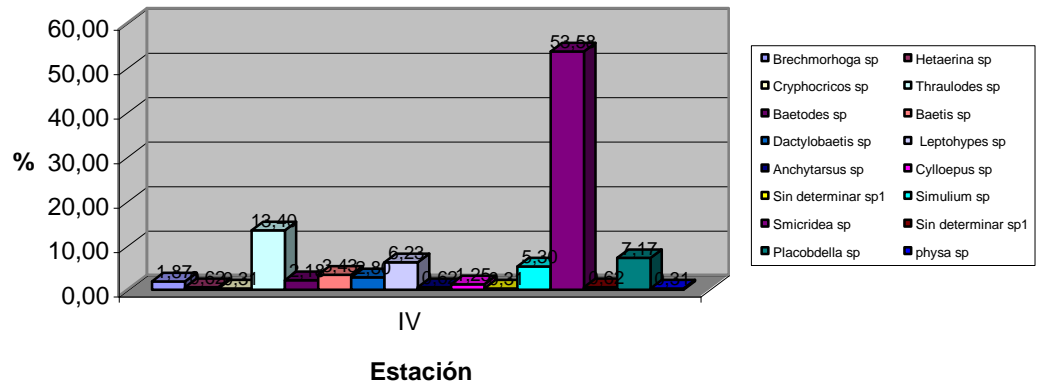


Tabla 5. Índice de diversidad de Shannon – Wiener en las seis estaciones de muestreo durante los meses de febrero a mayo de 2003.

Estaciones \ Meses	I	II	III	IV	V	VI
Febrero	3.3495	2.8525	2.9056	2.7814	3.2073	3.3568
Marzo	3.3956	3.0093	2.7681	2.6572	3.1069	2.9708
Abril	2.3728	2.6226	2.7033	1.7842	2.6784	2.1765
Mayo	3.1149	2.7993	2.3163	1.6523	2.9126	2.8678

Gráfico 4. Porcentaje de individuos por género colectados en el río Roble, estación Puente Morelia durante los meses de febrero y mayo de 2003.



CONCLUSIONES

- La comunidad de macroinvertebrados colectada está compuesta de 14 órdenes, 27 familias y 33 géneros y 3 géneros sin determinar (36 géneros). Los géneros más representativos son: *Brechmorhoga sp*, *Cryphocricos sp*, *Anchytarsus sp*, *Cylloepus sp*, *Smicridea sp*, *Thraulodes sp*, *Leptohypes sp* y *Simulium sp*.
- Por los pocos estudios realizados en el neotrópico sobre algunos macroinvertebrados (coleópteros, dípteros, tricládidos), fue imposible la determinación hasta género de algunos individuos colectados en el río.
- La diversidad de especies de flora y fauna en el Río Roble es muy alta debido a la diferencia altitudinal y la variación climática.
- Los altos valores en los índices de diversidad, permitieron establecer que la vegetación, el tipo de sustrato y las pendientes y la velocidad de la corriente fueron favorables para el desarrollo de los diferentes géneros de macroinvertebrados acuáticos.
- De acuerdo con los índices de diversidad de las 6 estaciones de muestreo, el río Roble presenta una diversidad alta y constante. Así puede decirse que las condiciones de cada zona son muy similares permitiendo que la diversidad se mantenga.

RECOMENDACIONES

- Proponer el río Roble como una zona con gran potencial biológico por conocer, ya que ha sido poco estudiado.
- Realizar estudios con macroinvertebrados acuáticos utilizando un solo Orden, donde se de prioridad a los requerimientos ecológicos, la distribución espacial y temporal.
- Llevar a cabo monitoreos periódicos sobre la situación biológica de el río Roble con el fin de evitar su deterioro.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO B.A. Estudio ecológico de oligoquetos en ecosistemas lóticos. Universidad de Antioquia trabajo de grado. 1992.
- ALBA TERCEDOR J. Macroinvertebrados Acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV simposio del agua en Andalucía (SIAGA) Almería. II:203 –213. 1996.
- ALDANA ARREDONDO A. Y LÓPEZ V. P. Índices de diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Roble. Universidad del Quindío. Departamento de Biología. Trabajo de grado. 1993.
- ALVAREZ Y ROLDÁN. El estudio de orden Hemiptera (Heteróptera) en el Departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. Actualidades biológicas 12 (44): 31 – 45. 1983.
- ARANGO Y ROLDÁN. Odonatos inmaduros del Departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. En: Actualidades biológicas. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. N°.46. 1983. pp 91-105.
- ARIAS, M.C., GARCIA L. D. Estudio de macroinvertebrados en la cuenca del Río Espejo. Trabajo de Grado. Universidad del Quindío. Programa de Biología. Armenia. 1993.
- ARIAS B. E Y OSORIO J. A. Macroinvertebrados Bentónicos como indicadores biológicos de la calidad del agua para la cuenca media del río

