

|                                                                                   |                                         |                |          |                 |                                                                                                                                                                         |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | <b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b> |                |          |                 |   |                                |
|                                                                                   | <b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>            |                |          |                 |                                                                                                                                                                         |                                |
| <b>CÓDIGO</b>                                                                     | <b>AP-BIB-FO-05</b>                     | <b>VERSIÓN</b> | <b>1</b> | <b>VIGENCIA</b> | <b>2014</b>                                                                                                                                                             | <b>PÁGINA</b><br><b>1 de 1</b> |

Neiva, Marzo 17 de 2014

Señores

**CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Vladymeer León Cuéllar con C.C. No. 7.699.288 de Neiva., autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado: Composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y calidad biológica del agua en la microcuenca de la quebrada Los Micos, Neiva Huila, presentado y aprobado en el año 2014 como requisito para optar al título de Magister en Ecología y gestión de ecosistemas estratégicos;

autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

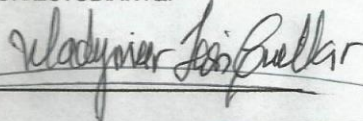
☐ Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: 

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

|                                                                                   |                                               |         |   |          |      |                                                                                                                                                                                                                                                             |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------|---|----------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|  | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS              |         |   |          |      |    |        |
|                                                                                   | DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO |         |   |          |      |                                                                                                                                                                                                                                                             |        |
| CÓDIGO                                                                            | AP-BIB-FO-07                                  | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA                                                                                                                                                                                                                                                      | 1 de 4 |

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** Composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y calidad biológica del agua en la microcuenca de la Quebrada Los Micos, Neiva Huila.

**AUTOR O AUTORES:**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| León Cuéllar               | Vladymeer                |

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Sánchez Ramírez            | Mario                    |

**ASESOR (ES):**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
|                            |                          |

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Magíster en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos

**FACULTAD:** Ingeniería

**PROGRAMA O POSGRADO:** Maestría en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos

**CIUDAD:** Neiva      **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2014      **NÚMERO DE PÁGINAS:** 157

|                                                                                   |                                         |                |          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                             |               |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|  | <b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b> |                |          |                 |    |               |               |
| <b>CÓDIGO</b>                                                                     | <b>AP-BIB-FO-07</b>                     | <b>VERSIÓN</b> | <b>1</b> | <b>VIGENCIA</b> | <b>2014</b>                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>PÁGINA</b> | <b>2 de 4</b> |
| <b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>                              |                                         |                |          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                             |               |               |

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas\_\_x\_ Fotografías\_\_x\_ Grabaciones en discos\_\_ Ilustraciones en general\_\_ Grabados\_\_  
 Láminas\_\_ Litografías\_\_ Mapas\_\_ Música impresa\_\_ Planos\_\_ Retratos\_\_ Sin ilustraciones\_\_ Tablas  
 o Cuadros \_\_x\_\_

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

**MATERIAL ANEXO:**

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

| <u>Español</u>                  | <u>Inglés</u>              |
|---------------------------------|----------------------------|
| 1. Macroinvertebrados acuáticos | Aquatic macroinvertebrates |
| 2. Quebrada Micos               | Stream Micos               |
| 3. Indices de Calidad de agua   | Water Quality Indices      |
| 4. Diversidad                   | Diversity                  |
| 5. Hábitat de corrientes        | Habitats of streams        |
| 6. Bioindicación                | Bioindication              |
| 7. Integridad biótica           | Biotic integrity           |
| 8. Educación ambiental          | Enviromental Education     |
| 9. Río Ceibas                   | Ceibas River               |
| 10.Ephemeroptera                | Ephemeroptera              |

|                                                                                   |                                                      |                |          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                             |               |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------|----------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|  | <b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>              |                |          |                 |    |               |               |
|                                                                                   | <b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b> |                |          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                             |               |               |
| <b>CÓDIGO</b>                                                                     | <b>AP-BIB-FO-07</b>                                  | <b>VERSIÓN</b> | <b>1</b> | <b>VIGENCIA</b> | <b>2014</b>                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>PÁGINA</b> | <b>3 de 4</b> |

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

La cuenca del río Las Ceibas, es estratégica para el Huila. A ella pertenece la quebrada Los Micos, con una extensión de 3835,33 hectáreas, importante para el abastecimiento de agua potable de Neiva.

Esta investigación establece la composición de macroinvertebrados bentónicos y calidad biológica del agua de la microcuenca de la quebrada Los Micos, mediante identificación taxonómica y determinación de atributos ecológicos de dichos organismos e índices bióticos (IBI), así como un análisis de variables e índices físicoquímicos y bacteriológicos para la valoración del recurso hídrico. Se incluyeron actividades de sensibilización ambiental dirigida a población escolar. Se realizaron muestreos en seis estaciones, en mayo de 2010 y de 2011; el análisis estadístico de datos se hizo con SPSS.

Insecta, obtuvo la mayor relevancia en composición, riqueza y abundancia, con el 98,64% del total de individuos. Como órdenes con mayor número de individuos: Ephemeroptera (41,69%), Diptera (25,09%), Trichoptera (16,21%), y Coleoptera (8,26%). En Ephemeroptera se registran por primera vez 14 géneros para el Huila correspondientes a: *Americabaetis*, *Apobaetis*, *Cloeodes Fallceon*, *Guajirolus*, *Nanomis*, *Paracloeodes*, *Varipes* y *Zelus* (familia Baetidae), *Haplohyphes*, *Traverphes*, y *Vacupernius* (familia Leptohyphidae), *Farrodes* e *Hydrosmilodon* (familia Leptophlebiidae).

La composición y abundancia de macroinvertebrados tuvo cierta variabilidad a lo largo de la corriente, pero se encontró un notorio desarrollo de la comunidad béntica con disponibilidad y calidad adecuadas de los hábitats de la corriente. Los índices bióticos de la comunidad e índices físicoquímicos mostraron una mayor estabilidad ambiental para los sitios ubicados en el sector bajo de la microcuenca.

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

River basin The Ceibas , is strategic for the Huila. She owns The Micos Stream , with an area of 3835.33 hectares, important for the water supply of Neiva.

This research establishes the composition of benthic macroinvertebrates and biological water quality of the creek 's watershed Micos by taxonomic identification and determination of ecological attributes of these organisms and biotic indices (IBI ) , and an analysis of variables and physicochemical indexes and for bacteriological assessment of water resources. Environmental awareness activities aimed at school children were included. Samples were taken at six stations in May 2010 and 2011 , the statistical analysis was done with SPSS .

Insecta , gained greater importance in composition , richness and abundance , with 98.64 % of all individuals. As orders with more individuals : Ephemeroptera ( 41.69 % ) , Diptera (

|                                                                                   |                                               |         |   |          |      |                                                                                                                                                                                                                                                             |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------|---|----------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|  | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS              |         |   |          |      |    |        |
|                                                                                   | DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO |         |   |          |      |                                                                                                                                                                                                                                                             |        |
| CÓDIGO                                                                            | AP-BIB-FO-07                                  | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA                                                                                                                                                                                                                                                      | 4 de 4 |

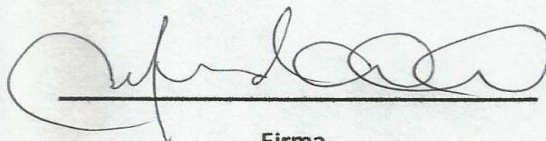
|                                                                                   |                                                      |                |          |                 |             |                                                                                                                                                                                                                                                             |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------|----------|-----------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | <b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>              |                |          |                 |             |    |               |
|                                                                                   | <b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b> |                |          |                 |             |                                                                                                                                                                                                                                                             |               |
| <b>CÓDIGO</b>                                                                     | <b>AP-BIB-FO-07</b>                                  | <b>VERSIÓN</b> | <b>1</b> | <b>VIGENCIA</b> | <b>2014</b> | <b>PÁGINA</b>                                                                                                                                                                                                                                               | <b>4 de 4</b> |

25.09% ) , Trichoptera ( 16.21% ) and Coleoptera (8.26 %). In Ephemeroptera first recorded 14 genera for the corresponding Huila : Americabaetis , Apobaetis , Cloeodes Fallceon , Guajirolus , Nanomis , Paracloeodes , varipes and Zelusia (family Baetidae ) Haplohyphes , Traverphes and Vacupernius ( Leptohyphidae family ) , and Hydrosmilodon Farrodes (family Leptophlebiidae ) .

The composition and abundance of macroinvertebrates was some variability along the stream, but a marked development of the benthic community with adequate availability and habitat quality of the stream was found. Biotic indices community and physicochemical indices showed greater environmental stability for sites located in the lower section of the watershed .

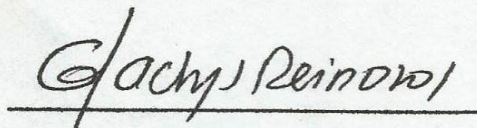
#### APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Alfredo Olaya Amaya



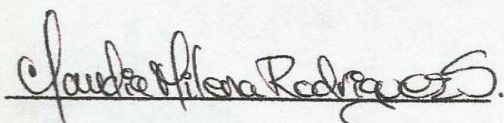
Firma

Nombre Jurado: Gladys Reinoso Flórez



Firma

Nombre Jurado: Claudia Milena Rodriguez Sierra



Firma

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS  
BENTÓNICOS Y CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA  
LOS MICOS, NEIVA HUILA.

VLADYMEER LEÓN CUELLAR

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERIA

MAESTRIA EN ECOLOGIA Y GESTIÓN DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS

NEIVA- HUILA

2014

COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS  
BENTÓNICOS Y CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA  
LOS MICOS, NEIVA HUILA.

VLADYMEER LEÓN CUELLAR

Trabajo de grado presentado como  
requisito parcial para optar al título  
de Magister en Ecología y Gestión  
de Ecosistemas Estratégicos.

Director: Ph D. Mario Sánchez Ramírez

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERIA

MAESTRIA EN ECOLOGIA Y GESTIÓN DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS

NEIVA- HUILA

2014

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

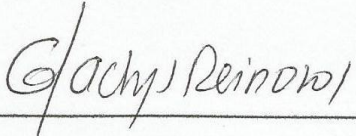
---

---

---

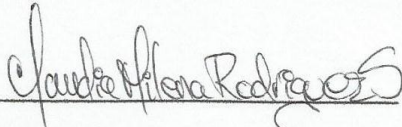
---

---



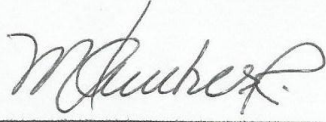
M Sc. Gladys Reinoso Flórez

JURADO



M Sc. Claudia Milena Rodríguez Sierra

JURADO



Ph. D. Mario Sánchez Ramírez

Director

Neiva, Marzo de 2014.

## AGRADECIMIENTOS

Expreso gratitud y agradecimientos a:

Ph D. Mario Sánchez Ramírez, docente de la Universidad Surcolombiana por su diligente orientación y revisión del material muestreado.

Dr. Alfredo Olaya Amaya, docente de la Universidad Surcolombiana, quien con su permanente visión integral para la construcción de nuevo conocimiento, gestionó la aprobación del programa de Maestría en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos en la Universidad Surcolombiana.

Ph. D. Lucimar Gomes Dias, docente de la Universidad de Caldas, sede Manizales, por su presta e irrestricta orientación y colaboración con el material biológico muestreado, en especial con el Orden Ephemeroptera, por la atención prestada y la logística de laboratorio y equipos de la Colección Biológica puesta a disposición en la ciudad de Manizales.

Ph. D. Nelson Gutiérrez Guzmán, docente de la Universidad Surcolombiana, por sus orientaciones en el componente estadístico de la investigación

MSc. Gladys Reinoso, por sus aportes, revisión y sugerencias en las diferentes fases de elaboración de los capítulos de la investigación.

MSc. Claudia Rodriguez, por su diligente atención y revisión del documento final.

Ing. Humberto Rodríguez Martínez, Director General del Proyecto “Cuenca del río las Ceibas: una alianza estratégica, colectiva y participativa para su protección y producción sostenible” convenio de Cooperación Técnica UTF/COL/030/COL- FAO, por su disposición, gestión y consecución de materiales y muestreos de agua.

Ing. Juvenal Ruiz Pérez, Director Técnico del proyecto FAO-Cuenca del río las Ceibas, por su diligente atención y gestión de documentos técnicos de la cuenca del Río Ceibas y Los Micos, así como en la organización de jornadas de campo.

Biólogo Yeisson Gutierrez, por su orientación y determinación de la taxonomía del orden Ephemeroptera y fotografías tomadas.

Biólogos Faiber Caupaz, Nestor Oviedo, por su orientación y apoyo en la determinación taxonómica del Orden Coleoptera y Díptera respectivamente.

Biólogo Marco Laython, de la Universidad Nacional por sus precisiones estadísticas, la consecución de documentos y artículos valiosos para el análisis de los resultados.

Biólogas Ana María Mesa, Sulay Maritza González, Yuli Paulina Ramirez, por la orientación taxonómica inicial en la Universidad de Caldas y al biólogo Luis Felipe García Tabares, por su gestión para la consecución de documentos en la Universidad de Caldas en Manizales.

Biólogo Carlos Rojas, de la Universidad del Tolima, por su gentil disposición y gestión de documentos de investigación llevados a cabo en el Tolima.

Biólogo Mauricio Escobar, por facilitación de información sobre educación ambiental.

Nicolas Márquez por su apoyo y acompañamiento en el primer muestreo realizado

Profesor Juan Carlos Bahamón, docente I.E. vereda Palestina, Microcuenca Los Micos, por su presta colaboración en el taller de sensibilización ambiental.

Andrés Quintero, Arley Caquimbo y Anibal Rojas, líderes comunitarios y pobladores de la microcuenca de la quebrada Los Micos, por su valioso acompañamiento y guianza, apoyo en el traslado de materiales y equipos, recorridos de reconocimiento y de muestreo durante la investigación.

**Violedy Andrea Jimenez Cardozo**, mi amada esposa, por su optimismo, compañía sin igual, apoyo permanente y hálito de vida clamoroso e inspirador con quien cobijo grandes sueños familiares y profesionales.

## **DEDICATORIA....**

A La Divina Providencia y su satyagraha, quien me proporciona la sabiduría, paciencia, carisma, responsabilidad, y compromiso con la vida misma para el cumplimiento de los grandes logros, y para trazar caminos cada vez más integradores, humanos y colmados de contemplación y coherencia manifiesta en el ser, pensar, crear, decir y hacer.

A mi esposa Violedy Andrea Jiménez, motor afectivo, fuente irrenunciable de inspiración poética y musical.

A mis Hijos Rishell Catalina y Alejandro León Jiménez, fuente de amor puro, campeones de la creatividad y de la energía vital más resplandeciente.

A mi mamá Ana Jovita Cuéllar A. y a mi papá Rogelio León A, fontanas de vida y de manifestaciones filiales supremas.

A Doña Lorenza Cardozo y Don Ever Jimenez, quienes con su compañía y afecto colman el hogar de regocijo auténtico.

A mis tíos Alvaro y Libardo Cuéllar (Q.E.P.D.), ejemplos de vida, emprendimiento y rectitud.

A mis hermanos Diana Carolina y John Hammer quienes acompañan sinceramente los pasos que damos en el gran sendero de nuestra vida familiar.

A mis sobrinos, luces de vida, símbolos de esperanza y alegría.

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                        | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| RESUMEN                                                                | 14   |
| SUMMARY                                                                | 16   |
| INTRODUCCIÓN                                                           | 16   |
| DEFINICION DEL PROBLEMA                                                | 19   |
| JUSTIFICACION                                                          | 21   |
| 1. OBJETIVOS                                                           | 22   |
| 1.1. OBJETIVO GENERAL                                                  | 22   |
| 1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS                                             | 22   |
| 2. MARCO TEÓRICO                                                       | 23   |
| 2.1. DESCRIPCION DE LA MICROCUENCA QUEBRADA LOS MICOS                  | 23   |
| 2.1.1. Localización y áreas                                            | 23   |
| 2.1.2. Clima e Hidrología                                              | 23   |
| 2.1.3. Geomorfología                                                   | 25   |
| 2.1.4. Vegetación y usos del suelo                                     | 26   |
| 2.1.5. Características socioeconómicas                                 | 28   |
| 2.1.6. Educación ambiental en las cuencas hidrográficas                | 28   |
| 2.2. COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS DE LOS ECOSISTEMAS DE           | 29   |
| CORRIENTES                                                             |      |
| 2.2.1. Estructura y Función                                            | 30   |
| 2.3. CONTAMINACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA                           | 31   |
| 2.4. INDICES DE CALIDAD DEL AGUA                                       | 32   |
| 2.5. BIOINDICACION                                                     | 34   |
| 3. MATERIALES Y METODOS                                                | 37   |
| 3.1. MUESTREOS                                                         | 37   |
| 3.1.1. Localización de estaciones de muestreo                          | 37   |
| 3.1.2. Técnicas de muestreo                                            | 42   |
| 3.1.2.1. Toma de datos físico químicos, hidrológicos y microbiológicos | 42   |
| 3.1.2.2. Toma de datos hidrológicos y ambientales                      | 42   |
| 3.1.2.3. Muestreo de los macroinvertebrados bentónicos                 | 42   |
| 3.2. ANALISIS Y DETERMINACIÓN TAXONÓMICA DE MACROINVERTEBRADOS         | 43   |
| BENTÓNICOS EN EL LABORATORIO                                           |      |
| 3.3. ANALISIS DE DATOS                                                 | 43   |
| 3.3.1. Análisis de datos físicoquímicos y microbiológicos              | 43   |
| 3.3.2. Análisis de datos para determinación de índices bióticos        | 44   |
| 3.3.3. Análisis de datos ambientales y de condiciones de habitabilidad | 45   |
| 3.4. REALIZACIÓN DE TALLERES DE EDUCACIÓN AMBIENTAL CON POBLACION      | 45   |
| ESCOLAR.                                                               | 48   |
| 4. RESULTADOS                                                          |      |
| 4.1. DESCRIPCION DE HÁBITATS EN LA QUEBRADA LOS MICOS                  | 48   |
| 4.2. RESULTADOS DE PARAMETROS FISCICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS        | 49   |
| 4.2.1. Caudal                                                          | 50   |
| 4.2.2. Temperatura del agua                                            | 51   |

|         |                                                                                        |     |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.3.  | Ph, Dureza Total y Alcalinidad                                                         | 52  |
| 4.2.4.  | Sólidos                                                                                | 53  |
| 4.2.5.  | Turbidez                                                                               | 54  |
| 4.2.6.  | Oxígeno Disuelto, Porcentaje de saturación de Oxígeno y DBO5                           | 55  |
| 4.2.7.  | Fósforo Total                                                                          | 57  |
| 4.2.8.  | Cloruros                                                                               | 57  |
| 4.2.9.  | Conductividad                                                                          | 58  |
| 4.2.10. | Resultados microbiológicos                                                             | 59  |
| 4.2.11. | Determinación de Índices de Contaminación                                              | 59  |
| 4.2.12. | Índice de calidad de agua WQI                                                          | 62  |
| 4.3.    | ABUNDANCIA DE LAS FAMILIAS Y GENEROS ENCONTRADOS                                       | 63  |
| 4.4.    | ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS                                | 74  |
| 4.4.1.  | Orden Ephemeroptera                                                                    | 75  |
| 4.4.2.  | Orden Diptera                                                                          | 77  |
| 4.4.3.  | Orden Coleoptera                                                                       | 79  |
| 4.4.4.  | Orden Trichoptera                                                                      | 80  |
| 4.4.5.  | Orden Plecoptera                                                                       | 82  |
| 4.4.6.  | Orden Megaloptera                                                                      | 83  |
| 4.4.7.  | Orden Hemiptera                                                                        | 84  |
| 4.4.8.  | Orden Odonata                                                                          | 84  |
| 4.4.9.  | Otros grupos taxonómicos                                                               | 85  |
| 4.5.    | INDICES ECOLOGICOS                                                                     | 86  |
| 4.5.1.  | Diversidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca de la quebrada los micos | 86  |
| 4.5.2.  | Índice de Riqueza de Margalef.                                                         | 87  |
| 4.5.3.  | Índice de Simpson                                                                      | 89  |
| 4.5.4.  | Relación entre parámetros físico químicos y biológicos                                 | 90  |
| 4.5.5.  | Calidad biológica de las aguas de la quebrada Los Micos                                | 90  |
| 4.5.6.  | Síntesis de índices de contaminación y calidad del agua                                | 91  |
| 4.6.    | SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL EN LA MICROCUENCA QUEBRADA LOS MICOS                         | 94  |
| 5.      | DISCUSION                                                                              | 100 |
| 6.      | CONCLUSIONES                                                                           | 113 |
| 7.      | RECOMENDACIONES                                                                        | 115 |
|         | BIBLIOGRAFIA                                                                           | 117 |
|         | ANEXOS                                                                                 | 131 |

## ANEXOS

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEXO 1. Métodos de análisis de parámetros físico químicos y microbiológicos                                   | 132 |
| ANEXO 2. Caracterización y valoración de calidad del hábitat                                                   | 133 |
| ANEXO 3. Escalas de valoración de índices de contaminación                                                     | 135 |
| ANEXO 4. Abundancia y riqueza espacio temporal de los<br>macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Los Micos | 136 |
| ANEXO 5. Tablas utilizadas para el cálculo del índice de Integridad Biótica IBI                                | 139 |
| ANEXO 6. Valores de índices de contaminación, calidad del agua y hábitat                                       | 141 |
| ANEXO 7. Fotografías de los macroinvertebrados acuáticos de la<br>quebrada Los Micos                           | 142 |
| ANEXO 8. Plegable de gestión de calidad del agua en la microcuenca Los Micos                                   | 154 |
| ANEXO 9. Canción Expreso Las Ceibas                                                                            | 156 |
| ANEXO 10. Precipitación histórica de la estación La Gironda -Los Micos                                         | 157 |