Quindío. Trabajo de grado Universidad del Quindío. Programa de Biología. Armenia. 2001.

- BAEV, P Y D. PENEV. BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Version 5.1. Pensoft, Sofia Moscow 1995.. 56 pp.
- BEDOYA Y ROLDÁN. Estudio de los dípteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales en el Departamento de Antioquia. *Asocol Cien Biol* 2(2):113-134. 1984.
- BEHAR et al. Análisis y valoración del índice de calidad del agua (ICA) de la NSF: El caso de los ríos Cali y Meléndez. En : *Memorias Seminario Internacional sobre macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua*. Cali. 1997.
- BRINKHURST, R.O; MARCHASE, M.R. Guía para la identificación de Oligoquetos acuáticos continentales de Sur y Centro América. Argentina: Colección Climax N°6, 2ª Edición. 1991. Pág. 207.
- CAICEDO Y GARCIA. Evaluación del grado de contaminación del río Bogotá. Ponencia XIV Congreso Nacional de Acodal, Universidad de los Andes. Medellín. 1971. Página 36.
- CAICEDO, O; PALACIO, J. Macroinvertebrados bénticos y la contaminación orgánica en la Quebrada La Mosca (Guarne, Antioquia). Medellín: Universidad de Antioquia, Colombia. *Actualidades Biológicas*, volumen 20 N° 69. 1998. Pág. 61 – 73.

- CASTAÑEDA C. M. Y FONSECA M.C. Diagnóstico del estado de contaminación mediante indicadores biológicos (macroinvertebrados bentónicos) de la Quebrada la Calzada del Municipio de Salento (Q), Universidad del Quindío. Trabajo de grado. Departamento de biología. 2000.
- CASTILLO, M; ZAMORA, H. Evaluación del efecto generado por la extracción de arena sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y la calidad físico – química del agua, en el río Los Robles, Departamento del Cauca, Colombia. Popayán: Universidad del Cauca, Colombia. 1998.
- CENICAFÉ. Anuario metereológico. 1993.
- ----- . Anuario metereológico. 2001.
- CORREA M; MACHADO T. Y ROLDÁN G. Taxonomía y ecología del orden Tricóptero en el Departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. Actualidades Biológicas 10 (36) : 35 – 48. 1981.
- CUMMINS K.W Y MERRY R.W. An introduction to the acuatic insects of North América. Kendall / Hunt publishing company. United States of América . 1979.
- DACOSTA, A. Insectos de Brasil. Coselho Nacional de Pesquisas. Capítulo 29 Tomo 10. 1956. Pág. 371.
- DANIELS W. Bioestadística. Editorial Limusa. Tercera Edición. 1991. Página 283 – 312.

- DUPUY J. M. Y VARGAS R. O. Aspectos limnológicos de la Quebrada el Tejón. En: Curso de Ecología tropical y Biología de la conservación. 1991. Pág. 52-55.
- ESCOBAR N, ALFONSO. Estudio de las comunidades macrobénticas del río Manzanares y sus principales afluentes y su relación con la calidad del agua. Actualidades biológicas. Universidad de Antioquia. Medellín. Vol. 18 N° 65. 1989. Pág. 45-60.
- GAUFIN A.R. Y TARZWELL C. M. Aquatic Macroinvertebrates Communities as Indication of Organic Pollution in Lytle Creek. Sewage and Industrial Wastes 28 (7): 906 – 924. 1956.
- GAUFIN A. R. “ Use of Aquatic Invertebrates in the Assessment of Water Quality “ American Society for testing and material. Philadelphia. P.A. Gaufin, A.R. En: Actualidades biológicas. Vol.4 N°. 13. 1973. Página 70 – 73.
- GAVIRIA S. Y RODRÍGUEZ C. Estudio de la calidad del agua del río Bogotá; aguas arriba de Tibitó. Acodal 110 – 111. 32 – 61. 1983.
- GONZALEZ O. R. Clave para la familia de imagos de Ephemeroptera (insecta) de Colombia Universidad del Valle. Departamento de Biología. Calí. 1993.
- GONZALEZ O. R., GARCIA D. Restauración de ríos y riberas. Fundación conde del Valle de Salazar. Universidad politécnica de Madrid. 1995.
- GONZÁLEZ, A Y VIZCAÍNO, G. Limnología Colombiana. Primera edición. Panamericana S.A. Colombia. 1998.