## LISTA DE TABLAS

|           |                                                                                                                                                         | Pág. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1.  | Características morfométricas de la microcuenca de la quebrada los Micos                                                                                | 24   |
| Tabla 2.  | Localización geodésica de estaciones de muestreo                                                                                                        | 37   |
| Tabla 3   | Matriz de marco lógico de educación ambiental                                                                                                           | 46   |
| Tabla 4   | Valoración de calidad del hábitat de la quebrada Los Micos                                                                                              | 49   |
| Tabla 5   | Valores de variables físico químicas y microbiológicas de la quebrada Los Micos durante primer muestreo en mayo de 2010                                 | 50   |
| Tabla 6   | Valores de variables físico químicas y microbiológicas de la quebrada Los Micos durante segundo muestreo en mayo de 2011                                | 50   |
| Tabla 7   | Abundancia de familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la quebrada Los Micos durante muestreos realizados en mayo de 2010 y mayo de 2011 | 63   |
| Tabla 8   | Pruebas estadísticas para determinación de diferencias significativas en sustratos de la quebrada Los Micos                                             | 68   |
| Tabla 9.  | Ordenes de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la quebrada Los Micos                                                                            | 75   |
| Tabla 10. | Valores del Índice de Simpson en la quebrada Los Micos                                                                                                  | 89   |
| Tabla 11  | Valores del IBI según unidades unimétricas en cada estación y muestreo en la quebrada Los Micos                                                         | 91   |
| Tabla 12. | Valoración de la calidad del agua y de las condiciones de hábitat según índices bióticos y físico químicos                                              | 92   |
| Tabla 13. | Resumen de resultados a partir de matriz de marco lógico en educación ambiental                                                                         | 94   |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                       | Pág. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 1. Ubicación de microcuenca de los Micos en la cuenca del río Las Ceibas                                       | 23   |
| Figura 2. Precipitación media, máxima y mínima en la microcuenca de los Micos (estación La Gironda-IDEAM)             | 24   |
| Figura 3. Caudal medio mensual multianual en la quebrada Los Micos                                                    | 25   |
| Figura 4. Bosque húmedo premontano en la zona alta de la Microcuenca de La quebrada Los Micos, vereda Palestina       | 26   |
| Figura 5. Bosque Seco Tropical en la zona media de la microcuenca Los Micos                                           | 26   |
| Figura 6. Bosque Seco Tropical en sector de desembocadura de Los Micos en el río Las Ceibas                           | 27   |
| Figura 7. Localización de estaciones de muestreo en microcuenca quebrada Los Micos                                    | 38   |
| Figura 8. Estación de muestreo 1: nacimiento de la quebrada Los Micos                                                 | 40   |
| Figura 9. Estación de muestreo 2: Cauce de los Micos procedente de la vereda Palestina                                | 40   |
| Figura 10. Estación de muestreo 3: Quebrada proveniente de la vereda Floragaita                                       | 40   |
| Figura 11. Estación de muestreo 4: confluencia quebrada Castañal                                                      | 41   |
| Figura 12. Estación de muestreo 5: Confluencia quebrada San Rafael-Bahamón                                            | 41   |
| Figura 13. Estación de muestreo 6: cerca a la desembocadura de Los Micos En el río Las Ceibas                         | 41   |
| Figura 14. Variación espaciotemporal de la temperatura del agua en la microcuenca de la quebrada Los Micos            | 51   |
| Figura 15. Variación del pH en la quebrada Los Micos                                                                  | 52   |
| Figura 16. Variación de la dureza total en la quebrada Los Micos                                                      | 53   |
| Figura 17. Variación de la alcalinidad en la quebrada Los Micos                                                       | 53   |
| Figura 18. Valores de los sólidos disueltos, suspendidos y totales en la microcuenca de la quebrada Los Micos         | 54   |
| Figura 19. Valores de turbidez en la microcuenca de la quebrada Los Micos                                             | 55   |
| Figura 20. Valores de oxígeno disuelto en la quebrada Los Micos 2010-2011                                             | 56   |
| Figura 21. Valores de Porcentaje de Saturación de Oxígeno en la quebrada Los Micos                                    | 56   |
| Figura 22. Valores de DBO <sub>5</sub> en estaciones de muestreo en la microcuenca de La quebrada Los Micos           | 56   |
| Figura 23. Valores de fósforo total en estaciones de muestreo en la microcuenca de los Micos durante 2010 y 2011      | 57   |
| Figura 24. Valores de los cloruros en estaciones de muestro en la microcuenca Los Micos                               | 58   |
| Figura 25. Valores de la conductividad eléctrica en estaciones de muestreo en La microcuenca de la quebrada Los Micos | 58   |
| Figura 26. Valores de coliformes totales en la quebrada Los Micos años 2010-2011                                      | 59   |
| Figura 27. Valores de Coliformes fecales en la quebrada Los micos años 2010-2011                                      | 59   |
| Figura 28. Índice de contaminación por mineralización ICOMI en la quebrada los Micos durante 2010 - 2011              | 60   |

|            |                                                                                                                               |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 29. | Indice de Contaminación por Materia Orgánica ICOMO en la quebrada los Micos durante 2010 - 2011                               | 60 |
| Figura 30. | Indice de Contaminación por Sólidos Suspendidos ICOSUS en la quebrada Los Micos durante 2010 – 2011                           | 61 |
| Figura 31. | Indice de Contaminación Tráfico ICOTRO en la quebrada Los Micos durante 2010-2011                                             | 61 |
| Figura 32. | WQI en la quebrada Los Micos en muestreo del año 2010                                                                         | 62 |
| Figura 33. | WQI en la quebrada Los Micos en muestreo del año 2011                                                                         | 62 |
| Figura 34. | Porcentaje de ordenes encontrados en la quebrada Los Micos                                                                    | 65 |
| Figura 35. | Riqueza de géneros y/o morfotipos en porcentaje por orden taxonómico                                                          | 66 |
| Figura 36. | Indice de similitud de Jaccard de las estaciones de muestreo de la quebrada Los Micos                                         | 66 |
| Figura 37. | Presencia de Ordenes con mayor abundancia en los sustratos muestreados                                                        | 67 |
| Figura 38. | Número y porcentaje de individuos por sustrato muestreado                                                                     | 67 |
| Figura 39. | Proporción de familias más abundantes en los 3 sustratos                                                                      | 68 |
| Figura 40. | Proporción de familias más abundantes en el sustrato arena                                                                    | 69 |
| Figura 41. | Proporción de familias más abundantes en el sustrato cantos gravas                                                            | 69 |
| Figura 42. | Proporción de familias más abundantes en el sustrato hojarasca                                                                | 70 |
| Figura 43. | Ordenación por PCA a partir de similaridad de sorensen teniendo en Cuenta los géneros o morfotipos de la quebrada Los Micos   | 72 |
| Figura 44. | Análisis de ordenación PCA entre variables sustrato tiempo y presencia numérica de comunidad bentónica                        | 73 |
| Figura 45. | Análisis de correspondencia sin tendencia entre la unidad sustrato tiempo y los taxa de invertebrados bentónicos de Los Micos | 74 |
| Figura 46. | Número de Individuos de Ephemeroptera en la microcuenca de la quebrada Los Micos                                              | 77 |
| Figura 47. | Familias representativas de Diptera en la quebrada Los Micos                                                                  | 78 |
| Figura 48. | Familias representativas de Coleoptera y número de individuos en la microcuenca de la quebrada Los Micos                      | 80 |
| Figura 49. | Familias de Trichoptera y número de individuos en la microcuenca de la quebrada Los Micos                                     | 81 |
| Figura 50. | Número de individuos de Perlidae ( <i>Anacroneuria</i> sp) en la quebrada Los Micos                                           | 82 |
| Figura 51. | Numero de individuos de <i>Corydalus</i> en la quebrada Los Micos                                                             | 83 |
| Figura 52. | Familias representativas de Hemiptera en la quebrada Los Micos                                                                | 84 |
| Figura 53. | Familias representativas de Odonata en la quebrada Los Micos                                                                  | 85 |
| Figura 54. | Otros Invertebrados menos abundantes en la quebrada Los Micos                                                                 | 86 |
| Figura 55. | Indice de diversidad de Shannon de la comunidad bentónica de la quebrada Los Micos                                            | 87 |
| Figura 56. | Indice de riqueza de Margalef en la quebrada Los Micos                                                                        | 88 |
| Figura 57. | Riqueza de géneros por muestreo y sustrato en la quebrada Los Micos                                                           | 89 |

|            |                                                                                                 |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 58. | ACC entre valores biológicos, físico químicos y estaciones de muestreo de la quebrada Los Micos | 90 |
| Figura 59. | IBI quebrada Los Micos por estación y muestreo                                                  | 91 |
| Figura 60. | Presentación magistral sobre el tema del agua y la vida acuática                                | 95 |
| Figura 61. | Presentación videos ecológicos                                                                  | 95 |
| Figura 62. | Participación escolar con cartelera ambiental                                                   | 96 |
| Figura 63. | Socialización plegable ambiental                                                                | 97 |
| Figura 64. | Juego concéntrese con estudiantes de la Institución Palestina                                   | 97 |
| Figura 65. | Dados entomológicos.                                                                            | 98 |
| Figura 66. | Acompañamiento musical en interpretación de canción Expreso Ceibas                              | 98 |
| Figura 67. | Elaboración grupal de carteleras sobre la Micocuenca Los Micos                                  | 99 |
| Figura 68. | Práctica de campo                                                                               | 99 |

## RESUMEN

La cuenca hidrográfica del río Las Ceibas, es un ecosistema estratégico para el departamento del Huila, y en particular para la capital Neiva, por su aporte de servicios y funciones ambientales fundamentales para el desarrollo integral de la población allí asentada. A ella pertenece la microcuenca de la quebrada Los Micos, que tiene una extensión de aproximadamente 3835,33 hectáreas, representando el 12,7% de la cuenca de Las Ceibas y considerada importante para el abastecimiento de agua para consumo humano. Actualmente, por medio del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Ceibas, la microcuenca en mención fue objeto de gestión integral mediante el estudio de diseño de esquema funcional de compensaciones e incentivos por servicios ambientales, esquema que entró en operación en el presente año. No obstante, el análisis del recurso hídrico enmarcado en el plan de ordenación, no comprendió el estudio de organismos acuáticos, por lo que no se conoce la composición y estructura de la comunidad de invertebrados bentónicos. Por tal motivo, existe en esta microcuenca un vacío de conocimiento sobre esos organismos que son fundamentales en la dinámica del ecosistema de la corriente.

La presente investigación se orientó a establecer la composición de macroinvertebrados bentónicos y calidad biológica del agua de la microcuenca de la quebrada Los Micos, mediante identificación taxonómica y determinación de atributos ecológicos de dichos organismos, así como un análisis de variables físicoquímicas y bacteriológicas. Además, se incluyeron actividades de sensibilización ambiental, dirigidas al reconocimiento por parte de habitantes de la microcuenca sobre organismos de importancia en la gestión integral del recurso hídrico. Se realizaron muestreos de macroinvertebrados acuáticos en seis estaciones a lo largo del eje principal de la quebrada Los Micos, desde el nacimiento hasta la desembocadura, en mayo de 2010 y mayo de 2011; y se efectuaron mediciones de parámetros físicoquímicos requeridos para la aplicación y determinación de índices de calidad físico química y bacteriológica del agua. Se aplicó una ficha de registro para la determinación de condiciones de habitabilidad acuática y se identificaron al máximo nivel taxonómico los organismos encontrados, con la ayuda de claves y descripciones disponibles. El análisis de datos, incluyó la aplicación estadística de ANOVAS, análisis cluster y de componentes principales mediante paquete estadístico SPSS y StatGraphics 5.0; así mismo, se determinaron índices ecológicos de los grupos taxonómicos encontrados, se calcularon índices bióticos para la valoración de calidad del agua, e índices de calidad física y química del recurso hídrico.

Los grupos de organismos identificados en la microcuenca de la Quebrada Los Micos, corresponden a los Phylum Arthropoda, Annelida, Platyhelminthes y Mollusca; de estos, la Clase Insecta, obtuvo la mayor relevancia en cuanto a composición, riqueza y abundancia, al aportar el 98,64% del total de individuos. Fueron identificados como ordenes con mayor número de individuos, Ephemeroptera con 41,69%, Diptera con 25,09%, Trichoptera con

16,21%, y Coleoptera con 8,26%. La composición y abundancia de macroinvertebrados tuvo cierta variabilidad a lo largo de la corriente, pero se encontró un notorio desarrollo de la comunidad béntica con disponibilidad y calidad adecuadas de los hábitats de la corriente. Los índices bióticos de la comunidad mostraron una mayor estabilidad ambiental para los sitios ubicados en la sección más inferior de la microcuenca, lo mismo que se encontró esta estabilidad mediante los índices fisicoquímicos, puesto que aumentaron aguas abajo los índices de calidad de agua, los de calidad biológica y la biodiversidad.

**Palabras clave:** Macroinvertebrados acuáticos, Quebrada Los Micos, índices de calidad de agua, diversidad, hábitats de corrientes.

## SUMMARY

The watershed of Las Ceibas River is a strategic ecosystem for the department of Huila and its capital city Neiva, due to its contribution of environmental services and functions for the integral development of the human community. Las Ceibas watershed includes the micro basin of Quebrada Los Micos, which has an area of approximately 3,835.33 hectares, representing 12.7% of the whole watershed, and it has an important supply of water. Currently, through the Management and Regulation Plan for Las Ceibas River watershed, an integrated management for this micro basin has been developed with design of compensation and incentives for environmental services. However, work for this management plan has not included research on aquatic organisms; thus, composition and structure of benthic macroinvertebrate community are unknown.

This study was aimed to establish the composition and structure of the benthic macroinvertebrate community, and the biological water quality, of Los Micos micro basin, by determining taxonomy and ecological attributes of these organisms, and through analysis of physicochemical and bacteriological variables. Besides, the research included some activities of environmental awareness in order to develop knowledge and sensitivity on aquatic organisms among inhabitants of the micro basin. Macroinvertebrate samples were collected along the main watercourse of Los Micos, from headwater to the confluence, in May 2010 and May 2011; and physicochemical parameter were measured for the determination of water quality indexes. Invertebrates were identified to a high taxonomic level and the stream hábitat was evaluated according to aquatic suitability parameters. Data analysis included application of ANOVA, principal components and cluster analysis with SPSS and StatGraphics packages. Ecological indexes for taxonomic groups were determined in order to estimate biotic quality of the stream, as well as indexes for physical and chemical water quality.

Macroinvertebrates collected in Quebrada Los Micos were mainly of Phyla Arthropoda, Annelida, Platyhelminthes and Mollusca. Class Insecta reached the highest relevance due to composition, richness and abundance with 98.64% of total number of individuals. Insect orders with highest numbers were Ephemeroptera with 41.69%, Diptera with 25.09%, Trichoptera with 16.21% and Coleoptera with 8.26%. Composition and abundance of macroinvertebrates showed some variability along the stream, but a general suitability was observed for the development of the benthic community located in several stream habitats. Biotic indicators showed higher environmental stability in stream sites located in the downstream section of the micro basin. This stability was also supported by evaluation of water quality through application of physicochemical indexes, as well as biotic quality, alpha diversity and habitat quality indexes.

**Key words:** Aquatic macroinvertebrates, Quebrada Los Micos, water quality indexes, diversity, stream habitats

## INTRODUCCIÓN

La trascendencia del agua como recurso utilizado por el hombre, se reconoce desde las culturas más antiguas. La gestión del agua hace parte de la agenda de los países a nivel mundial. Su estudio en el contexto de la conservación y planificación de su uso, comprende el análisis de las comunidades acuáticas, dentro de las cuales los macroinvertebrados acuáticos, se han utilizado intensivamente en Europa y América del Norte, y más recientemente en Sur América. Bajo esta denominación se incluyen varios phyla de organismos pertenecientes a Coelenterata, Platyhelminthes, Nematomorpha, Annelida, Mollusca y Arthropoda, éste último con gran mayoría de la clase Insecta, relacionados con ambientes de corrientes y lenticulares de aguas dulces (Roldán y Ramírez, 2008, Merrit et al, 2008, Dominguez y Fernandez, 2009).

Los macroinvertebrados acuáticos se consideran una comunidad bioindicadora de hábitat o de condiciones ambientales relacionadas con la calidad del agua. Según Roldán (2003) un bioindicador de calidad de agua es una especie o población o comunidad indicadora, que tiene requerimientos específicos con relación a un conjunto de variables físicas o químicas conocidas, cuyos cambios en la presencia ausencia, número de individuos, fisiología, morfología o comportamiento de estas especies, indican que las variables físicas químicas dadas están fuera de sus límites preferidos.

En otros países, tales como España, Alemania, Inglaterra, Estados Unidos, Argentina, México, Brasil, además de incluir la tradicional inspección fisicoquímica y bacteriológica de las aguas, se incluye biomonitoreo en el que los macroinvertebrados acuáticos juegan un papel decisivo. Varios autores hacen referencia a las ventajas de su uso (Figuerola et al, 2003; Taowu et al, 2008; Kagalou et al, 2006; Bonada et al, 2006), relacionados con una mayor sensibilidad de este grupo a diversos tensores ambientales. Así mismo, su amplia diversidad, con variados requerimientos en la alimentación, crecimiento y reproducción, hace que se encuentren en todos los ecosistemas acuáticos, favoreciendo estudios comparativos, y presentando ventajas técnicas asociadas a los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras que pueden ser realizados con equipos sencillos.

Es por esto que actualmente los estudios orientados a determinar las condiciones ambientales de los ecosistemas acuáticos se complementan con el estudio de la biota, en el que los macroinvertebrados acuáticos son utilizados prioritariamente.

Se han desarrollado distintos métodos de evaluación de la calidad del agua basados en los macroinvertebrados acuáticos. Para el caso de nuestro país, es reciente la validación del índice BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party, Colombia) adaptado por Roldán (2003). Sin embargo, su contextualización requiere un gran esfuerzo investigativo en las diferentes fuentes hídricas ubicadas en nuestro territorio; a nivel del Huila es escasa la aplicación del método, y se necesitan diversos estudios que apunten a su confirmación regional (Sánchez et al, 2006).

En el norte del Huila, la cuenca del río las Ceibas, ha sido objeto de diversos análisis por la importancia de su recurso hídrico y actualmente se ha establecido como cuenca en ordenación de acuerdo a las reglamentaciones ambientales. Por este motivo, existen diagnósticos y planes de manejo de la cuenca, entre los cuales se realizó una evaluación de los organismos de las corrientes (Sánchez, 1987). Dentro de esta cuenca, la microcuenca de la quebrada Los Micos, ha sido señalada como una unidad modelo para la gestión integral, lo que amerita un mayor conocimiento de sus componentes bióticos.

El presente trabajo aborda la determinación de aspectos que caracterizan la estructura y funcionamiento de los macroinvertebrados del ecosistema acuático de la quebrada Los Micos, una caracterización físicoquímica y bacteriológica, la aplicación de índices bióticos y de calidad de agua específicamente el llamado NSF (National Sanitation Foundation), índices de contaminación ICO e índices de diversidad y abundancia de organismos acuáticos. El análisis estadístico permite elementos de comprensión y correlación de las variables utilizadas; así mismo se analiza la variación espacio temporal de las comunidades bentónicas encontradas y ligadas a los sustratos muestreados. Con base en estos estudios y a la importancia de la microcuenca, se consideró importante plantear elementos de educación ambiental para este ecosistema.

La abundancia y diversidad de invertebrados encontrados en la microcuenca, representan una contribución al conocimiento de esta fauna en el Huila y el país, pues se han identificado numerosos taxa que se registran por primera vez en la región y que ameritan mayores análisis en cuanto a su distribución y actividades. Por consiguiente, los resultados del trabajo contribuyen a una mejor comprensión del funcionamiento del ecosistema acuático de este tipo de corrientes en nuestro medio, y tienen importancia para establecer mecanismos de gestión como la educación ambiental.

## DEFINICION DEL PROBLEMA

Las actividades llevadas a cabo por las comunidades humanas asentadas en la microcuenca de la quebrada Los Micos, corresponden al desarrollo de sistemas agropecuarios extensivos, en los que recién se están validando e incorporando novedosos manejos sostenibles de producción en actividades agrícolas relacionadas con el café, cacao y algunos frutales, y con sistemas pecuarios bovinos principalmente. Históricamente, la ocupación de la microcuenca se ha realizado a lo largo del eje principal de la quebrada Los Micos, en condiciones de oferta ambiental limitada. Esta situación ha generado algún grado de alteración de los recursos edáficos, el deterioro de la calidad del agua y posible afectación de las comunidades acuáticas.

Los muestreos de parámetros físicoquímicos son los más utilizados para evaluar y controlar la calidad del agua en lo que tiene que ver con aspectos ambientales relacionados con actividades antrópicas e industriales. Dada la capacidad de integración de los efectos ambientales en ámbitos espaciotemporales cambiantes, las comunidades de organismos acuáticos son de gran utilidad como bioindicadores de calidad de aguas. Al respecto, el uso de los macroinvertebrados acuáticos en la valoración integral de la calidad de las aguas, se puede considerar aún con muy escasa utilización a nivel nacional, no obstante entidades como el IDEAM avanzan en estudios técnicos integrales en pro de la determinación de necesidades hídricas para las funciones ambientales y ecológicas de los ecosistemas acuáticos del país (IDEAM, 2010), lo cual debe incluir el estudio de la composición y estructura de dichas comunidades acuáticas y en general de toda la biota que conforma los ecosistemas acuáticos.

A nivel regional y local, la utilización del valor de la bioindicación de las comunidades de invertebrados bentónicos en ecosistemas acuáticos, se ha realizado especialmente en el río Magdalena (Sánchez et al, 2006), mientras que otros estudios se han orientado a las relaciones de alimentación de dicha comunidad acuática, así como al uso de índices bióticos en el río Las Ceibas y la quebrada La Toma (Sánchez, 1987; Sánchez et al, 2004).

En la actualidad, dado que no existen referentes sobre el uso de los macroinvertebrados acuáticos en la determinación de calidad del agua de la quebrada Los Micos, es importante la aplicación de metodologías de evaluación que permitan valorar el cambio de condiciones ambientales en el sistema acuático, teniendo en cuenta índices bióticos que relacionen aspectos ecológicos entre los organismos y las condiciones de hábitat. Así mismo, la incorporación de la población en actividades de sensibilización ambiental, es un elemento indispensable para el logro de la transferencia de conocimiento en torno al tema de bioindicación y gestión hacia el uso sostenible de los recursos hídricos.

Con base en estos requerimientos, se pueden plantear las siguientes preguntas de investigación:

¿Cómo cambian la riqueza, abundancia y composición de los macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo ubicadas desde la zona alta hacia la zona baja de la quebrada Los Micos?

¿Cómo varían los índices bióticos a partir de la determinación de características de los macroinvertebrados acuáticos, en la quebrada Los Micos, teniendo en cuenta los cambios de calidad físicoquímica del agua y condiciones de hábitat?

¿Cuál es la aplicabilidad de los componentes de la comunidad de invertebrados acuáticos en procesos de educación ambiental que contribuyan a la conservación de los recursos del ecosistema de la quebrada Los Micos?

A partir de estas preguntas se han formulado las siguientes hipótesis de trabajo:

La quebrada Los Micos al ser un sistema integrador entre componentes físicos, químicos y de la biota, presenta comunidades biológicas representativas, dentro de las cuales los macroinvertebrados acuáticos tienen una variación en aspectos como la abundancia, riqueza y composición, según los cambios en parámetros físico químicos del agua y en las condiciones del hábitat, siendo organismos con un valor bioindicador que puede ser importante como herramienta de educación ambiental orientado a las comunidades humanas asentadas en la microcuenca.

Las estaciones de la parte alta y media en las que hay mejor conservación de la cobertura vegetal de la microcuenca podrían presentar mayor riqueza y número de géneros únicos de invertebrados acuáticos, respecto a las estaciones de la zona media y baja en las que hay menor vegetación ribereña. Además, la degradación de estas coberturas, podrían incidir en la calidad del hábitat, y manifestarse en la estimación de características físicas que determinan dicha calidad.

El conocimiento de la composición y características de la comunidad de invertebrados y sus variaciones a lo largo de la corriente pueden permitir la ejecución de acciones de sensibilización ambiental orientadas a la población escolar de la microcuenca, la cual puede influir en un manejo más racional del ecosistema.

Los problemas e hipótesis planteados para la ejecución del trabajo, llevaron a resultados significativos sobre esta comunidad biótica de la corriente, los cuales contribuyen al conocimiento de los ecosistemas acuáticos regionales y a las potencialidades para su manejo sostenible.

## JUSTIFICACION

Los ecosistemas acuáticos tienen un valor imponderable como fuentes de vida en sus diversas manifestaciones. Así mismo brindan bienes, servicios y funciones fundamentales para el sostenimiento de las actividades humanas. La interacción y formas de relación entre los componentes que conforman las dimensiones sociales, económicas y naturales a nivel territorial, configuran transformaciones y cambios que requieren valoración, seguimiento y acciones que contribuyan a mantener el capital natural sobre el cual se sustenta la actividad humana.

Es por lo anterior que el abordaje de estudios orientados a la gestión adecuada y manejo de los ecosistemas tiene mayor campo de acción. En ese sentido, la microcuenca como unidad hidrológica básica de análisis, se toma como referencia para estudios que incluyen recursos naturales y actividades humanas que se determinan con fines de ordenación para el aseguramiento de la oferta ambiental y, con ello, el desarrollo de las actividades productivas que sustentan a las sociedades.

En concordancia con lo expresado previamente, en el departamento del Huila se ha realizado la priorización de cuencas hidrográficas, clasificadas teniendo en cuenta aspectos significativos como orden de las corrientes y estructura de presión-estado-respuesta, (CAM-CODESIA, 2005). Dicho proceso se desarrolló según lo establecido en el Decreto 1729 de 2002, bajo los parámetros y criterios estipulados por el IDEAM (2003).

Al respecto, la cuenca hidrográfica del río las Ceibas tuvo el primer lugar de prioridad de ordenación, por lo cual ya se ha concluido la formulación del plan de ordenación y manejo, que actualmente está en ejecución en su primera fase. Dentro de este proceso, la microcuenca de la quebrada Los Micos ha sido postulada para el desarrollo de un esquema de pago por servicios ambientales, mecanismo que recientemente se ha puesto en operación en un convenio interinstitucional (CAM-PATRIMONIO NATURAL, 2010).

No obstante estas formulaciones y ejecuciones, dentro del componente hídrico la caracterización biológica ha sido referenciada únicamente en un estudio realizado en el río Las Ceibas hace ya más de dos décadas (Sánchez, 1987). Por lo anterior, este trabajo se orienta a la investigación de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Los Micos, para generar información sobre su composición y estructura actual, teniendo en cuenta índices bióticos utilizados de manera generalizada en este tipo de estudios, mediante metodologías que combinan parámetros físico químicos, condiciones de habitabilidad y características de la comunidad biótica, y el estado general del ecosistema en referencia.

El abordaje de estos aspectos, así como la socialización respectiva a la población escolar del área, hace parte de las actividades desarrolladas, todo lo cual, se convierte en información básica para la toma de decisiones y ajustes y complementaciones en los planes de gestión orientados al manejo sostenible de los recursos de la microcuenca.

## 1.OBJETIVOS

### 1.1. GENERAL

Establecer la composición y estructura de macroinvertebrados bentónicos y la calidad del agua de la microcuenca de la quebrada Los Micos mediante mediciones físicoquímicas y biológicas y determinación de índices en estaciones representativas de la corriente que permitan su evaluación general y contribuyan a su conservación.

### 1.2. ESPECIFICOS.

Determinar taxonómicamente la fauna de macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Los Micos con muestreos en estaciones de referencia.

Evaluar la calidad del agua de la quebrada los Micos, a partir de la fauna de macroinvertebrados bénticos y de variables físicoquímicas.

Determinar algunos atributos ecológicos a partir de la información resultante del análisis taxonómico de los organismos bentónicos y condiciones de hábitats de la corriente.

Realizar actividades de educación ambiental teórico práctica dirigida a la comunidad escolar asentada en la microcuenca de la quebrada Los Micos.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. DESCRIPCION DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LOS MICOS

A continuación se hará una breve descripción de aspectos relevantes para el conocimiento integral de la microcuenca.

#### 2.1.1. Localización y áreas

La microcuenca de la Quebrada los Micos, se encuentra en el costado norte de la cuenca del Río Las Ceibas, la cual posee un área de 3.835,33 Has con una cota máxima de 1.600 m.s.n.m. en la vereda Palestina sobre la vertiente Occidental de la Cordillera Oriental; y una mínima a 600 m.s.n.m., cuando desemboca en el Río Las Ceibas (FAO, 2009).

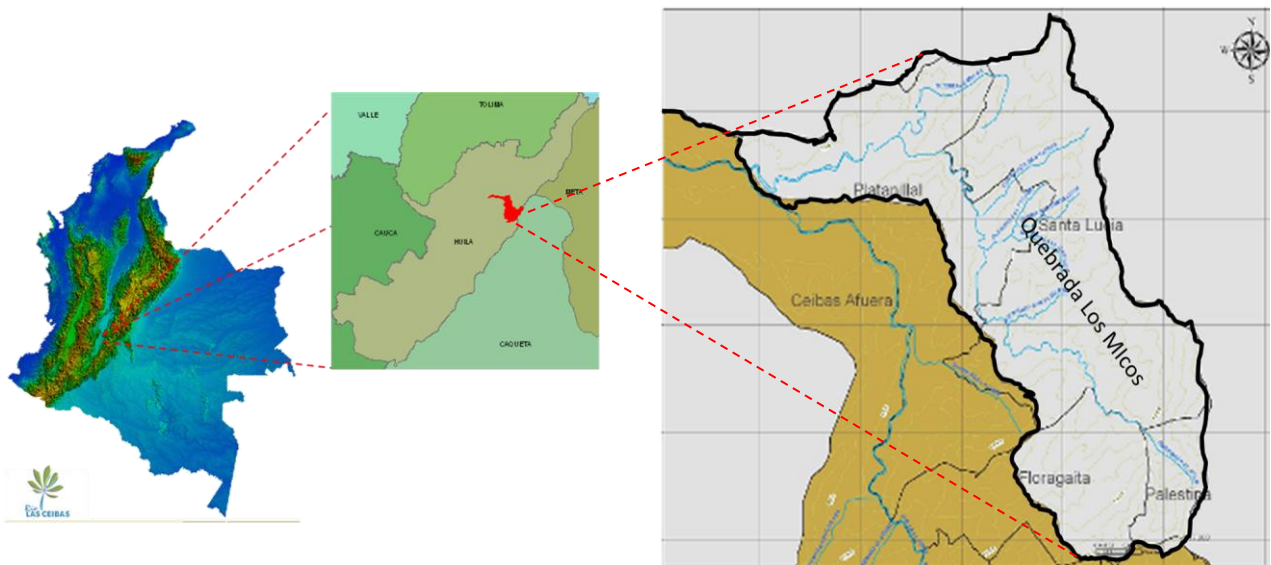


Figura 1. Ubicación Microcuenca Los Micos en la Cuenca del Río Las Ceibas. Fuente: Proyecto Río Ceibas, FAO, 2009.

#### 2.1.2. Clima e hidrografía.

El clima de la microcuenca está afectado por la Zona de Convergencia Intertropical, al ubicarse en el trópico, así mismo, la influencia de la cordillera oriental genera condiciones climáticas particulares. La combinación de parámetros como temperatura, humedad relativa y altura sobre el nivel del mar, establecen climas que van desde medio y húmedo en la zona alta hasta cálido y seco en el sector bajo.

Domina el régimen bimodal con dos períodos de mayores lluvias entre marzo y abril y mayo y octubre a diciembre, y dos períodos de lluvias menores entre enero y febrero y

junio a septiembre (Ver figura 2). La microcuenca en su zona alta, junto con las de Motilón, San Bartolo y Ceibas Medio son responsables de la mayor parte de la escorrentía superficial directa de la cuenca del río Ceibas (Universidad Nacional de Colombia, 2006)

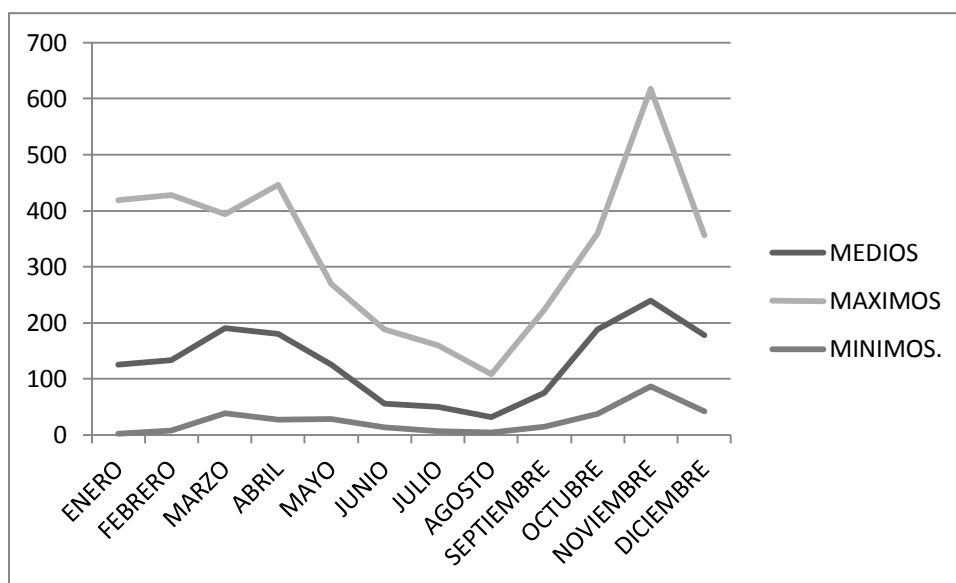


Figura 2. Valores de precipitación media, máxima y mínima en microcuenca de la quebrada Los Micos (1983-2012, estación La Gironda- IDEAM).

Las características morfométricas de la microcuenca de los Micos, permite describirla como una unidad de pequeña extensión, asimétrica, de forma predominante alargada, y pendiente suave entre 1 y 10% que es determinante para que los tiempos de concentración se prolonguen, para el caso de Los Micos a 108,45 minutos. Teniendo en cuenta la densidad de drenaje (que define la longitud de cauces por unidad de área), representa condiciones medias de esta característica morfométrica (Londoño, 2001).

Tabla 1. Características morfométricas de la microcuenca los Micos

| CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA SUBCUENCA LOS MICOS |             |
|---------------------------------------------------------|-------------|
| AREA                                                    | 38.22 Km2   |
| PERIMETRO                                               | 36.44 Km    |
| LONGITUD AXIAL                                          | 18.13 Km    |
| ANCHO PROMEDIO                                          | 2,11 Km     |
| INDICE DE FORMA                                         | 0,12        |
| INDICE ASIMETRICO                                       | 1.97        |
| DENSIDAD DRENAJES                                       | 2.61 km/km2 |
| INDICE DE COMPACIDAD                                    | 1.66        |
| TIEMPO DE CONCENTRACIÓN                                 | 108,45      |
| PENDIENTE (%)                                           | 6.11        |

Fuente: CAM, 2007.

En cuanto al caudal medio mensual multianual, la Universidad Nacional de Colombia (2006) reporta un valor medio de 0,58 m3/s (figura 3), y un rendimiento hídrico de 15

LPS/km<sup>2</sup>, considerado bajo, lo que permite establecer sus altos aportes de escorrentía subsuperficial y subterránea para la cuenca del río Las Ceibas.

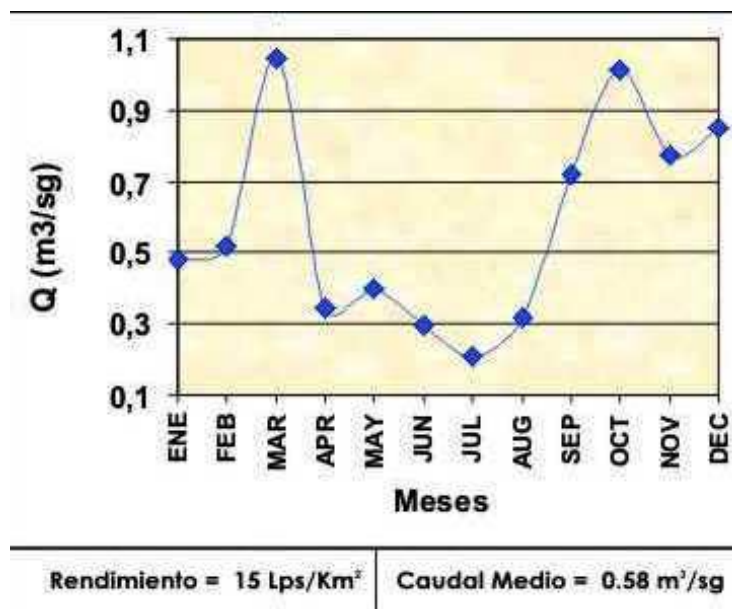


Figura 3. Caudal medio mensual multianual en la quebrada Los Micos.  
Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2006.

Hidrológicamente la microcuenca de la quebrada Los Micos se ve abastecida por las quebradas Mulas, El Carbón, El Totumo, Santa Lucía, Santa Marta, San Rafael y por drenajes secundarios que en total suman una longitud de 127,58 km (FAO, 2009)

### 2.1.3. Geomorfología

La microcuenca de la quebrada los Micos, hace parte de las siete que conforman la cuenca del río Las Ceibas; sobresalen las pendientes entre moderadas e inclinadas y en pequeña proporción las pendientes escarpadas, mientras en el sector bajo de la misma, se ubican zonas planas y de valle de inundación.

En general, la caracterización geomorfológica de la cuenca del Río las Ceibas a la cual pertenece la de la quebrada Los Micos, presenta 4 unidades principales que distinguen la evolución de la cuenca: el Piedemonte Oriental Disectado, las Laderas Sedimentarias Plegadas, las Cuchillas Ígneo-metamórficas Erosionadas y la Altiplanicie Disectada. Estas grandes unidades, con sus subunidades importantes responden tanto al control litológico de la región como a la evolución a través del tiempo de los procesos de levantamiento progresivo de la Cordillera Oriental, y la sucesiva profundización del sistema fluvial y la cuenca en general (Universidad Nacional de Colombia, 2006).

Las características geomorfológicas ligadas al uso inapropiado en algunas áreas por actividades humanas agropecuarias, generan fenómenos superficiales de erosión hídrica,

desprendimientos y deslizamientos menores, sobre todo en zonas en donde la cobertura vegetal es escasa y se presenta sobrepastoreo y quemas. Así mismo, procesos erosivos complejos como la reptación, solifluxión son evidentes en áreas con suelos arcillosos sobre las laderas erosionales en las formaciones arcillosas de Villeta, Guaduas y Gualanday, fenómenos erosivos que son agravados por la apertura y ampliación de la vía principal como ocurre en la vereda Platanillal. En las laderas estructurales del sector de Santa Lucía, con presencia de rastrojo y bosques con frutales, se dan de manera localizada desprendimientos menores y reptación, evidenciados por las terracetas de ganado (Universidad Nacional de Colombia, 2006).

#### 2.1.4. Vegetación y usos del suelo.

La presencia de comunidades vegetales en la microcuenca de la quebrada Los Micos, en concordancia con el sistema bioclimático de Holdridge y lo reportado por Espinal (1990), corresponden al Bosque Húmedo Premontano bh-PM (o Tierra Cafetera Húmeda) y Bosque Seco Tropical bs-T(Tierra Caliente Seca); la primera zona de vida mencionada, hace presencia en la zona media y alta de la microcuenca (Figuras 4 y 5); limita con la zona de valle tropical seca del río Las Ceibas, y en su extensión del valle del río Magdalena; mientras la segunda zona de vida mencionada cubre parte del sector medio y bajo de Los Micos (Figuras 6, 7 y 8).

Según Patrimonio Natural-FAO-Cuchiyuyo (2010), la unidad de cobertura del suelo denominada bosques, cubre un 36,6% de la superficie total de la microcuenca con 1404 has. En el Bosque Húmedo Premontano se encuentran especies vegetales de Arrayán (*Myrcia* sp.), Punta de lanza (*Vismia baccifera*), Coralito (*Adenaria floribunda*), Laurel (*Nectandra* sp.), Higuerón (*Ficus* sp.), Pedro Hernández (*Toxicodendrum striata*), Dulomoco (*Saurauia* sp.), Guamo (*Inga codonantha*), Nogal (*Cordia alliodora* Ruiz y Pabón), Cedro (*Cedrela* sp.) y Yarumo (*Cecropia* sp.); en el Bosque seco Tropical, sobresalen especies de tachuelo (*Spirotheca trilobata*), Chambimbe (*Sapindus saponaria*), samán (*Samanea saman*), iguá (*Guazuma ulmifolia*), Dinde (*Chlorophora tinctoria*), chicható (*Muntingia calabura*), bilibil (*Guarea guidonia*), pelá (*Acacia farnesiana*), chaparro (*Curatella americana*), diomate (*Astronium graveolens*). En términos generales, estas comunidades vegetales se presentan restringidas a zonas de nacimiento de afluentes de la quebrada Los Micos, áreas conservadas con acompañamiento técnico por parte del proyecto FAO-Rio Ceibas, y por iniciativa propia de algunos pobladores en sus predios.



Figura 4. Bosque húmedo Premontano. a) en la zona alta de la microcuenca Los Micos.  
b) en zonas de nacimiento de algunos tributarios, Vereda Palestina.



Figura 5. Bosque Seco Tropical. a) en la zona media de la microcuenca Los Micos.  
b) Relictos en riberas de la Quebrada Los Micos.  
Fotos tomadas por el Autor.

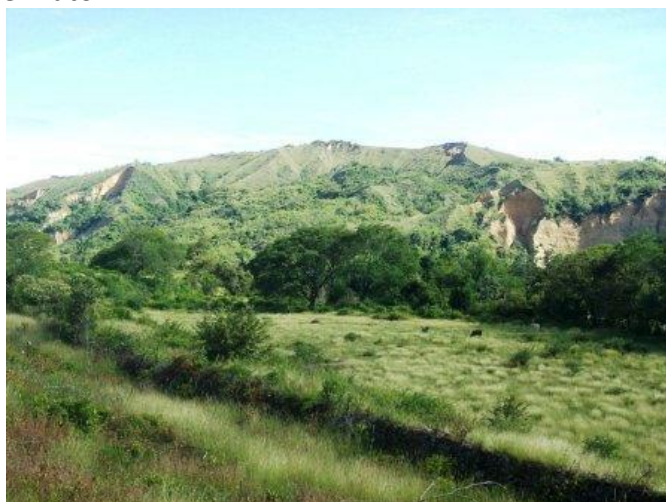


Figura 6. Bosque Seco en el sector de la desembocadura de la quebrada Los Micos en el  
Río Las Ceibas.