- En: James A., Avison L. (eds). Biological indicators of water quality. New York. 1979. Pág. 2-37.
- HENAO Y GARZÓN. Diagnóstico preliminar del estado de la biodiversidad en el Departamento del Quindío. CRQ. 2002.
- HYNES H.B.N. The significance of Macroinvertebrates in the Study of Mild River Pollution. En. Robert A. (ed) Biological problems in water pollution us publ. Hith. 1962.
- HULBERT, S.H; RODRÍGUEZ, G; DÍAZ DOS SANTOS,N. Aquatic biota of tropical south America, part. 1 (Arthropoda). San Diego. California. 1981.
- LANDE, R. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. Oikos, 76: 5 – 13. 1996.
- LONDOÑO et al. Evaluación de la calidad ambiental del Río Roble en el Departamento del Quindío. En: Investigaciones U.Q. 2001. Pág. 18-28. Quindío.
- LOZANO et al. Modelación de corrientes hídricas superficiales en el Departamento del Quindío. Fase II. Río Roble. Proyecto U.Q., CRQ. Armenia. 2002.
- LUDWIG, J.A. Statistical Ecology. A primer on methods and computing. 1988. Pág. 85 – 103.
- MACAN, T.T.M.A PHD. Guía d e Animales Invertebrados de Agua Dulce. Ediciones Universidad Navarra. Pamplona. 1975.

- MACHADO T. La contaminación del Agua. En: Actualidades Biológicas, Vol 7 N° 24. Medellín. 1978.
- MACHADO T, ROLDÁN G. Estudio de las características físico – químicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. En. Actualidades Biológicas. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. 1981. Vol 10 N° 35.
- MAGURRAN, A. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey. 1988. 179 pp.
- MARGALEF, R. Information theory in Ecology gen system. 1958. Pág. 36 – 71.
- MATTHIAS, U; MORENO, H. Estudio de algunos parámetros físico – químicos y biológicos en el Río Medellín y sus principales afluentes. Medellín: Universidad de Antioquia, Colombia. Actualidades Biológicas, volumen 12 N°46. 1983. Pág. 106 – 117.
- MYLINSKY E., GINSBURG W. Macroinvertebrates as indicators of pollution.J. Amer Water WKS Assoc 69:538-544. 1997.
- MORENO, C.E. Métodos para medir la biodiversidad. M&T. Manuales y Tesis SEA, volumen 1. 2001. Pág. 23 – 25.
- ODUM E. P. Ecología. Nueva Editorial Interamericana S.A. tercera Edición. México. 1971.

- OSORIO A. L Y BETANCUR C. Diagnóstico de la calidad del agua para la cuenca baja del río Quindío con Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores Ambientales. Trabajo de grado. Universidad del Quindío. Programa de Biología. Armenia. 2002.
- PEET, R. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematic*. 1974. 5: 285 – 307.
- PENNAK W. *Fresh Water invertebrates of the United States*. The Ronal Press Company, New York. 1978.
- QUIÑÓNEZ, M.L., DÍAZ, A. Estructura numérica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos derivados en la zona de ritral del Río Medellín. En: *Actualidades Biológicas* Vol.20 (69). 1998. Pág. 75-86. Medellín.
- RAMÍREZ, J.J; ROLDÁN, G. Contribución al conocimiento limnológico y de los macroinvertebrados acuáticos de algunos ríos de la región del Urabá Antioqueño. Medellín: Universidad de Antioquia, Colombia. *Actualidades Biológicas*, Volumen 18 N° 66. 1989. Pág. 113 – 121.
- RINCÓN, M. Comunidad de insectos acuáticos de la quebrada Mamarramos (Boyacá, Colombia). En: *Revista Colombiana de Entomología* 28(1): 101 – 108. 2002.
- RODRIGUEZ E. Indicadores bentónicos de calidad de agua en el río Quindío y la Quebrada Cristales. CRQ. Armenia. 1994.