#### 2.1.5. Características socioeconómicas

La microcuenca está habitada por 331 pobladores distribuidos en 6 veredas: Platanilla, Santa Lucía, Floragaita, Palestina, Canoas, Primavera; ubicados en 154 predios, de los cuales 73.4% están habitados. En general, la infraestructura de vivienda es de bajas especificaciones, construidas con materiales variados como el bahareque, tabla y guadua, mientras un pequeño porcentaje en cemento y ladrillo. Lo anterior, las hace vulnerables a situaciones de riesgo ocasionados por eventos naturales y antrópicos generadores de amenaza (Patrimonio Natural-FAO-Cuchiyuyo, 2010).

En cuanto al acceso a servicios básicos, la energía cubre el 95% de pobladores; mientras el suministro de agua se hace por medio de acueductos veredales y regionales. Los pobladores cuentan con dos Instituciones Educativas, ubicadas en las veredas Palestina y Santa Lucía, correspondientes a la zona alta y baja de la microcuenca de Los Micos respectivamente; dichas instituciones ofrecen la básica primaria y educación media. Esta población escolar compuesta por niños y jóvenes entre los 5 y 15 años de edad, se convierten en agentes dinamizadores en procesos de sensibilización ambiental a partir de la educación ambiental no formal mediante talleres de participación en donde se fortalezcan los objetivos comunes priorizados en la ordenación de la cuenca, como lo son la conservación de los recursos hídricos, y aprender a valorar y reconocer los ecosistemas como base fundamental que sostiene cualquier actividad humana.

La población en su gran mayoría encuentra sustento económico y alimentario en actividades agropecuarias ya sea con cultivos solos como en el caso de café o cacao, y/o mixtos o asociados; así mismo las actividades pecuarias basadas en sistemas de ganadería extensiva, hacen un aporte importante como sustento económico.

#### 2.1.6. Educación ambiental en las cuencas hidrográficas.

La gestión integral en una microcuenca, debe tener como eje primordial, el acompañamiento social-ambiental, que garantice una sensibilización a la comunidad sobre su influencia en los ecosistemas acuáticos y terrestres de los cuales se sustentan. Y en ello, tiene directa injerencia la educación ambiental entendida como “un proceso que ayuda a desarrollar las habilidades y actitudes necesarias para comprender las relaciones entre los seres humanos, sus culturas y el mundo biofísico...también debe estimular la curiosidad, fomentar la toma de conciencia y orientar hacia un interés informado que eventualmente será expresado en términos de una acción positiva” (UNESCO-PNUMA, 1997).

A nivel formal, la educación ambiental ha sido incorporada mediante la ley 115 de 1994, o Ley General de Educación, siendo la dimensión ambiental un componente básico a ser incluido como eje transversal, que ligue todas las áreas del conocimiento y todas la

actividades del currículo, para lograr la formación integral de los individuos. Sin embargo, se deben tener otros soportes que permitan que los procesos educativos se fortalezcan y cumplan los objetivos fundamentales establecidos desde la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental de 1977 en Tbilisi, en la Conferencia de Río de Janeiro en 1992, y posteriormente en lo enmarcado en nuestra política nacional de educación ambiental de 2002 y en la reciente Política Nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012), que se relacionan de una parte, con la investigación, que aporta el conocimiento de las condiciones del entorno; de otra, la participación ciudadana que le permite orientar la formación de individuos y colectivos para participar en procesos de gestión y en tercer lugar la coordinación interinstitucional e intersectorial que le brinda la posibilidad de unir intereses dispersos para lograr objetivos comunes (Universidad Nacional de Colombia, 2012).

El proyecto de la Cuenca Rio las Ceibas con la FAO (2009), al cual se integra esta evaluación de la quebrada Los Micos, ha priorizado la gestión integrada partiendo de la participación de toda la comunidad e institucionalidad involucrada. Por lo tanto, la educación ambiental hace parte de los programas que intervienen mediante acciones específicas, sobre la población asentada en todas las subcuencas que la componen.

## 2.2. COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS DE LOS ECOSISTEMAS DE CORRIENTES

Los ecosistemas lóticos establecen condiciones para el mantenimiento de formas de vida a nivel micro y macroscópico, mediante procesos que involucran entradas y salidas de energía, información, y material alóctono–autóctono. Como unidad estructural, el ecosistema mantiene una dinámica en la que los organismos que determinan la comunidad biótica, se adaptan a circunstancias espacio temporales, en las que consiguen desarrollar sus ciclos de vida, algunos de manera muy especializada, otros con rangos amplios de características que los hace más generalistas y cosmopolitas. Los invertebrados acuáticos que hacen parte de esta comunidad hidrobiológica, conforman grupos funcionales, que dependen de los nutrientes y materiales a lo largo del cauce. La estructura física como la morfometría fluvial y bosques de ribera, así como el régimen de caudales, entre otros aspectos, condicionan su presencia; por tal razón, el estudio de la hidromorfología, debería ser más tenido en cuenta en la evaluación del funcionamiento de los ecosistemas, pues es la base de cualquier sistema acuático, al ser un elemento que estructura las comunidades y procesos biológicos que se dan (HIDRI, 2006; Roldán y Ramírez, 2008; Dodds, 2002). Es decir, los ecosistemas de corrientes son sistemas complejos en los que se conjugan fenómenos físicos, químicos y biológicos, con una dinámica espacial y temporal también compleja (Allan, 1995), por lo que ameritan un enfoque más integrador.

En el contexto nacional, los ecosistemas de corrientes andinos tipo quebradas, ríos mayores y menores, caracterizados por el flujo unidireccional del agua y conexiones laterales de ribera y con el nivel freático, que cambian constantemente a causa de las variaciones del caudal (Allan, 1995), se destacan porque albergan una gran diversidad de organismos acuáticos y semiacuáticos. Además de los invertebrados, existen otros grupos faunísticos y florísticos que soportan la estabilidad y manera de funcionamiento de estos sistemas naturales, ante lo cual se requiere una evaluación integral que trascienda a nivel multidisciplinario.

Entre esos organismos, el grupo de los invertebrados acuáticos representa una comunidad muy diversa y abundante. Además, sus modos de vida, condiciones y requerimientos de hábitats diversos, así como sus variadas adaptaciones, les confiere características importantes, hoy en día tenidas en cuenta en la valoración de la calidad del agua y de los hábitats acuáticos. Por estas razones, este grupo compone y representa en gran proporción la comunidad de los sistemas de corrientes no sólo en nuestro contexto tropical sino en todos los tipos de corrientes (Roldán, 2003; Smith, 2008).

#### 2.2.1. Estructura y función

La presencia de la comunidad de invertebrados acuáticos, está en función de varios aspectos; entre estos, parámetros ambientales como la dinámica del flujo, estructura del sustrato, el aporte de materiales y su transporte en el agua, el desarrollo biogeográfico del río y su cuenca, y las influencias externas generadas por fenómenos naturales y por intervención humana en su entorno (Allan, 1995). Por lo anterior, atributos de las poblaciones de organismos acuáticos suelen ser testigos del grado de intervención y alteración ambiental de los ecosistemas de corrientes más que en los lenticulares, en donde la estabilidad del sistema es más limitada. De ahí que la geomorfología de las corrientes en una cuenca explique en cierta manera la comunidad como un continuo de asociaciones que se corresponden con el continuo de factores físico químicos y de procesos ecológicos que conforman la estructura y función del ecosistema (Sánchez, 1987).

La presencia de distintas condiciones de habitabilidad acuática juega un papel preponderante en la conformación de las comunidades acuáticas. Puesto que las similitudes en dichas condiciones en diferentes tipos de corrientes de menor orden se hacen evidentes tanto en ecosistemas de zonas templadas como del trópico, así mismo, la presencia de ciertos ordenes prevalece con grupos como Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera, Coleoptera, Plecoptera, Hemiptera, Megaloptera, Odonata, Lepidóptera, y en menores proporciones de otras clases de invertebrados que incluyen Arachnoidea, Crustacea, Turbellaria, Oligochaeta, Hirudinea, Gastropoda, Bivalvia.

En términos ecológicos, dichas poblaciones se establecen en hábitats preferentes, lo que les da modos de vida determinados, como son el *bentos* que hace referencia a aquellos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de

vegetación y sustratos similares, dentro de éstos, existen familias que se entierran en el fondo o se adhieren a rocas o vegetación acuática por medio de mecanismos morfológicos especiales (Roldán, 2003). El necton hace referencia a aquella comunidad que se mueve o nada libremente por toda la columna de agua, requiriendo en alta o baja proporción del aire de la atmósfera, por lo que presentan mecanismos de respiración hidropnéustica (tomando el oxígeno a través de la piel o agallas filamentosas) o aeropnéustica (toman el oxígeno directamente del aire) o con sistema traqueal cerrado o abierto (Merritt et al, 2008).

El estudio de la estructura de las comunidades biológicas, dentro de las cuales se incluyen los macroinvertebrados acuáticos, parte del hecho de identificar sus propiedades, las cuales pueden clasificarse en colectivas y emergentes. Mientras las primeras se relacionan con el número de especies (riqueza), abundancia y su relación entre las diferentes especies, diversidad y biomasa, entre otros, las propiedades emergentes consideran las interacciones entre las especies que forman parte de la comunidad como por ejemplo la estructura trófica entre otras (Bonilla y Guillot, 2003).

Los macroinvertebrados cumplen importantes funciones relacionadas con el fraccionamiento de la materia orgánica lo cual permite dejarla disponible para otros organismos, así mismo participan en el ciclaje de nutrientes, hacen control de la productividad primaria, y son fuente alimentaria de organismos de mayor movilidad y tamaño, por lo que hacen parte activa en las cadenas y redes alimentarias (Merritt et al, 2008; Dodds, 2002). Dada su condición heterotrófica, los invertebrados acuáticos cumplen funciones dependientes de material orgánico principalmente aportado por la dinámica de la fuente hídrica, lo cual permite que en el ecosistema se desarrollen transformaciones tróficas, activando las redes alimentarias acuáticas, semiacuáticas y terrestres.

La clasificación en grupos funcionales a partir de las actividades alimenticias de los macroinvertebrados, es usualmente interpretado, para analizar la dinámica ecológica del ecosistema (Kalf, 2003). Así, dichos grupos representan actividades fundamentales que aunque pueden variar según condiciones cambiantes del hábitat o del desarrollo propio del organismo, se consideran los siguientes: trituradores, que se relacionan con la fragmentación de material orgánico e incluyen células de bacterias y hongos; los recolectores y filtradores, que obtienen alimento de materia orgánica disuelta fina sedimentada o en suspensión; los raspadores que desarrollan recolección de material orgánico de diversas superficies de rocas, hojarasca y otros elementos; los depredadores que engullen o perforan organismos enteros o sus partes (Merritt et al, 2008; Dodds, 2002)

Los anteriores roles funcionales se explican a partir de la relación que tienen las especies de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos con aspectos cambiantes en la corriente a nivel de flujo principalmente, influenciados por la geomorfología, dinámica fluvial, clima, uso del suelo ribereño, entre otros aspectos relacionados; dada la gran variedad de actividades alimentarias, correspondiente con la alta diversidad de especies,

las categorías funcionales son una orientación en la que los taxa no se pueden restringir estrictamente en muchas familias de macroinvertebrados acuáticos (Sánchez, 1987).

### 2.3. CONTAMINACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA.

La polución del agua se define como una alteración de las características físicas, químicas o bacteriológicas del agua como resultado de las actividades humanas o procesos naturales. Así mismo se define la contaminación del agua como la polución de esta que produce o puede producir enfermedad y aún la muerte del consumidor (Rojas, 2008). Es decir, un tipo específico de polución es la contaminación, la cual implica la introducción al agua de materiales tóxicos, bacterias u otras sustancias perjudiciales que harían que esa fuente no fuera apta para el consumo humano (Romero, 2002).

Teniendo en cuenta que en la naturaleza no existe el agua pura, éste recurso siempre recogerá impurezas orgánicas e inorgánicas provenientes de fuentes directas e indirectas tanto naturales como por la acción humana. Es por esto, que dependiendo del tipo de uso que se quiera dar al agua, se establecen los límites de tolerancia en cuanto a la presencia de ciertos parámetros físicos, químicos, microbiológicos y bacteriológicos, los cuales condicionarán los rangos de contaminación permisibles o si se quiere de presencia de impurezas que le dan dicha denominación y que posibilitarán su uso o destino. Por lo anterior, se requiere la medición de factores que permitan reconocer o analizar la contaminación acuática, a través de metodologías de evaluación de la calidad del agua, que parten de la medición de parámetros de naturaleza física, química y biológica y posteriormente su análisis estadístico y determinación de índices. (Roldán y Ramírez, 2008)

Entre los parámetros de más amplia consideración a tener en cuenta en estudios limnológicos se encuentran el oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos totales, sólidos volátiles, sólidos en suspensión, sólidos sedimentables, conductividad, alcalinidad, pH, nitrógeno total, nitritos, nitratos, fósforo, temperatura, turbidez, color. Específicamente para evaluar la contaminación orgánica y bacteriológica, en donde se mide el contenido de materia orgánica y bacterias en el agua, es de interés sanitario valorar además de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, los coliformes totales y fecales y virus entéricos (Esteves, 1998)

### 2.4. INDICES DE CALIDAD DEL AGUA

De manera general un índice ambiental es un número o una clasificación descriptiva de una gran cantidad de datos ambientales cuyo propósito es simplificar la información para que pueda ser útil en la toma de decisiones (Rojas, 2008). Al respecto, existen varias metodologías para evaluar índices para calidad del agua, las cuales, dada las posibilidades de integración de diversos factores ambientales en determinada condición espacio temporal, permiten la conjugación no solamente de parámetros físico químicos, sino que

pueden incluir características de comunidades bióticas acuáticas como lo establece USEPA (1996 a,b, 1997), APHA-AWWA (1992).

Los índices pueden generarse utilizando ciertos elementos básicos en función de los usos del agua. El índice de calidad del agua “ICA” define la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. Estos índices son llamados de “uso específico”. Los ICA tienen como objetivo la estimación de un numero adimensional generalmente entre 0 y 1 ó 0 y 100, que define el grado de calidad de su determinado cuerpo de agua generalmente de tipo lótico, con ello se pretende conocer de una forma ágil y fácil, problemas de contaminación, sin tener que recurrir a la observación de cada una de las variables fisicoquímicas determinadas. (Rojas, 2008).

Diferentes metodologías permiten el cálculo de los índices de calidad, los cuales tienen como propósito simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua (Sánchez et al. 2001). De manera resumida se pueden mencionar: el índice de calidad general ICG desarrollado por Provencher y Lamontagne(1979); el índice de calidad de las aguas de HORTON’S (1965), índice de calidad del agua de la Fundación de Saneamiento Nacional de los Estados Unidos (NSF - WQI 1970), el Indices de Contaminación ICO (Ramírez y Viña, 1998), entre otros.

En el presente trabajo se usaron los Indices de contaminación ICO y NSF-WQI, que se han aplicado en otros trabajos limnológicos en el país y en la región (Ramírez y Viña, 1998; Rojas, 2008; Sánchez et al, 2004). Los índices de contaminación, ICOS, se basan en el cálculo de índices con diferentes grupos de parámetros, que se complementan desde el punto de vista ecológico permitiendo precisar problemas ambientales causados por parámetros específicos. Estos índices fueron desarrollados por Ramírez et al (1998 y 1999). Las correlaciones halladas entre variables físicoquímicas analizadas, produjeron 4 índices denominados: Indice de Contaminación por Mineralización – ICOMI-, el cual cubija la conductividad, Dureza y la alcalinidad; el Indice de Contaminación por Materia Orgánica – ICOMO-, que integra la DBO5, Coliformes totales y Porcentaje de Saturación de Oxígeno; el Indice de Contaminación por Sólidos Suspendidos –ICOSUS- que tiene en cuenta los sólidos suspendidos y el índice de Contaminación Trófica –ICOTRO-, que se fundamenta en la concentración de fósforo total; posteriormente establecen el Indice de Contaminación por Temperatura –ICOTEMP, (sobre todo para la evaluación de vertimientos), y el Índice de Contaminación por pH –ICOpH.

El índice de Calidad de agua WQI (*Water Quality Index*) fue desarrollado en 1970 por la Fundación de Sanidad Nacional (NSF: National Sanitation Foundation) de los Estados Unidos. El método identificó y priorizó 9 variables: Oxígeno Disuelto, Coliformes fecales, pH, Demanda Biológica de Oxígeno a los 5 días, nitratos, fosfatos, variación térmica, turbidez y sólidos totales; establece un rango entre 0 y 100, en donde 0 cualitativamente significa muy mala y 100 excelente; los parámetros que utiliza, tienen un claro sesgo de salud pública, pues están basados en el uso del agua para consumo humano (Canter, 1998)

## 2.5. BIOINDICACIÓN.

Según Zonneveld (1983), el término indicación que se encuentra inmerso en la bioindicación, tiene que ver con la idea de hacer visible lo que no es inmediatamente perceptible. Como por ejemplo, la calidad del aire, agua, suelo, en resumen el ecosistema del cual depende el hombre. Específicamente sobre los sistemas acuáticos, la limnología desarrolla aspectos como la caracterización de parámetros físico químicos y sus variaciones espaciotemporales, la composición y estructura de los ecosistemas, su relación con los gradientes ambientales, ampliar el conocimiento biológico relativo al comportamiento de los organismos, especies indicadoras de ambientes limpios o contaminados, bioacumulación, entre otros (Esteves, 1998; Kalff, 2003). Por tanto, el ámbito de aplicación de la ciencia de la Limnología se fundamenta en aspectos de interés que son tenidos en cuenta en el diseño de estudios propios de la ecología acuática, en los que la escogencia de parámetros físicos, químicos y biológicos, valora entre otros criterios, el de su importancia como indicadores (Ramírez y Viña, 1998).

Los indicadores hacen referencia a medidas simples de factores o especies biológicas, bajo la hipótesis de que estas medidas son indicativas del sistema biofísico o socioeconómico (Rojas, 2008). En sentido general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en el cual se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momento determinados responde a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales (Pinilla, 1998). Distintos indicadores ecológicos han sido utilizados durante varias décadas con diversos grupos florísticos y faunísticos sobre las condiciones del agua y del suelo.

El concepto de bioindicador referido a la evaluación de calidad del agua, según Johnson et al. (1993, citado por Zúñiga, 2001), es definido como una especie o una población o comunidad indicadora que tiene requerimientos específicos con relación a un conjunto de variables físicas o químicas conocidas, cuyos cambios en la presencia o ausencia, número de individuos, morfología, fisiología o comportamiento de estas especies, indican que las variables físicoquímicas dadas están fuera de sus límites preferidos. El bioindicador ideal es aquel que tiene tolerancias ambientales estrechas y de manera antagónica, aquellos organismos o poblaciones que tienen amplias tolerancias para diferentes condiciones ambientales y cuyos patrones de distribución o abundancia se afectan poco por variaciones del hábitat, se consideran pobres indicadores de calidad ambiental (Roldán, 2003). Estas características permiten que los bioindicadores se usen para distintas situaciones como las relacionadas con la detección de sustancias contaminantes (ya sean estos metales pesados, materia orgánica, nutrientes, eutrofización o elementos tóxicos como hidrocarburos, pesticidas, ácidos, bases y gases) con miras a establecer la calidad del agua. Los diversos grupos que han sido elegidos como indicadores comprenden bacterias, protozoos, algas, macroinvertebrados, macrófitos y peces. Los grupos más utilizados en Colombia como indicadores biológicos o bioindicadores son el fitoplancton y los macroinvertebrados acuáticos (básicamente insectos); mientras los primeros indican fenómenos naturales en los ecosistemas lénticos (eutrofia, estratificación, anoxia), los

macroinvertebrados bentónicos se refieren más a los mecanismos de autodepuración y a las zonas sapróbicas en los sistemas lóticos (Pinilla, 1998).

Los macroinvertebrados son los organismos más ampliamente usados como bioindicadores en la actualidad por diversas circunstancias (Resh, 2008 citado por Prat et al, 2009). Los aspectos ecológicos de mayor importancia que se tienen en cuenta en la utilización de los macroinvertebrados bentónicos en bioindicación tiene que ver con sus largos ciclos de vida y movilidad restringida, abundancia y distribución cosmopolita, así como su especificidad con respecto al hábitat y su capacidad de expresar condiciones que han prevalecido a largo plazo (Zúñiga, 2001). Otras razones por las que son mayormente utilizados en estudios de bioindicación, tienen que ver con ser apreciables a simple vista, fáciles de recolectar, se pueden cultivar en laboratorio, responden rápidamente a los tensores ambientales y tener baja variación genética (Roldán, 2003).

Por lo anterior, los métodos de evaluación basados en estos organismos, se han llevado a cabo desde hace varios años en países de la Unión Europea, en donde el uso de la composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, ha permitido una mejor comprensión y generación de conocimiento del estado ecológico de sus ecosistemas tanto de corrientes como lénticos, estableciendo el levantamiento de líneas base de referencia desde la cual se han desarrollado planes de manejo de unidades de análisis a nivel de cuencas hidrográficas, por lo que son recomendados en el establecimiento de sistemas de vigilancia y control de ecosistemas hídricos (Riss et al, 2002; Chará, 2004; Merrit et al, 2008). Más recientemente se han realizado y ajustado metodologías basadas en la utilización de los macroinvertebrados acuáticos en estudios de bioindicación y monitoreo de aguas en nuestro contexto, específicamente en América Central y del Sur, en países como México, Costa Rica, Chile, Brasil, Bolivia, Argentina, Colombia, Ecuador, Perú (Prat et al, 2009). Sin embargo, la bioindicación exige el conocimiento de los aspectos ecológicos y taxonómicos de los grupos, conocimiento que en Colombia, pese a los avances, requiere profundizarse con el fin de establecer índices más precisos (Alvarez et al, 2006).