- ROJAS A. M, BAENA M.L, SERRATO C; CAICEDO G, ZÚÑIGA M. C. Claves para las Familias y Géneros de Ninfas de Ephemeroptera del Departamento del Valle del Cauca. Universidad del Valle. 1993.
- ROLDÁN J.G et al. Efectos de la Contaminación industrial y doméstica sobre la fauna Béntica del río Medellín. Actualidades Biológicas. 1973. Vol 2 N° 5 : 54 – 59.
- ROLDÁN G., PÉREZ G. Niveles de Contaminación por detergentes y su influencia en las comunidades bénticas del río Rionegro. Actualidades Biológicas. Vol 7 N° 24. Universidad de Antioquia. 1978. Páginas 27 – 36.
- ROLDÁN G. Los Invertebrados Acuáticos como Indicadores Ecológicos (1). En : Actualidades Biológicas. Vol 9 N. 33. Medellín. 1980.
- ----- Guía para el estudio de Macroinvertebrados Acuáticos en el Departamento de Antioquia. Fondo FEN Colombia. Colciencias. Universidad de Antioquia. 1988. Páginas 18 –19.
- ----- et al. Manual de Limnología. Universidad de Antioquia. Departamento de Publicaciones. Colección de Ediciones Previas N 17. 1989. Medellín.
- ----- Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. 1992.
- ----- Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en Colombia: Estado actual y perspectivas. Memorias del Seminario Internacional

sobre macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua. Santiago de Cali. 1997.

- SEOANEZ C.M. Ingeniería Medioambiental aplicada al Medio Natural Continental. Segunda Edición. Mundi prensa. España. 1999.
- SERRATO, C; ROJAS, A.M; ZUÑIGA, M.C; BARBANO, M.E. 1992. Estructura de algunos ecosistemas acuáticos en el Valle del Cauca. En: Congreso de la sociedad Colombiana de Entomología, Manizales. Julio, 1991. Revista SOCOLEN.
- SHANNON C.E. The Mathematical Theory of Communication. 1949. The University of Linais Press.
- SIMPSON E. H. measurement of Diversity. 1994. Nature 163 (41-48):688.
- TAYLOR, D.W. Moluscos dulceacuícolas de Costa Rica: Introducción y lista preliminar. Revista Biológica Tropical, volumen 4 N° 3. 1993. pág 653.
- URIBE C.A. Microclima del bosque. Actualidades biológicas. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín Vol. 10 N° 36. 1981. pág 61-65.
- VARGAS I.C. Ictiofauna de la hoya hidrográfica del Quindío. 1996. CRQ. Fondo Dri.
- VARGAS I. C. Inventario Preliminar de los Macroinvertebrados Bentónicos en el Río Quindío y la Quebrada Cristales. 1997. CRQ. Armenia.

- VIÑA, V.G; RAMÍREZ, G.A. Limnología Colombiana, aportes a su conocimiento y estadística de análisis. 1ª edición. B.P. 1998. Exploration Company (Colombia) Ltd.
 - WILLNM AND DORRIS. biological Parameters for water quality eriteria en: Bios vol. 18 N° 6. 1968. pág 477 – 480.
 - ZAPATA et al. Estudio de la Macrofauna asociada a la Quebrada la Camaronera, Isla Gorgona Pacífico Colombiano. Cespedesia (18): 6. 1991. Páginas 23-51.
 - ZÚÑIGA M. C. Estudio de la Ecología del Río Calí con énfasis en su fauna Bentónica como indicador biológico. Ainsa. Vol 1 N° 15. 1985. Páginas 63-85.
- Indicadores Ambientales de Calidad de Agua en la Cuenca del Río Cauca. Ainsa. Asociación de Ingenieros de Antioquia. 1993. N° 2 año 13.

ANEXOS

Observaciones generales de las seis estaciones de muestreo del río roble, durante los meses de febrero a mayo de 2003.