En general, el uso de la bioindicación a un nivel de detalle que permita la mayor caracterización taxonómica, está supeditada a varias condiciones que se dan en nuestro contexto, y que se relacionan con: el desconocimiento de la fauna bentónica en algunos grupos, a nivel de género y especie, el costo económico y mayor inversión de tiempo en el análisis de laboratorio que implica determinación de las muestras a un nivel más específico. No obstante, los macroinvertebrados son preferidos en muchos países para ser utilizados como bioindicadores de la calidad del agua, encontrándose que un buen equilibrio entre calidad de los resultados y tiempo requerido para obtenerlos se da utilizando como nivel taxonómico la familia (Prat et al, 2009).

La utilización de parámetros de naturaleza biológica, es por tanto una actual tendencia en el estudio de calidad de aguas, en lo cual los enfoques de análisis, permiten incorporar a los organismos acuáticos para objetivos de conservación y de gestión como son servir de

indicadores ecológicos de calidad del agua (Zúñiga, 1984) a nivel bioquímico, fisiológico, poblacional y comunitario. Los indicadores biológicos pueden establecer índices medibles con la utilización de grandes grupos fitoplanctónicos, zooplanctónicos, de macroinvertebrados bentónicos, microbiológicos, peces y de otros grupos como las macrófitas (Pinilla, 1998). Estos índices se usan también como elementos de análisis complementarios en protocolos de determinación del caudal ambiental en cuencas en Colombia (Universidad Nacional de Colombia, 2008), en la determinación de la calidad biológica y el estado ecológico que tiene un sentido más amplio, pues además de la calidad biológica integra otros cambios a nivel del ecosistema como la hidrología, la hidromorfología, la fisicoquímica, o en la vegetación de ribera (Prat et al, 2009).

Para llegar a determinar los índices, se requiere la transformación de los datos (presencia o abundancia de los diferentes taxa) en alguna expresión estadística de los mismos, como el número total de taxa o la diversidad, entre otras. A estas expresiones se les llama comúnmente métricas y pueden ser cualitativas o cuantitativas. En ese sentido, existen los índices unimétricos en los que se utiliza un solo valor, consistente en una métrica simple o combinada, dentro de los cuales los más utilizados son el Índice de Saprobios, Trent Index, BMWP, ABI, Hilsenoff, entre otros; y los índices multimétricos que utilizan diversas métricas combinadas de diversas maneras posibles, dentro de los cuales los más conocidos son los I.B.I (Índices de Integridad Biológica) (Segnini, 2003; Prat et al, 2009). En el presente trabajo se ha utilizado varios índices unimétricos como riqueza, abundancia, composición; y el índice multimétrico IBI, los cuales se ajustan a la composición taxonómica de la comunidad estudiada.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MUESTREOS

Se determinó la realización de muestreos en ámbitos espaciotemporales que tuvieron en cuenta estaciones ubicadas desde el nacimiento hasta la desembocadura de la quebrada Los Micos, en seis sectores.

##### 3.1.1. Localización de estaciones de muestreo

Se ubicaron seis estaciones de muestreo con gradientes altitudinales entre 1555 y 601 msnm, realizando un recorrido de reconocimiento de la microcuenca, a lo largo del eje de drenaje principal de la quebrada Los Micos, sobre trayectos que reunieran condiciones similares de hábitats acuáticos, aunque con influencias externas diferentes en cuanto al uso del suelo contiguo a las orillas de la quebrada; así mismo se tuvieron en cuenta las variaciones de altura y de aspecto geomorfológico a lo largo de la quebrada. (Ver Figura 9 y Tabla 2). Cada estación se muestreó en el mes de mayo del año 2010 y en el mes de mayo del 2011; para el primer año, la temporada de verano se prolongó debido al fenómeno del Niño prevaleciente, mientras en el año 2011, el efecto de la Niña perduró hasta casi mediados del mismo año (IDEAM, 2010, 2011).

Tabla 2. Localización geodésica de estaciones de muestreo

| ESTACION | Nombre Estación de Muestreo                                         | Ubicación Geográfica | Altitud (m.s.n.m) |
|----------|---------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|
| 1        | Zona Nacimiento Micos                                               | 075°06'07" E         | 1555              |
|          |                                                                     | 02°52'50,4"N         |                   |
| 2        | Confluencia quebrada de la parte alta que viene de Vereda Palestina | 075°06'53.8"E        | 930               |
|          |                                                                     | 02°54'12.4"N         |                   |
| 3        | Confluencia quebradas que vienen de Floragaita                      | 075°06'55.6"E        | 905               |
|          |                                                                     | 02°54'12.9"N         |                   |
| 4        | Confluencia Q. Castañal                                             | 075°07'44.3"E        | 875               |
|          |                                                                     | 02°54'31.6"N         |                   |
| 5        | Confluencia Q. Sn Rafael-Bahamón                                    | 075°08'07.5"E        | 765               |
|          |                                                                     | 02°55'53.4"N         |                   |
| 6        | Desembocadura Q. Micos a R. Ceibas                                  | 075°10'21.9"E        | 601               |
|          |                                                                     | 02°56'10.1"N         |                   |

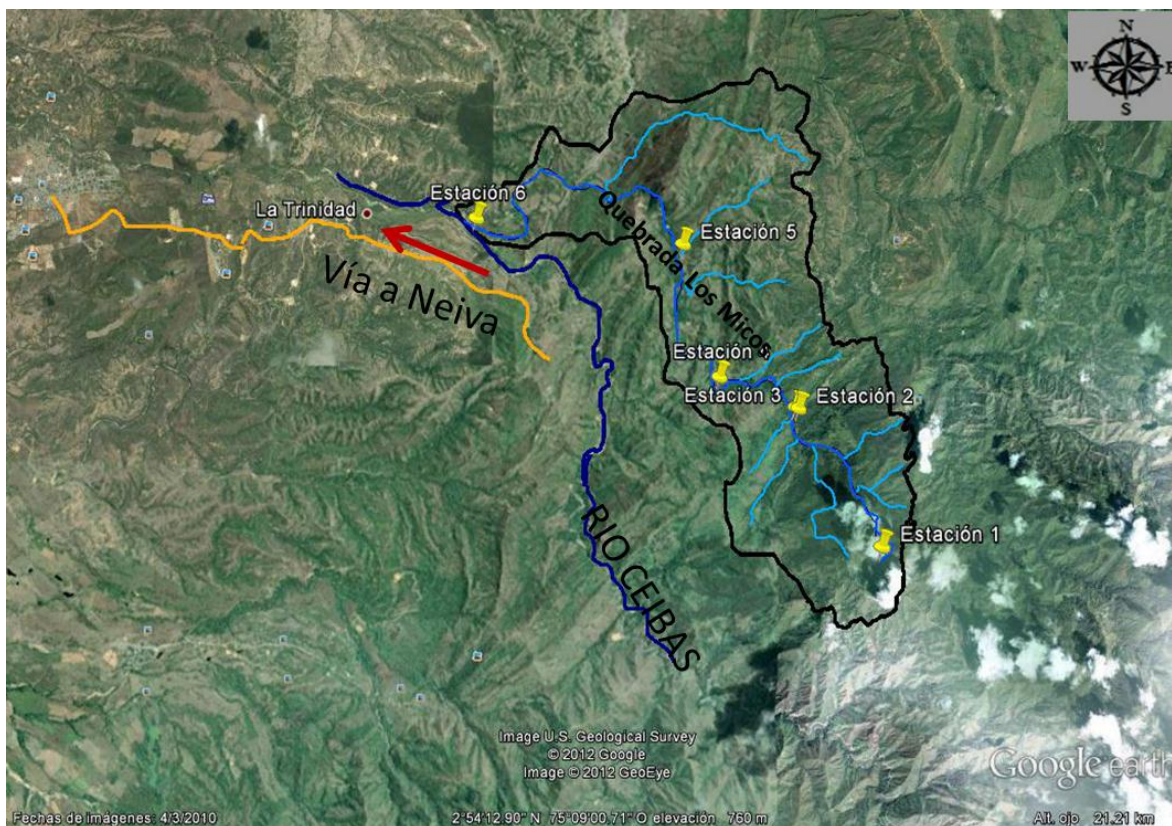


Figura 7. Localización de estaciones de muestreo en microcuenca de la quebrada Los Micos. Fuente: Google Earth – Ajustes de autor.

Estación 1. Nacimiento de la quebrada Los Micos. Zona de la microcuenca alta, con zonas de bosque conservado y con procesos de revegetalización y vegetación riparia promovidos por el proyecto FAO-Rio Ceibas; con influencia de predios cafeteros y potreros de pequeña área, algunos de los cuales no permiten bosques de galería anchos (ver figuras 10, 11 y 12); altura de toma de muestras: 1555-1545 m.s.n.m; esta estación presenta vegetación predominante consistente en higuerón (*Ficus sp*), platanillo (*Heliconia sp*), yarumo (*Cecropia peltata*), guamo (*Inga sp*), pino (*Pinus sp*), nogal (*Cordia alliodora*), palma chonta (*Bactris sp*), helechos (polipodiáceas), cachingo (*Erythrina sp*), nacedero (*Trichanthera gigantea*), Balso (*Ochroma lagopus*), Arboloco (*Montanoa quadrangularis*). Por el margen derecho con influencia de predios desprovistos de árboles, utilizados para ganadería extensiva, y caficultura; el margen izquierdo con predios dedicados a la caficultura con arreglos agroforestales, mientras en la zona de nacimiento más arriba del sector de muestreo, hay presencia de algunos relictos de guadua.

Estación 2. Cauce Los Micos procedente de la Vereda Palestina. Sector con influencia de bosque secundario, con predominancia de balso (*Ochoroma lagopus*), iguá (*Pseusamanea guachapele*), palma de iraca (*Carludovica palmata*), guadua (*bambusa guadua*), bilanda (ver figuras 13 y 14). Corresponde a la parte media de la microcuenca, con altura de muestreo de 920 m.s.n.m.; el margen izquierdo con vegetación riparia, en algunas zonas espeso; margen derecho con bosque de galería angosto; se presenta influencia de

plantaciones viejas de cacao, así como de potreros para ganadería bovina extensiva en predios aledaños. Hay deslizamientos de terreno en la margen derecha.

Estación 3. Quebrada proveniente de Vereda Floragaita. Sector con influencia de rastrojo bajo y vegetación riparia mayor en comparación a la estación 2 (ver figuras 15 y 16). Entre las especies florísticas frecuentes se encuentran: la palma de iraca (*Carludovica palmata*), yarumo (*Cecropia peltata*), guadua (*Bambusa guadua*), cacao silvestre (*Guarea sp.*), cachingo (*Erythrina sp.*), nogal (*Cordia alliodora*), caucho (*Ficus sp.*). Margen derecho con estrecho bosque de galería, margen izquierdo con predios dedicados al cacao y plátano.

Estación 4. Confluencia Quebrada Castañal. Altura del sitio de toma de muestras: 868 m.s.n.m. Sector de la parte media de la microcuenca (ver figuras 17 y 18). Con presencia de las siguientes especies florísticas: yarumo (*Cecropia peltata*), balso (*Ochroma lagopus*), carbonero (*Calliandra sp.*), palma de iraca (*Carludovica palmata*), iguá (*Pseudosamanea guachapele*), diomate (*Astronium graveolens*), guadua (*Bambusa guadua*), guamo (*Inga sp.*), bilibil (*Guarea guidonia*). Tiene menor pendiente; con influencia directa de predios dedicados al cacao, y ganadería extensiva, en ambos márgenes de la quebrada. Mayores extensiones de cacao (con poco manejo de sostenimiento comercial) en el margen izquierdo. Se notan orillas desprovistas de vegetación riparia, y más bien manchones de árboles y arbustos por sectores cercanos a las orillas. No hay cobertura boscosa total en el cauce, por lo que la visibilidad aérea y espacial en general es plena. La quebrada trae sedimentación color rojiza amarillenta por influencia del material de greda roja que se visualiza en la zona alta por la vía al Mesón, zona de influencia de la quebrada en mención.

Estación 5. Confluencia quebrada San Rafael Bahamón. Sector perteneciente a la parte baja de la microcuenca. Altura del sector de muestreo: 738 m.s.n.m. Tiene menor influencia de bosque de galería, por intervención humana con predios dedicados a ganadería bovina extensiva. Claros sobre la quebrada y en algunas zonas cubiertas parcialmente por árboles de carbonero (*Calliandra sp.*), guadua (*Guadua angustifolia*), bilibil (*Guarea guidonia*), nacedero (*Trichantera sp.*), guayabo (*Psidium guajava*) y guayabilla (*Psidium sp.*) (ver figuras 19 y 20). Esta zona presenta tomas de agua para uso predial agropecuario, que reducen el caudal significativamente. Pendiente suave, con varias zonas de estancamiento del flujo hídrico en la quebrada. En general, la vegetación riparia es escasa, y los predios potrerizados llegan hasta la orilla de la quebrada.

Estación 6. Desembocadura de la quebrada Los Micos a río Las Ceibas. Sector con mayor aprovechamiento en actividades pecuarias dedicadas a la ganadería extensiva. Pendiente suave; áreas con manifestaciones de erosión laminar y de remoción en masa; altura: 601 m.s.n.m. Márgenes con vegetación riparia estrecha con especies de bosque seco tropical, entre las que destacan: cachingo (*Erythrina sp.*), iguá (*Pseudosamanea guachapele*), guásimo (*Guazuma ulmifolia*), yarumo (*Cecropia angustifolia*) (Ver figuras 21 y 22). Las dimensiones del cauce en cuanto al ancho, ampliándose y explayándose.



Figura 8. Estación de muestreo 1. a)Nacimiento Quebrada Los Micos, b) tributario en la quebrada Los Micos, sector de nacimiento.



Figura 9. Estación de muestreo 2, a) Cauce de Los Micos en Mayo 2010; b)cauce de los micos en Mayo de 2011 procedente de la Vereda Palestina.



Figura 10. Estación 3. Quebrada proveniente de Vereda Floragaita. a)Zona de corrientes, b)Zona lenticular.



Figura 11. Estación 4. Confluencia Quebrada Castañal. a) temporada seca b) Temporada de lluvias.



Figura 12. Estación 5. Confluencia quebrada San Rafael-Bahamón. a) Antes de desembocadura Bahamón b) Después de desembocadura en Los Micos.



Figura 13. Estación 6. Cerca a Desembocadura de Los Micos en el Río Las Ceibas. a) Margen derecho aguas abajo. b) Margen izquierdo aguas abajo.

### 3.1.2. Técnicas de muestreo

Las técnicas de muestreo se relacionan con la toma de información en campo en aspectos fisicoquímicos y microbiológicos del agua, macroinvertebrados acuáticos, parámetros biofísicos y condiciones de habitabilidad acuática de los sectores de muestreo.

3.1.2.1. Toma de datos fisicoquímicos y microbiológicos. Esta información fue realizada para el primer muestreo en el Laboratorio de la Universidad Surcolombiana LAUS y para el segundo muestreo en UNIV LAB- FUNDACORH de la CORHUILA. Los parámetros fisicoquímicos tomados in situ correspondieron a Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto, Conductividad y alcalinidad, los cuales fueron determinados con equipo Multiparámetro HANNA HI 9811-5 y oxímetro HANNA HI 9145. Las demás variables incluyendo las microbiológicas (DBO5, Dureza Total, Fosforo Total, Cloruros, Sólidos Totales, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Turbidez, Coliformes Totales y Fecales), se analizaron posteriormente en los laboratorios mencionados, teniendo en cuenta metodologías definidas en el "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21<sup>o</sup> Edition, 2005 y "U.S. EPA". Los métodos utilizados para los análisis fisicoquímicos se presentan en el anexo 1.

3.1.2.2. Toma de datos hidrológicos y ambientales. Se incluyó la toma de datos in situ de datos morfométricos del cauce relacionados con velocidad promedio del flujo, ancho húmedo, sección transversal para cálculo de caudal, y profundidad. Para la toma de caudal, se utilizó micromolinet con Hélice No 3-105987, por medio de aforo tipo vadeo. Las condiciones de habitabilidad y descripción general de los sectores de muestreo, se hizo previamente con un recorrido preliminar de reconocimiento, y en los días de muestreo en el mes de mayo del 2010 y 2011, un reporte descriptivo y semicuantitativo a partir de ficha de registro en campo de Chará (2004). En esta se consigna una caracterización biofísica teniendo en cuenta los sustratos presentes, aspectos de la corriente, vegetación ribereña, usos del suelo, afectaciones ambientales, condiciones climáticas y observaciones generales. (Ver anexo 2). En cuanto a parámetros de importancia en la determinación física de características ligadas al hábitat, se tuvieron en cuenta la velocidad y tipo de sustrato. Se incluyen zonas de corriente y de remanso (como lo sugiere Liévano y Ospina, 2007), puesto que son microambientes diferentes en los que se forman hábitats para variadas especies que conforman las comunidades bentónicas.

El parámetro de velocidad de corriente cambia según la temporada de muestreo, y es variable según las condiciones del hábitat; por lo que se tuvieron en cuenta condiciones de homogeneidad entre sustratos y velocidad de la corriente para cada microambiente, estación y temporada de muestreo. En general, los sectores muestreados correspondieron a flujos con velocidad media y baja, en donde se destacan pendientes moderadas y bajas.

3.1.2.3. Muestreo de los macroinvertebrados bentónicos. Se delimitó en cada estación un transecto de 10 m; se hizo un muestreo cuantitativo por medio de la red surber de dimensiones 30,5 x 30,5 x 30,5 con ojo de malla de 560 micras, teniendo en cuenta

realizar tres repeticiones para cada uno de los tres tipos de sustratos encontrados, correspondientes a hojarasca, grava y arena. Según la clasificación de la American Geophysical Union, el sustrato grava se refiere a partículas con tamaño de 8 a 64 mm; para este muestreo, se incluyen además la gravilla (2-8 mm) y los cantos rodados (64-256 mm); mientras para el sustrato arena, según la misma clasificación, hace alusión a partículas entre 0,62 mm y 2 mm.

La muestra compuesta fue almacenada posteriormente en frascos plásticos de 500 ml debidamente rotulados, y con alcohol al 96% para su preservación; se hicieron 3 réplicas por sustrato para la obtención correspondiente de tres muestras compuestas por sustrato y por estación de muestreo; los procedimientos llevados a cabo para la preparación, colecta y disposición de muestras de macroinvertebrados bentónicos, se realizaron teniendo en cuenta lo propuesto por Pinheiro et al (2004).

### 3.2. ANALISIS Y DETERMINACIÓN TAXONÓMICA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN EL LABORATORIO.

Las muestras de macroinvertebrados bentónicos fueron trasladadas al laboratorio de aguas de la Universidad Surcolombiana, en donde se separaron del material mineral y orgánico, por medio de coladores y tamices de 250 micras. Con la ayuda de un microscópio estereoscópico marca Leika, se procedió a identificar en húmedo para la mayoría de organismos y en seco para algunos coleópteros adultos. Para los Ephemeroptera se hicieron observaciones con montajes en resina vegetal, para algunos organismos con el fin de su determinación a género. Este orden fue analizado en la Universidad de Caldas, Laboratorio de Zoología del programa de Biología, con asesoría de la Dra. Lucimar Gomes Dias, docente del programa mencionado y el biólogo Yeisson Gutiérrez. A nivel de géneros de Ephemeroptera, fueron consultados los especialistas Carlos Molineri y Frederico Falcao Salles. El orden Díptera fue consultado con el biólogo Nestor Oviedo de la Universidad del Tolima; mientras que el orden Coleoptera con el biólogo Faiver Caupáz.

Los macroinvertebrados bentónicos se identificaron hasta el mínimo nivel taxonómico con la ayuda de claves y descripciones de Prat et al (2011), Costa y Simonka (2006), Dominguez y Fernandez (2001), Dominguez et al (2006), Dominguez y Fernandez (2009), Escobar (1990), Gonzalez, (1995), Machado (1989), Manzo y Archangelsky (2008), Manzo (2005), McCafferty, (1981), Merrit y Cummins (1996), Merrit et al., (2008), Needman y Needman (1982), Ospina et al, (1999), Posada y Roldán (2003), Roldán (1988), Roldán (1996), Springer (2006), Stehr (1987), Triplehorn y Johnson, (2005), entre otros.

### 3.3. ANALISIS DE DATOS.

#### 3.3.1. Análisis de datos físicoquímicos y microbiológicos.

Los datos obtenidos se organizaron en las tablas 5 y 6; posteriormente, se analizó su variación espaciotemporal teniendo en cuenta condiciones ambientales presentes en cada

muestreo, y la determinación de índices de contaminación (ICOS) establecidos por Ramírez y Viña (1998), lo mismo que el índice de calidad de agua conocido como WQI (*Water Quality Index*) (Rojas, 2008)

Se hizo un análisis de correspondencia canónica para relacionar los parámetros fisicoquímicos con parámetros biológicos obtenidos, siendo una técnica multivariante representada en un espacio geométrico de pocas dimensiones en donde se pueden visualizar posibles proximidades entre el conjunto de parámetros considerados, condicionado por una serie de variables predictoras.

### 3.3.2. Análisis de datos para determinación de índices bióticos.

Una vez obtenida la identificación taxonómica de todos los individuos, se hizo el conteo de cada taxón, obteniéndose el número de individuos de cada taxón por orden, sustrato y estación; posteriormente se hallan las proporciones de individuos a partir de su abundancia relativa a nivel de géneros y familias.

Se determinaron índices ecológicos ligados a la riqueza, como el de dominancia de Simpson el cual evalúa la abundancia de los morfotipos predominantes, la diversidad de Margalef, y el índice de diversidad de Shannon-Wiener para determinar cómo es la distribución de los individuos dentro de los grupos taxonómicos, con respecto al número de taxa encontrados con respecto al número total de taxa y la uniformidad de cada uno.

Se aplicaron Análisis de Varianza simples, para determinar diferencias significativas a nivel estadístico entre muestreos o estaciones y sustratos; se aplicó la prueba de Fisher para establecer qué medias son diferentes de otras, con un nivel de confiabilidad del 95%. El análisis de cluster, mediante índice de similaridad de Jaccard, permitió comparar las composiciones de macroinvertebrados entre las 6 estaciones de muestreo de la quebrada en estudio, con respecto a las morfoespecies identificadas. El paquete estadístico utilizado para realizar los análisis correspondió al SPSS y StatGraphics 5.0.

Finalmente se tuvo en cuenta la presencia/ausencia de organismos bioindicadores, basados en los macroinvertebrados bentónicos, porcentaje de presencia de algunos grupos de organismos, como análisis complementarios para describir por medio de las familias y los géneros, cómo se encontraba la calidad biológica del agua.

Para establecer el estado de calidad del agua se aplicó el índice de Integridad Biótica IBI calculado con unidades unimétricas en cada estación y muestreo, a partir de los macroinvertebrados acuáticos muestreados (anexo 5). Dichas unidades unimétricas son Número de Taxa, de Familias, Riqueza de Ephemeroptera, Trichoptera, Coleoptera y Díptera, porcentaje de abundancia de: Ephemeroptera, Baetidae, Coleoptera, Díptera Chironomidae, Número de individuos, Número total de Ephemeroptera, Baetidae, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Díptera, Chironomidae, Tubificidae, Relación Coleoptera\Chironomidae, Relación Baetidae\Ephemeroptera, porcentaje de abundancia

de taxón dominante y Número de Taxa con un Individuo, las cuales se determinaron por estación y época de muestreo, calculando la correlación de Spearman, para descubrir los factores con mayor correlación como los que tienen poca probabilidad de correlación; dichas variables alimentaron el análisis de correspondencia canónica, el cual arrojó las variables con mayor peso del modelo.

Esos parámetros tienen en cuenta métricas de categorías relacionadas con la riqueza, composición y tolerancia/intolerancia como lo sugieren Prat et al (2009). Para seleccionar los valores de cada parámetro y expresarlos en unidades iguales, se normalizan o igualan sus unidades para así poder integrarlos en un único valor o índice, el cual va a aseverar la calidad biológica del agua de acuerdo a estos factores seleccionados (Segnini, 2003). Para ello, se utilizan los percentiles de la distribución de valores de cada atributo en la condición de referencia. La distribución de valores se divide en 4 secciones, cada una según el rango indica valores de calidad biológica MALA, ACEPTABLE, BUENA, EXCELENTE. Así se obtienen las clases de calidad IV, III, II y I respectivamente.

### 3.3.3. Análisis de datos ambientales y de condiciones de habitabilidad.

La recolección de datos e información en campo sobre condiciones biofísicas de las áreas muestreadas, permitió la valoración del hábitat acuático por medio de la ficha de campo (ver anexo 2); dicha apreciación presenta una escala numérica en función de parámetros del hábitat considerados cuya puntuación depende de las condiciones específicas presentadas en los muestreos.

### 3.4. REALIZACIÓN DE TALLERES DE EDUCACIÓN AMBIENTAL CON POBLACIÓN ESCOLAR.

Los talleres se llevaron a cabo en marzo del año 2012, dirigidos a población escolar de 6° a 9° grados en el centro educativo de la vereda Palestina y a población escolar del centro educativo de la vereda Floragaita; se tuvieron en cuenta algunas herramientas pedagógicas propuestas por Escobar (2011) en la cuenca alta del río Chinchiná.

Mediante la siguiente matriz de marco lógico, se orientaron las actividades de educación ambiental.

TABLA 3. MATRIZ DE MARCO LÓGICO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL

| OBJETIVOS                                                                                                                                                                                                               | INDICADORES OBJETIVAMENTE VERIFICABLES                                                                                                                                  | MEDIOS DE VERIFICACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                       | SUPUESTOS                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>FIN</b><br>Contribuir en la formación ambiental para la conservación del recurso hídrico en la comunidad escolar de los centros educativos en la microcuenca de la quebrada Los Micos                                | Los estudiantes de los centros educativos se involucran participando activamente en las actividades teórico prácticas orientadas a la conservación del recurso hídrico. | Anotación en cuaderno<br><br>Lista de asistencia de los participantes en cada taller.<br><br>Fotografías<br>Observación directa                                                                                                                                                              | Disposición de los líderes /docentes de cada vereda para hacer la difusión de la información de los talleres.<br><br>Participación por parte de la comunidad escolar en los talleres educativos. |
| <b>PROPÓSITO</b><br>Una mejora en el conocimiento acerca de la importancia de cuidar el agua y sus organismos acuáticos dirigido a población escolar (niños y jóvenes) mediante acciones educativas teórico- prácticas. | Porcentaje de niños y niñas de las dos escuelas convocados a los talleres educativos, que participan en cada acción de manera satisfactoria.                            | Anotación cuaderno.<br><br>Lista de asistencia de los participantes en cada taller.<br><br>Fotografías.<br>Observación directa                                                                                                                                                               | Estado motivacional de los estudiantes que les permita finalizar el taller.                                                                                                                      |
| <b>COMPONENTE 1</b><br>Conocimiento fauna acuática y del funcionamiento de un ecosistema acuático                                                                                                                       | <b>CENTRO EDUCATIVO PALESTINA</b><br><b>CENTRO EDUCATIVO FLORAGAITA</b><br>% de niños que participa en la salida de campo                                               | Anotación en cuaderno.<br>Participación en juegos lúdicos y acciones pedagógicas por los niños y niñas sobre invertebrados acuáticos, cuidado de la la microcuenca de los Micos.<br>Cartelera realizadas por los estudiantes, enfocadas hacia la conservación de la quebrada.<br>Fotografías | Los estudiantes mantienen el interés por las actividades.<br><br>Receptividad de los estudiantes a los distintos conceptos básicos vistos.                                                       |
| <b>COMPONENTE 2</b><br>Fomento en la comunidad escolar de actitudes positivas hacia la conservación de las fuentes hídricas de la Microcuenca Los Micos                                                                 | Porcentaje de niños de cada escuela que participa activamente de la actividad.                                                                                          | Anotación en cuaderno<br><br>Fotografías<br><br>Participación en actividad ecomusical.                                                                                                                                                                                                       | Predisposición de los estudiantes a una interacción social entre sus compañeros y público en general                                                                                             |

Las acciones realizadas en cada taller consistían en:

-Ponencia magistral del orientador investigador con proyector audiovisual.

-Observación de video ecológico sobre el manejo y concientización del uso apropiado del agua en la microcuenca.

-Cartelera sobre el ciclo hidrológico participativo con letras alusivas a cada proceso

-Plegable sobre Gestión de la calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Los Micos.

-Juego CONCENTRESE con los macroinvertebrados

-JUEGO DE DADOS: armando bichos.

-CANCIÓN EXPRESO LAS CEIBAS: de motivación grupal con la ayuda de instrumentos musicales típicos.

-Elaboración de cartelera de forma grupal “la microcuenca de mis sueños”.

-SALIDA DE CAMPO: reconocimiento de un ecosistema acuático, observación de hábitats y de macroinvertebrados acuáticos con el apoyo de guías de campo.

Estas actividades se programaron con el fin de incorporar procesos de educación ambiental al desarrollo del trabajo, los cuales representan componentes de la gestión de la microcuenca; gestión que se inscribe dentro del enfoque participativo del Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca de Las Ceibas actualmente en ejecución.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS HÁBITATS EN LA QUEBRADA LOS MICOS

En la estación de muestreo denominada Nacimiento de Los Micos, el uso actual de suelo combina actividades agrícolas como el café, así como sistemas pecuarios extensivos, áreas protegidas para revegetalización natural del bosque aledaño a las riberas de la quebrada; presenta vegetación que en la mayoría de tramos del cauce, cubren completamente el lecho de la quebrada; vegetación riparia de porte mediano y alto. Tiene sustratos disponibles para la colonización; posee combinaciones de profundidad y velocidad que forman corrientes bajas-rápidas y bajas –lentas. No se dan procesos erosivos manifiestos. Hay predominio de material rocoso de 6 a 25 cm, sedimentos y algunas rocas de más de 25 cm de diámetro. Se presenta el aporte permanente de hojarasca del bosque de galería. En el sector, existen áreas reforestadas con pino.

La estación 2 llamada Los Micos proveniente de Vereda Palestina, es un sector con bosque de galería estrecho, con especies vegetales indicadoras de cambio de zona de vida; hay cambio de bosque natural por cultivos como cacao, potreros con pasto natural, con presencia de algunos arbustos caídos por causas naturales, y dosel abierto. Se presentan algunos procesos erosivos superficiales y subsuperficiales, con pasos para el ganado y caminos de tránsito humano permanente. En el cauce se dan sectores con flujos lentos y quietos cerca de rocas de gran tamaño, alguna presencia de perifiton y plancton en las rocas; también zonas con depositación de sedimentos y profundidades de más de 60 cms.

La estación 3 contigua a la 2, configura el ramal izquierdo de la quebrada, procedente de la vereda Floragaita; tiene menos vegetación abundante en las orillas; se observan algunas especies arbustivas y arbóreas, con dosel abierto, de la misma altura que en la estación 2. Hay material gredoso, constituyente del lecho de la quebrada; hay menores acumulaciones de material orgánico (hojarasca); se presenta influencia de actividades humanas con áreas dedicadas a cacao, plátano. Menos formación de condiciones de hábitat diversas con presencia de algunas pocetas y rápidos con poca acumulación de hojas entre las gravas y rocas; menos lechos rocosos.

En la estación 4 o confluencia de la quebrada Castañal, se observa mayor influencia de cultivos permanentes y potreros; con menor pendiente, ancho mayor del cauce, mayor profundidad y formación de zonas de corrientes y lénticas en menor proporción. Presencia de rocas grandes; arbustos dispersos y orillas en proceso de derrumbamiento por falta de protección vegetal.

La Estación 5, confluencia quebrada San Rafael Bahamón, tiene menor influencia de bosque de galería, por intervención humana con predios dedicados a ganadería bovina extensiva principalmente. Claros sobre la quebrada y en algunas zonas cubiertas parcialmente por árboles de gran porte y guaduales. Se forman dada la configuración del

cauce y flujo hídrico, condiciones de hábitat de corrientes y lénticos con mosaicos de sustratos, especialmente arenas, rocas mayores de 25 cm e intermedias como las gravillas; se puede observar la presencia de hojarasca transportada y fijada en las piedras; hay formación de pocetas de gran tamaño y profundidad que luego dan paso a zonas correntosas, con influencia de ganado bovino permanente.

En la estación 6 denominada desembocadura de Los Micos a río Las Ceibas (300 m antes de dicha confluencia), siguen las actividades pecuarias con especial referencia a la ganadería extensiva. Márgenes con vegetación riparia estrecha, cauce con mayor profundidad y caudal; zonas de aquietamiento del agua; también alta presencia de fitoplancton, algas sobrenadantes, y sustratos de diverso tamaño; en algunas zonas con sombra plena y en otras con total exposición a la luz solar.

En cuanto a las condiciones de habitabilidad, la aplicación de la ficha de campo (Anexo 2) permitió evaluar la calidad del hábitat, cuyos resultados se presentan a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4. Valoración de calidad del hábitat de la quebrada Los Micos

| Calidad hábitat quebrada Los Micos | Nacimiento Micos | Micos de Vda Palestina | Micos de Vda Floragaita | Confluencia Q. Castañal | Confluencia Q. San Rafael Bahamón | Desembocadura Micos |
|------------------------------------|------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Calidad Hábitat 2010               | 14,8             | 13,8                   | 12,9                    | 10,5                    | 10,91                             | 10,1                |
| Calidad Hábitat 2011               | 14,7             | 13,25                  | 13                      | 10,1                    | 10,31                             | 10,1                |

#### 4.2. RESULTADOS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS

Los datos físicoquímicos y microbiológicos tomados y analizados en el presente estudio, se especifican en las tablas 5 y 6.

Tabla 5. Valores de variables físicoquímicas y microbiológicas de la Quebrada los Micos durante primer muestreo en mayo de 2010.

| MUESTREO 1.                 |            | Fecha de muestreo: Mayo de 2010 |                        |                         |                         |                                   |                     |          |          |
|-----------------------------|------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------|----------|
| PARAMETROS                  | UNIDADES   | Nacimiento Micos                | Micos de Vda Palestina | Micos de Vda Floragaita | Confluencia Q. Castañal | Confluencia Q. San Rafael Bahamón | Desembocadura Micos | Promedio | Desv Est |
| Temperatura                 | °C         | 19                              | 22                     | 22                      | 24                      | 24                                | 25                  | 23       | 2        |
| pH                          | Unidades   | 7,2                             | 8,5                    | 8,5                     | 8,0                     | 8,2                               | 8,1                 | 8,1      | 0,5      |
| Conductividad               | µS         | 88                              | 167                    | 260                     | 205                     | 225                               | 250                 | 199      | 64       |
| Oxígeno Disuelto            | mg/L       | 6,2                             | 7,0                    | 6,0                     | 5,8                     | 5,0                               | 5,2                 | 5,9      | 0,7      |
| Porcentaje de Oxígeno       | %          | 66                              | 78                     | 67                      | 68                      | 59                                | 61                  | 67       | 7        |
| Turbidez                    | NTU        | 4,7                             | 8,2                    | 4,3                     | 4,3                     | 3,3                               | 3,6                 | 4,7      | 1,8      |
| Alcalinidad                 | mg/L       | 1                               | 60                     | 97                      | 65                      | 82                                | 91                  | 66       | 35       |
| Dureza Total                | mg/L       | 12                              | 90                     | 148                     | 120                     | 148                               | 140                 | 110      | 53       |
| Cloruros                    | mg/L       |                                 | <0,1                   | <0,1                    | <0,1                    | <0,1                              | <0,1                | N.A.     | N.A.     |
| Fosfatos                    | mg/L       | 0,03                            | 0,05                   | 0,05                    | 0,05                    | 0,04                              | 0,04                | 0,04     | 0,01     |
| DBO5                        | mg/L       | 12,0                            | 1,8                    | 1,9                     | 1,9                     | 1,7                               | 1,9                 | 3,5      | 4,1      |
| Sólidos Disueltos Totales   | mg/L       | 42                              | 88                     | 144                     | 128                     | 144                               | 148                 | 116      | 42       |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L       | 21                              | 44                     | 62                      | 46                      | 54                                | 74                  | 50       | 18       |
| Sólidos Totales             | mg/L       | 63                              | 132                    | 206                     | 174                     | 198                               | 222                 | 166      | 59       |
| Coliformes Totales          | NMP/100 ml | 40                              | 53                     | 150                     | 120                     | <3                                | 120                 | 97       | 48       |
| Coliformes Fecales          | NMP/100 ml | <3                              | 11                     | 19                      | 15                      | <3                                | 12                  | 14       | 4        |
| Caudal                      | L/s        | 3,4                             | 81,08                  | 36,93                   | 201,09                  | 102,66                            | 165,71              | 98       | 75       |

Tabla 6. Valores de variables físicoquímicas y microbiológicas de la Quebrada los Micos durante el segundo muestreo en mayo de 2011

| MUESTREO 2.             |            | FECHA: Mayo de 2011 |                        |                         |                         |                                   |                     |          |         |
|-------------------------|------------|---------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------|---------|
| PARAMETROS              | UNIDADES   | Nacimiento Micos    | Micos de Vda Palestina | Micos de Vda Floragaita | Confluencia Q. Castañal | Confluencia Q. San Rafael Bahamón | Desembocadura Micos | Promedio | DesvEst |
| Temperatura             | °C         | 19,5                | 22,1                   | 22,6                    | 24,4                    | 24,4                              | 24,9                | 23       | 2       |
| pH                      |            | 6,1                 | 7,4                    | 7,9                     | 8,4                     | 8,1                               | 8,0                 | 7,7      | 0,8     |
| Conductividad           | µS         | 110                 | 200                    | 290                     | 290                     | 270                               | 310                 | 245      | 76      |
| Oxígeno Disuelto        | mg/L       | 4,2                 | 5,3                    | 4,4                     | 4,1                     | 4,2                               | 4,1                 | 4,4      | 0,5     |
| Porcentaje de Oxígeno   | %          | 44                  | 59                     | 49                      | 46                      | 47                                | 47                  | 49       | 5       |
| Turbidez                | NTU        | 15                  | 37                     | 22                      | 19                      | 10                                | 13                  | 19       | 10      |
| Alcalinidad             | mg/L       | 14                  | 54                     | 66                      | 76                      | 84                                | 102                 | 66       | 30      |
| Dureza Total            | mg/L       | 16,2                | 69,7                   | 119,2                   | 92,9                    | 108,1                             | 111,1               | 86,2     | 38,5    |
| Cloruros                | mg/L       | 25,0                | 2,5                    | 2,5                     | 2,5                     | 32,5                              | 7,5                 | 12,1     | 13,3    |
| Fostoro Total           | mg/L       | < 0,1               | < 0,1                  | < 0,1                   | < 0,1                   | 0,2                               | < 0,1               | N.A.     | N.A.    |
| DBO5                    | mg/L       | 28                  | 36                     | 61                      | 13                      | 29                                | 77                  | 41       | 24      |
| Solidos Disueltos total | mg/L       | 40                  | 90                     | 140                     | 140                     | 120                               | 150                 | 113      | 42      |
| Solidos Suspendidos to  | mg/L       | 18                  | 34,9                   | 22,9                    | 21,5                    | 8,9                               | 6,7                 | 18,8     | 10,3    |
| Solidos Totales         | mg/L       | 82                  | 132                    | 146                     | 160                     | 156                               | 184                 | 143      | 35      |
| Coliformes Totales      | NMP/100 mL | 20                  | 75                     | 120                     | 64                      | 150                               | 43                  | 79       | 48      |
| Coliformes Fecales      | NMP/100 mL | 20                  | < 3                    | 11                      | < 3                     | 20                                | < 3                 | 17       | 5       |
| Caudal                  | L/s        | 30,2                | 111,1                  | 553,5                   | 690,6                   | 794,8                             | 1015                | 532,5    | 389,1   |

#### 4.2.1. Caudal

Este parámetro, osciló de 3,4 LPS en la zona de nacimiento hasta los 201 LPS en la desembocadura de la quebrada los Micos en el muestreo de mayo de 2010; mientras en el 2011, en el día de muestreo, correspondió a valores entre 30,2 LPS y 1015 LPS.

En referencia a las estaciones de muestreo, el mayor caudal se registra en el 2011 en la desembocadura de los Micos en el Río las Ceibas, con 1015 LPS; en tanto que el menor valor correspondió a la estación Nacimiento de la quebrada Los Micos con 3,4 LPS. (Ver tablas 5 y 6)

#### 4.2.2. Temperatura del agua.

Este parámetro varía en la medida en que el agua transcurre por el cauce principal de la microcuenca, dadas las condiciones tropicales y las marcadas estaciones de verano (sequía) e invierno (lluvias). Para el caso de la quebrada Los Micos, dichas variaciones también se relacionan además con las condiciones topográficas cambiantes desde la zona de nacimiento hasta la desembocadura, con la presencia de bosques de galería cuya cobertura permite temperaturas más bajas en consideración con aquellas zonas en las que la corriente está expuesta directamente a la radiación solar de manera permanente; así mismo, las derivaciones del flujo para uso humano y agropecuario, pueden también tener efecto en el aumento de la temperatura aguas abajo, al reducirse el flujo hídrico.

Este parámetro presenta diferencias espaciotemporales. El mayor valor de temperatura del agua se presentó en el muestreo No 1 con 25°C en la estación Desembocadura, mientras la menor se dio en el muestreo No 1 con 19°C en la estación Nacimiento de Los Micos. No obstante las variaciones en la estación de muestreo interanual, son típicas para las condiciones andinas colombianas, en las que la temperatura permanece estable a lo largo del año según Roldán y Ramírez (2008), (ver figura 14).

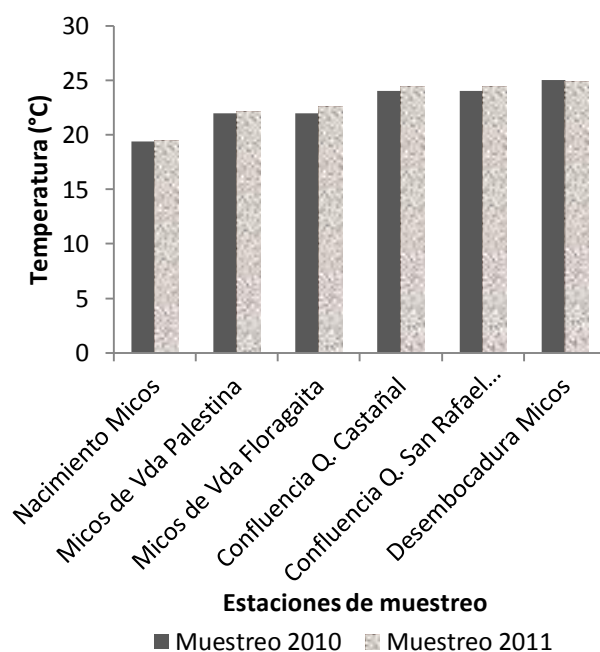


Figura 14. Variación espacio-temporal de la temperatura del agua en la microcuenca de la quebrada Los Micos.