ESTACIÓN	SUSTRATO	OBSERVACIONES GENERALES
Bocatoma Circasia	Roca, piedra, hojarasca	Aguas claras. Abundante vegetación, árboles, arbustos, hierbas, predominan los helechos. Esta zona es usada para la recreación.
Cañón de los Aguadeños	Piedra, lodo	Aguas claras, la vegetación es abundante, predominan los árboles y los pastos.
Bocatoma Montenegro	Piedra, lodo, hojarasca	Aguas turbias, vegetación abundante, predominando los árboles y la guadua. Las orillas son fangosas. No existe intervención antrópica
Puente Morelia	Piedra, hojarasca	La vegetación es escasa, arbustos. En esta zona realizan extracción del material del río. El agua presenta mal olor y el color esta entre claro y turbio
La Balastrea	Piedra, roca	Existe una gran influencia antrópica. El agua es clara, pero el olor es fuerte y desagradable. Presencia de desechos sólidos. Vegetación escasa, predominan las hierbas.
La Española	Piedra, hojarasca	La vegetación es abundante, árboles, arbustos, hierbas predomina la guadua. Presencia de ganado. El agua es clara.

Individuos colectados en el río Roble por Aldana, Arredondo y López en el año 1993.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Aguadeños	Montenegro	La Española	Total
Arthropoda	Insecta	Coleóptera	Elmidae	223	188	179	590
			Psephenidae	471	355	458	1284
			Holiplidae	160	44	161	365
		Hemíptera	Naucoridae	112	62	39	213
		Ephemeroptera	Baetidae	351	201	542	1094
		Odonata	Coenagrionidae	29	43	158	230
			Libellulidae	33	15	22	70
		Plecóptera	Perlidae	102	53	152	307
		Díptera	Perchadidae	53	90	66	209
		Trichóptera	Glossomatidae	784	647	432	1863
			Leptoceridae	224	454	138	816
		Neuróptera	Corydalidae	199	131	81	411
Eulophilidae	77		33	103	213		
Mollusca	Gastropoda	Megagastropoda	Hydrobidae	40	711	109	860
Platelmintos	Turbalaria	Tricladida	Planariidae	24	258	189	471
Anélida	Hirudínea	Rinchodelidae	Glossiphonidae	31	80		111
			Total	2913	3365	2829	9107

Individuos colectados en el río Roble por Londoño et al, en el año 2001.

Clase	Orden	Familia	Género	Estaciones			
				Cañón Aguadeños	El vigilante	Morelia alta	Morelia baja
Insecta	Odonata	Libellulidae	Macrothemis sp		7	3	5
		Calopterygidae	Hetaerina sp	1	4	7	3
		Gomphidae	Progomphus sp	3	15	2	16
	Hemíptera	Naucoridae	Limnocoris sp			6	3
			Heleocoris spinipes		4		
			Cryphocricos sp		1		2
		Vellidae	Rhagovelia	4	11	14	3
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Thraulodes sp			1	
		Baetidae	Baetodes sp	1	3	7	2
		Tricorythidae	Leptohypes sp		3	10	18
	Coleóptera	Ptilodactylidae	Anchytarsus sp		8		1
		Elmidae	Macrelmis sp	1	1	1	3
			Cylloepus sp	1	2		6
		Chironominae		1			
	Díptera	Chironomidae	Sin determinar sp1	2			
		Simuliidae	Simulium sp	2	2	20	
		Philopotomidae	Chimarra o Wormalia	1			
	Trichóptera	Hydropsychidae	Smicridea sp		3	6	2
Leptonema			1	3	3	1	
Plecóptera	Perlidae	Anacroneuria sp			1		
Oligochaeta	Neuróptera	Corydalidae	Corydalus sp		2	1	1
Gastropoda	Tricladida	Planariidae	Sin determinar sp1			2	
Anelida	Oligoqueto				1		

BOCATOMA CIRCASIA



CAÑÓN DE LOS AGUADEÑOS



BOCATOMA MONTENEGRO



PUENTE MORELIA



LA BALASTRERA



LA ESPAÑOLA



GÉNEROS COLECTADOS

Smicridea sp.



Brechmorhoga sp.



Cryphocricos sp



Anchytarsus sp.



Cylloepus sp.



Limnocoris sp.



Thraulodes sp.