#### 4.2.3. pH, alcalinidad y dureza total.

Según los registros obtenidos, se observa un incremento sucesivo a lo largo de la quebrada Los Micos, el cual se hace más evidente en el muestreo de 2011 (Ver figura 15); para el caso del primer muestreo, los rangos de pH se dan entre 7.2 y 8.5, los cuales son rangos óptimos para la vida y permanencia de organismos de flora y fauna. Para el 2011, se presentan rangos más amplios entre 6.1 y 8.4, dándose los mayores valores en la zona media de la microcuenca, variaciones que no alcanzan rangos muy elevados, y que reflejan de alguna manera los posibles efectos de factores alterógenos humanos relacionados con el uso del suelo a nivel domiciliario y agropecuario.

En cuanto a la dureza total, los mínimos valores se presentan en la estación de la zona alta de la microcuenca, mientras los máximos en la zona media (Ver figura 16). En general, el valor indica aguas blandas en la parte alta, y moderadamente duras en las estaciones ubicadas en la zona media y baja, de acuerdo a la clasificación típica que se hace de las aguas según su dureza (Rojas,2008; Romero,2002).

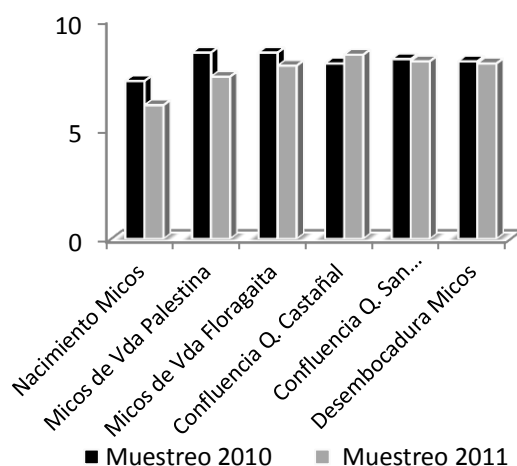


Figura 15. Variación del pH en la quebrada Los Micos

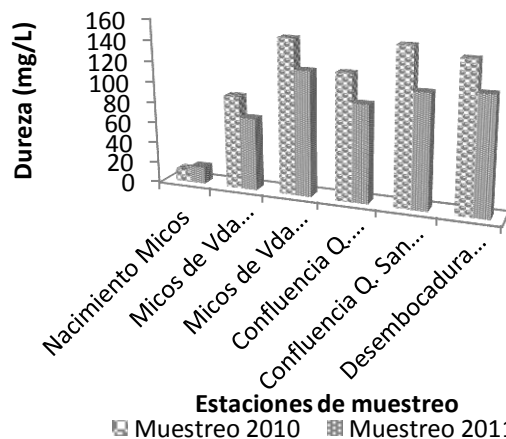


Figura 16. Variación de Dureza Total en la quebrada Los Micos

La alcalinidad, presenta valores similares en los dos muestreos y entre las estaciones; dándose los menores niveles en la primera estación mientras el mayor valor en la desembocadura (ver figura 17).

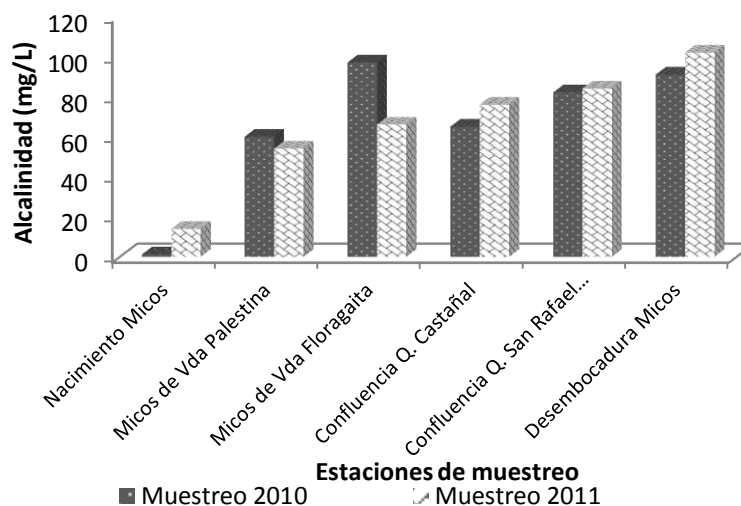


Figura 17. Variación de la alcalinidad en la quebrada Los Micos

#### 4.2.4. Sólidos.

En general, los valores de sólidos totales oscilan en el muestreo de 2010 entre 63 y 222 mg/L, y en el muestreo de 2011, entre 82 y 184 mg/L (Ver figura 18); se evidencia un incremento a lo largo del cauce de la quebrada Los Micos lo cual es normal, si se tiene en cuenta que en la medida que va ganando flujo, la quebrada tiene mayor capacidad de arrastre de material, y mayores aportes de los drenajes naturales que la conforman; la fuente de la materia orgánica por el drenaje de las coberturas vegetales, así como la de las zonas de ladera desprovistas de cobertura y en las que se desarrollan temporal o permanentemente procesos erosivos, también hacen que el valor de los sólidos se aumente. Aunado a lo anterior, el uso que se da a las aguas por parte de las comunidades, puede incrementar la salinidad de las aguas, y por ende la conductividad y en consecuencia el valor de sólidos sobre todo disueltos; éstos también muestran un incremento desde la zona alta hacia la zona baja de la microcuenca.

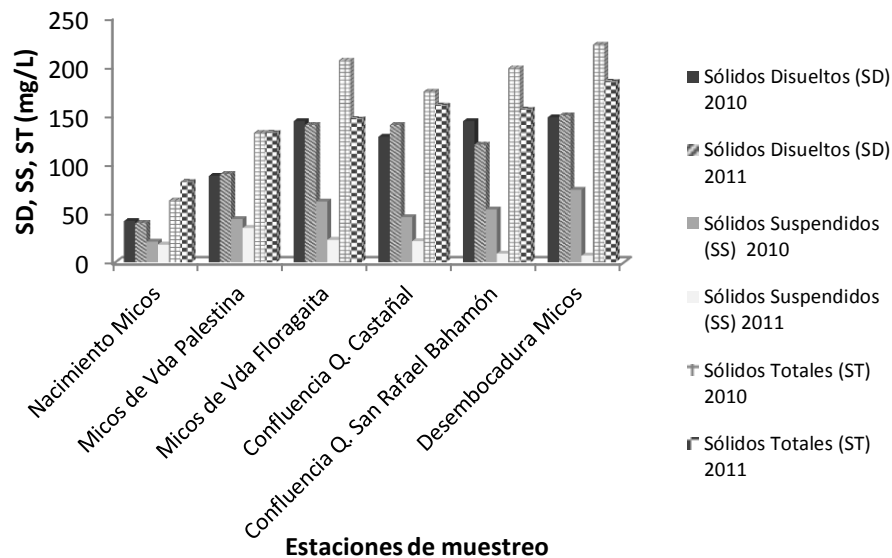


Figura 18. Valores de los sólidos disueltos, suspendidos y totales en la microcuenca de la quebrada Los Micos.

#### 4.2.5. Turbidez.

Los resultados muestran un mayor nivel de turbidez en la estación de la vereda Palestina en el 2011, posiblemente influenciada por algunos eventos de remoción en masa y caída de árboles cerca al cauce principal, lo cual incrementaría el valor puntualmente en dicho sitio de muestreo. Los valores oscilan entre 3.3 y 8.2 en el muestreo de 2010; mientras en el 2011, fueron mayores, entre 10 y 37 NTU (ver Figura 19). El valor más bajo de este parámetro se presenta en la estación Confluencia San Rafael-Bahamón a Micos con 3.3 NTU; mientras el más alto en la estación Micos de Vereda Palestina.

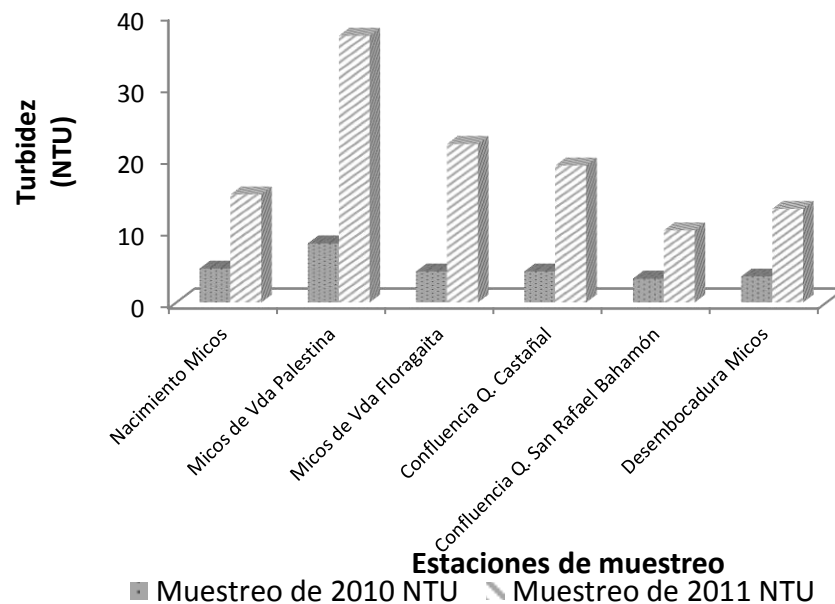


Figura 19. Valores de turbidez en la microcuenca de la quebrada Los Micos.

#### 4.2.6. Oxígeno Disuelto, Porcentaje de saturación de Oxígeno y DBO5.

El comportamiento de la concentración de oxígeno indica una leve reducción en la medida en que se avanza aguas abajo por el cauce principal; se aprecian mayores valores en el muestreo de 2010, dándose 7.0 mg/L en la estación Micos de Vereda Palestina; mientras el mínimo valor se dio en la confluencia de Castañal con quebrada Micos y en la desembocadura con 4.1 mg/L (Ver figura 20), valor que refleja la incidencia de condiciones diversas como la influencia humana con actividades aledañas, pero también, el cambio de altitud, pues a mayor altura, menor temperatura del agua, y por ende mayor solubilidad del oxígeno, si se tiene en cuenta que la primera estación se encuentra a 1555 msnm y la última a 601 msnm, se tiene un gradiente altitudinal de 954 m. así mismo, el cambio de pendiente entre el sector alto, medio y bajo, con la presencia de drenes a manera de cascada, pueden influenciar valores de oxígeno mayores en la zona alta.

El porcentaje de saturación de oxígeno, expresa valores menores en el muestreo de 2011, que oscilan entre 44 y 59%; mientras en el muestreo de 2010, entre 59 y 78% (Ver figura 21). Se aprecia que el factor temperatura y altitud influyen este parámetro.

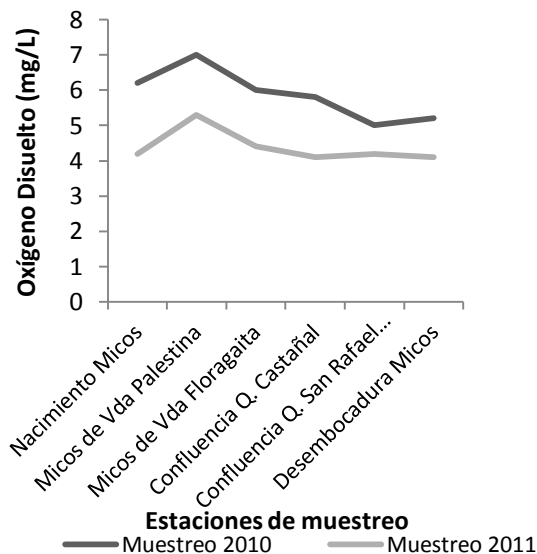


Figura 20 Valores del Oxígeno Disuelto quebrada Los Micos, años 2010 – 2011.

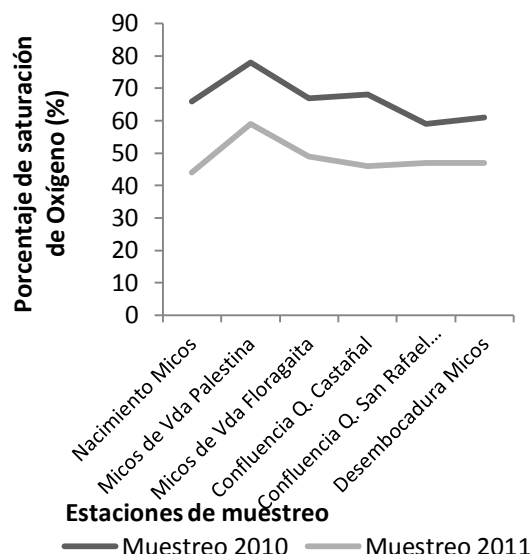


Figura 21. Porcentaje de saturación de Oxígeno, quebrada Los Micos, 2010-2011

Con respecto a la  $DBO_5$ , se registró el mayor valor con 77 mg/L en la desembocadura de la quebrada los Micos en el río Las Ceibas durante el muestreo de 2011, mientras que el menor valor fue de 1.7 mg/l en la confluencia de San Rafael Bahamón con los Micos (Ver Figura 22). Se aprecia un aumento considerable sobre todo en el muestreo de 2011, en la parte alta dándose un descenso en la zona media para luego volver a aumentar en la zona baja de la microcuenca. Los mayores valores en el 2011, probablemente tengan relación con el mayor arrastre de materia orgánica causado por lluvias mayores en el mismo año.

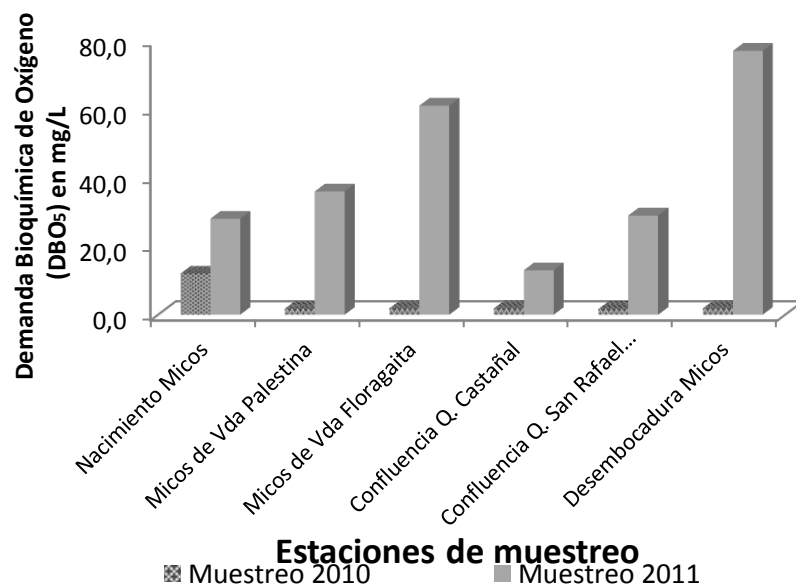


Figura 22. Valores de  $DBO_5$  en estaciones de muestreo en la microcuenca Los Micos durante 2010 – 2011.

#### 4.2.7. Fósforo Total.

La concentración de fósforo, tuvo un mínimo en la estación Nacimiento de Micos con 0,03 mg/l durante el muestreo de 2010; mientras que el valor más alto fue en la estación Confluencia San Rafael-Bahamón en Micos con 0,2 mg/l en el muestreo de 2011 (Ver Figura 23). Se observa un incremento en la Confluencia San Rafael-Bahamón, en donde puede influenciar un menor flujo de agua por las derivaciones realizadas aguas arriba, y también por contaminación difusa de potreros aledaños y por posible agua residual de viviendas cercanas.

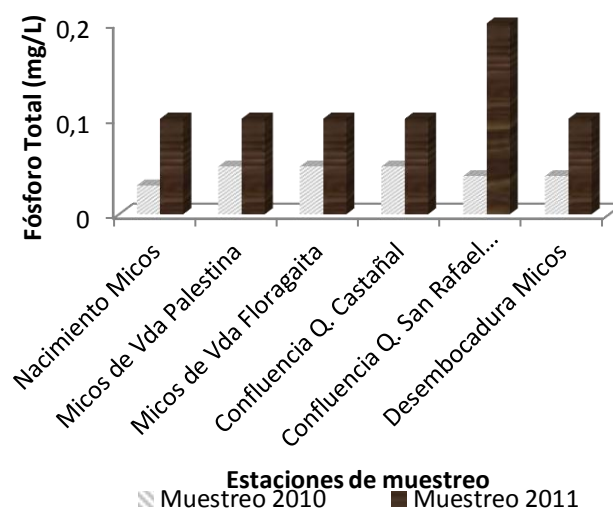


Figura 23. Valores de Fosforo total en estaciones de muestreo en la microcuenca Los Micos durante 2010 – 2011

#### 4.2.8. Cloruros

Los valores indican un menor nivel de cloruros en el muestreo de 2010, los cuales se encuentran en todas las estaciones con registros menores de 0,1 mg/L Cl; mientras que en el segundo muestreo en el 2011, se dan diferencias entre estaciones, con un valor mayor en la denominada confluencia Bahamón San Rafael con Los Micos que llega a 32,5 mg/ l Cl (ver figura 24); si bien todos los valores están por debajo de los límites permisibles (250 mg/L Cl) por normas colombianas como el Decreto 1594 de 1984 y Decreto 475 de 1998, para su uso como recurso para consumo humano y potabilización, tiene un leve incremento en la confluencia mencionada, probablemente por efectos variados como los efluentes de aguas residuales, así como también excrementos animales provocados por los pasos obligados y muy usados en el traslado y movimiento humano y de ganado vacuno y equino.

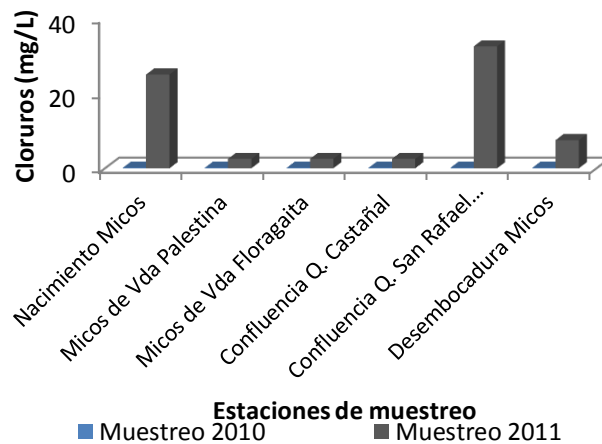


Figura 24. Valores de Cloruros en estaciones de muestreo en la microcuenca Los Micos durante 2010 – 2011

#### 4.2.9. Conductividad.

Esta muestra rangos entre 88 y 260 en el muestreo de 2010; y se evidencian diferencias espaciales entre estaciones; mientras en el muestreo de 2011, dichos valores se aumentan con rangos que van de 110 a 310  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Ver figura 25). En ambos casos, la estación ubicada en el nacimiento manifiesta el menor valor de conductividad para cada época de muestreo. En el segundo muestreo, hay un aumento progresivo; no obstante se presenta un primer incremento en la estación de Los Micos de vereda Floragaita, que indica de alguna manera influencias de la población en la parte alta del afluente que proviene de esa zona; posteriormente, se dan incrementos en las siguientes estaciones por la aportación probable de material orgánico de actividades pecuarias, sobre todo en el sector bajo de la microcuenca.

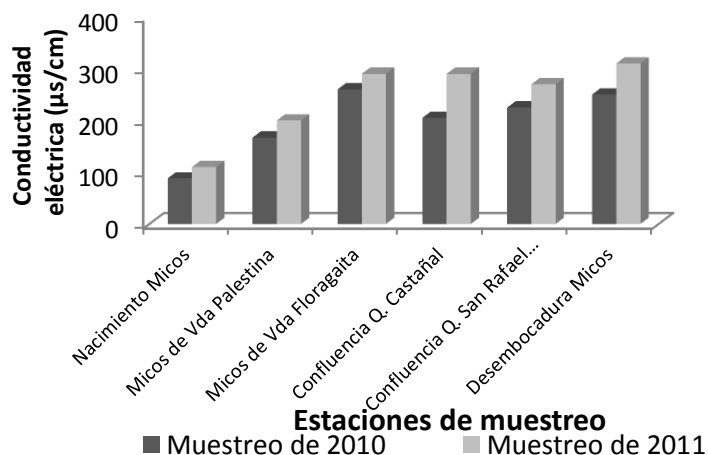


Figura 25. Valores de la conductividad eléctrica en estaciones de muestreo de la microcuenca de la quebrada Los Micos durante 2010 – 2011

#### 4.2.10. Resultados Microbiológicos

Los parámetros analizados hacen referencia a la presencia de Coliformes fecales y totales; los resultados muestran contaminación fecal en todo el transcurso principal de la quebrada Los Micos; los valores de coliformes totales en el muestreo de 2010, oscilaron entre 3 y 150 NMP /100 ml; mientras en el 2011, tuvo un rango menos amplio entre 20 y 150 NMP/100 ml (Ver figura 26). Para el caso de coliformes fecales, entre 3 y 20 NMP/100 ml en los años de muestreo (Ver figura 25 y 26).

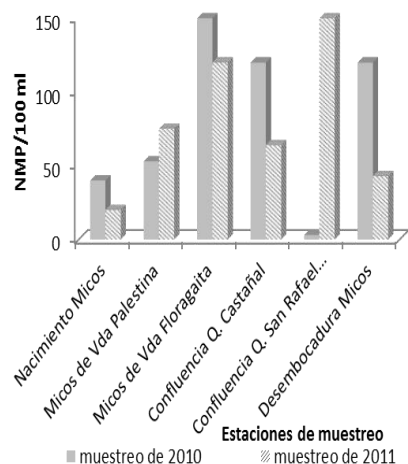


Figura 26. Valores de Coliformes Totales En la quebrada Los Micos años 2010 – 2011

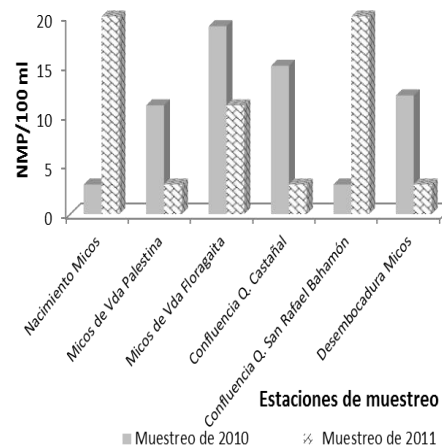


Figura 27. Valores de Coliformes Fecales en la quebrada Los Micos, 2010-2011.

#### 4.2.11. Determinación de índices de Contaminación

El **ICOMI (Índice de Contaminación por Mineralización)**, muestra valores cercanos a cero (0) en la estación del Nacimiento de los Micos, que indica baja contaminación por mineralización; mientras que se expresan valores medios en la estación de los Micos proveniente de la vereda Palestina; los mayores valores se dan en las demás estaciones con promedio para los dos muestreos, por encima de 0,7 y con un valor superior en la desembocadura de Los Micos (ver Figura 28). Dichos valores reciben dicha cualificación baja, media y/o alta, según lo establecido por Ramírez y Viña (1998), (ver Anexo 3).

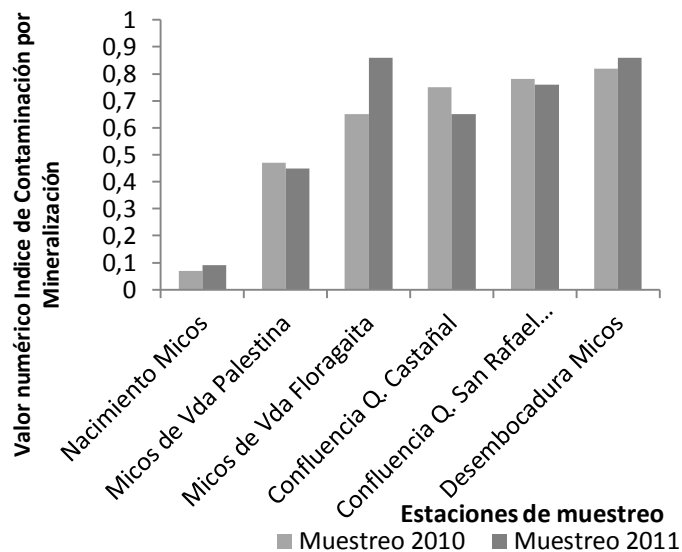


Figura 28. Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI) en la quebrada Los Micos durante 2010 – 2011

**El índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)**, en la quebrada Los Micos presenta valores entre 0,07 y 0,13 en el muestreo de 2010, mientras que ese rango tiene mayores valores en el 2011, entre 0,42 y 0,51 (Figura 29); éste último indica una contaminación media por materia orgánica teniendo en cuenta que este índice tiene un rango entre 0 y 1 en concordancia con Ramírez y Viña, (1998).

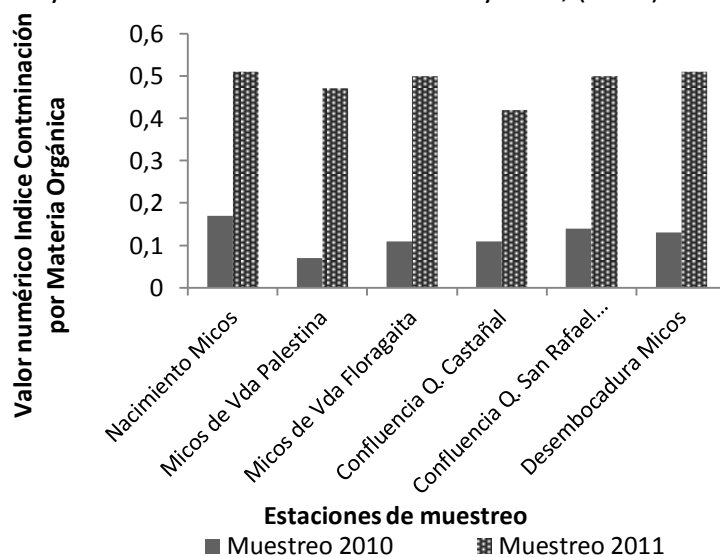


Figura 29. Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) en la quebrada Los Micos durante 2010 – 2011

**El índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)**, presenta valores muy bajos en todas las estaciones (ver figura 30), los cuales se dan entre 0 y 0,2 unidades, según Ramírez y Viña, (1998).

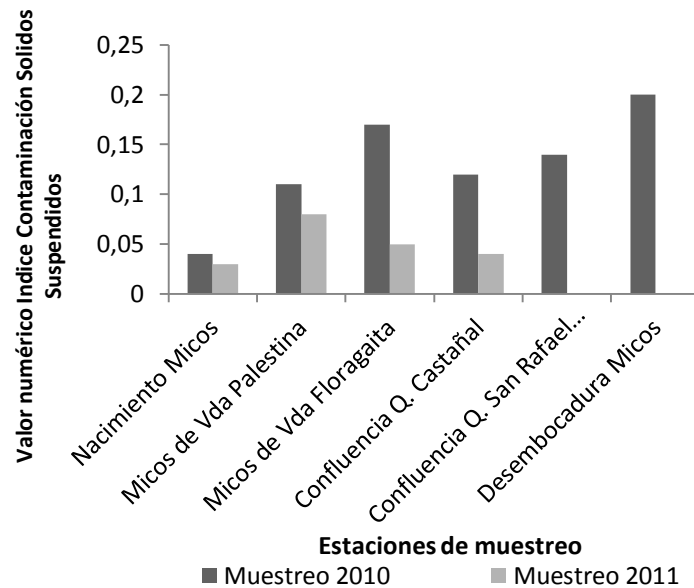


Figura 30. Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) en la quebrada Los Micos durante 2010 – 2011

**El Índice de Contaminación Trófico (ICOTRO),** dio numéricamente valores en todas las estaciones que indican eutrofia. En la Figura 31, se evidencia en la estación Confluencia de Quebrada San Rafael, el mayor valor del índice.

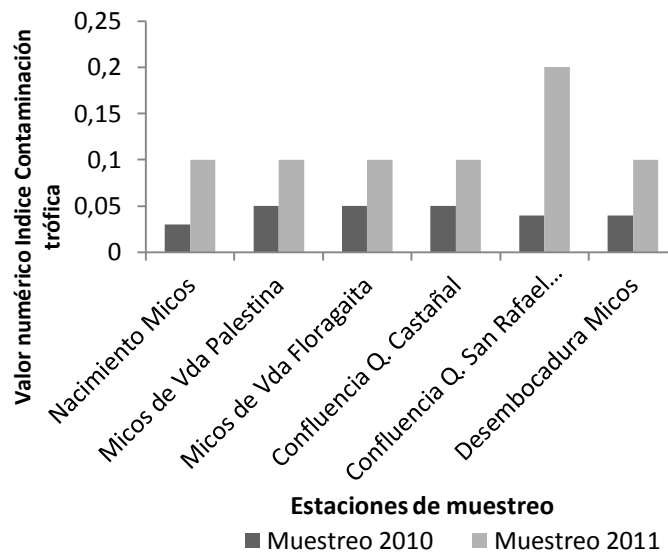


Figura 31. Índice de Contaminación Trófico (ICOTRO) en la quebrada Los Micos durante 2010 – 2011

#### 4.2.12. Índice de calidad de agua WQI (*Water Quality Index*).

Para el año 2010, el WQI da un valor por encima de 78 unidades en todas las estaciones, lo cual corresponde a una calidad buena (ver Figura 32). Dado que no se presentan eventos extremos de contaminación por el cambio brusco de niveles de los parámetros considerados en el cálculo del valor del índice, hacen que el indicador exprese un valor similar en todas las estaciones.

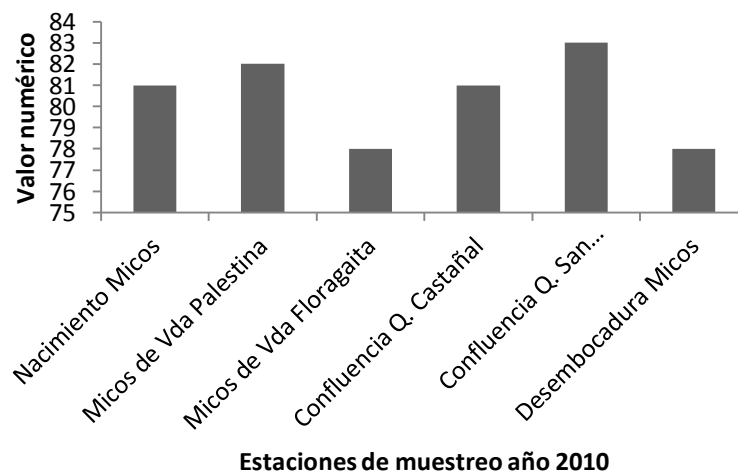


Figura 32. WQI en la quebrada Los Micos en muestreo del año 2010.

En el año 2011, el WQI dio valores que oscilaron entre 56 y 69, que significan una calidad intermedia (Ver figura 33). Por efecto de la no determinación de nitratos, el valor que toma el índice es más bajo en comparación del año inmediatamente anterior. Además, el valor del porcentaje de saturación de oxígeno es menor para el 2011, lo que puede incidir en el cálculo total del índice. Así mismo el valor de la turbidez incide en la expresión del índice, siendo la asignación del valor de calidad del parámetro menor cuando la concentración de esta variable es mayor (SNET, 2010; Ferreira, 2005); lo cual se expresa más en este muestreo en comparación al del año 2010.

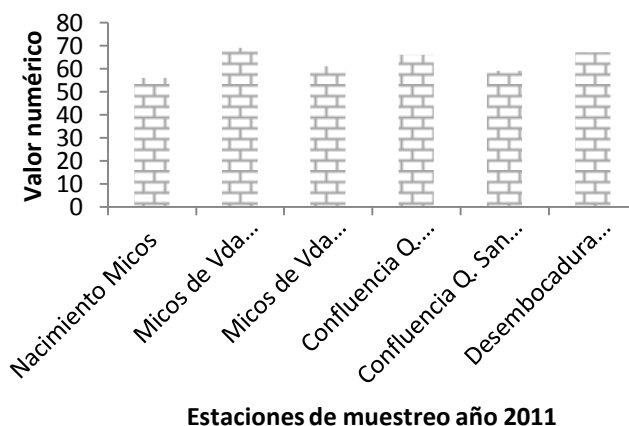


Figura 33. WQI en la quebrada Los Micos durante muestreo en el año 2011

#### 4.3. ABUNDANCIA DE LAS FAMILIAS Y GÉNEROS ENCONTRADOS.

La fauna bentónica encontrada en la quebrada Los Micos, se presenta en la tabla 7, en la que aparece la clasificación taxonómica hasta el nivel de familia, desde la columna de la izquierda hacia la derecha.

En este registro, los grupos de organismos identificados en la microcuenca de la Quebrada Los Micos, corresponden a los Phyla Arthropoda, Annelida, Platyhelminthes y Mollusca; de estos, la Clase Insecta perteneciente al primer phylum mencionado, obtuvo la mayor significancia en cuanto a composición, riqueza y abundancia, puesto que aportó el 98,64% del total de individuos reportados (ver Anexo 4). Fueron identificados como ordenes con mayor número de individuos, Ephemeroptera con 41,69%, Diptera con 25,09%, Trichoptera con 16,21%, Coleoptera con 8,26%.(Figura 34).

En el primer muestreo, se encontraron 146 taxa diferentes para la quebrada los Micos, mientras que en el muestreo de mayo de 2011 fueron 99 taxa. El total de individuos (9617) corresponde a 164 géneros y 58 familias; otros grupos de individuos sólo se determinaron a nivel de clase y orden, como en el caso de Lepidóptera, Acari, Unionoida y Haplotaxida (ver tabla 8). Las familias reportadas corresponden a 17 ordenes, dentro de los cuales se reportan invertebrados característicos de las comunidades acuáticas en Sudamérica citados por Dominguez et al, (2009).

Tabla 7. Abundancia de Familias de Macroinvertebrados acuáticos encontrados en la quebrada los Micos durante los muestreos realizados en mayo de 2010 y en mayo de 2011.

| Clase        | Orden         | Familia         |                  |                 |                  |                       | ESTACIONES DE MUESTREO          |                     | Σ    | %     |
|--------------|---------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------|------|-------|
|              |               |                 | Nacimiento Micos | Micos Palestina | Micos Floragaita | Confl. Castañal Micos | Confl. Bahamón San Rafael Micos | Desembocadura Micos |      |       |
|              |               |                 | No Individuos    |                 |                  |                       |                                 |                     |      |       |
| Arachnoidea  | Acari         | Acari NN        | 5                |                 | 5                | 11                    | 7                               | 47                  | 75   | 0,78  |
| Insecta      | Hemiptera     | Aphididae       |                  |                 |                  |                       |                                 | 2                   | 2    | 0,02  |
| Insecta      | Ephemeroptera | Baetidae        | 181              | 199             | 64               | 184                   | 461                             | 953                 | 2042 | 21,23 |
| Insecta      | Trichóptera   | Calamoceratidae | 20               | 13              |                  |                       |                                 |                     | 33   | 0,34  |
| Insecta      | Odonata       | Calopterygidae  |                  | 2               |                  |                       |                                 | 7                   | 9    | 0,09  |
| Insecta      | Diptera       | Ceratopogonidae | 14               | 13              | 22               | 71                    | 43                              | 48                  | 211  | 2,19  |
| Insecta      | Diptera       | Chironomidae    | 156              | 113             | 294              | 458                   | 392                             | 400                 | 1813 | 18,85 |
| Insecta      | Coleóptera    | Chrysomelidae   |                  |                 |                  |                       | 1                               | 1                   | 2    | 0,02  |
| Insecta      | Odonata       | Coenagrionidae  | 2                |                 | 2                | 2                     | 5                               | 18                  | 29   | 0,30  |
| Insecta      | Coleoptera    | Coleoptera NN   |                  | 1               | 1                |                       | 2                               | 4                   | 8    | 0,08  |
| Insecta      | Hemiptera     | Corixidae       |                  |                 | 1                |                       |                                 | 2                   | 3    | 0,03  |
| Insecta      | Megaloptera   | Corydalidae     |                  | 12              | 24               | 40                    | 13                              | 15                  | 104  | 1,08  |
| Malacostraca | Crustacea     | Decapoda NN     | 5                | 1               | 1                |                       |                                 |                     | 7    | 0,07  |
| Insecta      | Diptera       | Dixidae         | 1                |                 |                  |                       | 1                               |                     | 2    | 0,02  |
| Insecta      | Diptera       | Dolichopodidae  | 1                |                 | 1                | 1                     |                                 | 3                   | 6    | 0,06  |
| Turbellaria  | Tricladida    | Dugesidae       | 4                |                 |                  | 1                     | 56                              | 4                   | 65   | 0,68  |
| Insecta      | Coleoptera    | Elmidae         | 68               | 39              | 82               | 141                   | 198                             | 150                 | 678  | 7,05  |
| Insecta      | Diptera       | Empididae       |                  | 2               | 1                | 2                     | 1                               | 1                   | 7    | 0,07  |
| Entognatha   | Collembola    | Entomobryidae   | 1                |                 |                  |                       |                                 |                     | 1    | 0,01  |
| Insecta      | Ephemeroptera | Euthvplociidae  |                  | 1               |                  |                       | 3                               | 2                   | 6    | 0,06  |

Continuación Tabla 7. Abundancia de Familias de Macroinvertebrados acuáticos encontrados en la quebrada los Micos durante los muestreos realizados en mayo de 2010 y en mayo de 2011.

|              |                |                         |                |                 |                 |                |                |              |             |            |
|--------------|----------------|-------------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|--------------|-------------|------------|
| Insecta      | Hemiptera      | Gerridae                |                |                 |                 | 1              |                |              | 1           | 0,01       |
| Insecta      | Trichoptera    | Glossosomatidae         |                | 2               |                 |                |                | 1            | 3           | 0,03       |
| Insecta      | Odonata        | Gomphidae               | 1              | 8               |                 | 1              | 13             | 9            | 32          | 0,33       |
| Insecta      | Coleóptera     | Gyrinidae               | 1              |                 |                 |                |                |              | 1           | 0,01       |
| Oligochaeta  | Haplotaxida    | HaploNN                 | 4              | 7               | 6               | 5              | 1              | 7            | 30          | 0,31       |
| Insecta      | Trichoptera    | Helicopsychidae         |                | 7               |                 | 4              |                |              | 11          | 0,11       |
| Insecta      | Hemiptera      | Hemiptera NN            |                |                 | 1               |                |                |              | 1           | 0,01       |
| Insecta      | Trichóptera    | Hydrobiosidae           | 8              | 1               | 1               | 1              |                |              | 11          | 0,11       |
| Insecta      | Coleoptera     | Hydrophilidae           | 1              | 5               |                 |                |                |              | 6           | 0,06       |
| Insecta      | Trichoptera    | Hydropsychidae          | 139            | 207             | 254             | 208            | 134            | 77           | 1019        | 10,60      |
| Insecta      | Trichoptera    | Hydroptilidae           | 6              | 1               | 13              | 53             | 5              | 32           | 110         | 1,14       |
| Malacostraca | Isopoda        | Isopoda NN              | 1              |                 |                 |                |                |              | 1           | 0,01       |
| Entognatha   | Collembola     | Isotomidae              | 1              |                 |                 |                |                |              | 1           | 0,01       |
| Insecta      | Lepidoptera    | Lepidóptera NN          |                | 1               |                 | 3              |                | 1            | 5           | 0,05       |
| Insecta      | Trichoptera    | Leptoceridae            | 17             | 8               | 2               | 3              | 1              | 6            | 37          | 0,38       |
| Insecta      | Ephemeroptera  | Leptohyphidae           | 73             | 109             | 186             | 138            | 207            | 632          | 1345        | 13,99      |
| Insecta      | Ephemeroptera  | Leptophlebiidae         | 119            | 40              | 80              | 112            | 180            | 83           | 614         | 6,38       |
| Insecta      | Odonata        | Libellulidae            |                |                 |                 |                | 3              | 10           | 13          | 0,14       |
| Arachnoidea  | Acari          | Limnesiidae             |                |                 |                 |                |                | 8            | 8           | 0,08       |
| Insecta      | Hemiptera      | Membracidae             |                |                 |                 |                |                | 3            | 3           | 0,03       |
| Insecta      | Hemiptera      | Mesoveliidae            |                | 1               |                 |                |                | 3            | 4           | 0,04       |
| Insecta      | Diptera        | Muscidae                | 2              |                 | 1               |                |                |              | 3           | 0,03       |
| Oligochaeta  | Haplotaxida    | Naididae                | 1              | 1               |                 |                | 2              | 11           | 15          | 0,16       |
| Insecta      | Hemiptera      | Naucoridae              |                | 4               | 11              | 34             | 51             | 40           | 140         | 1,46       |
| Insecta      | Coleoptera     | Noteridae               |                |                 |                 |                |                | 2            | 2           | 0,02       |
| Insecta      | Trichoptera    | Odontoceridae           | 8              | 23              | 2               | 68             | 41             | 3            | 145         | 1,51       |
| Insecta      | Ephemeroptera  | Oligoneuriidae          |                |                 |                 |                | 1              | 1            | 2           | 0,02       |
| Insecta      | Plecoptera     | Perlidae                | 16             | 20              | 49              | 30             | 36             | 16           | 167         | 1,74       |
| Insecta      | Trichoptera    | Philopotamidae          | 4              |                 | 6               | 4              | 47             | 121          | 182         | 1,89       |
| Gastropoda   | Basommatophora | Physidae                |                |                 |                 |                |                | 1            | 1           | 0,01       |
| Gastropoda   | Basommatophora | Planorbidae             |                |                 |                 |                | 1              | 1            | 2           | 0,02       |
| Insecta      | Trichoptera    | Polycentropodidae       |                |                 | 1               | 1              |                |              | 2           | 0,02       |
| Insecta      | Odonata        | Polythoridae            | 2              | 2               |                 |                |                |              | 4           | 0,04       |
| Insecta      | Coleoptera     | Psephenidae             | 2              | 2               | 1               | 5              | 16             | 6            | 32          | 0,33       |
| Insecta      | Diptera        | Psychodidae             | 2              |                 |                 |                | 1              |              | 3           | 0,03       |
| Insecta      | Coleoptera     | Ptilodactylidae         | 27             | 5               | 1               | 2              |                |              | 35          | 0,36       |
| Insecta      | Lepidoptera    | Pyrilidae               | 1              |                 |                 |                |                | 8            | 9           | 0,09       |
| Insecta      | Coleoptera     | Scirtidae               |                |                 |                 |                | 2              |              | 2           | 0,02       |
| Insecta      | Diptera        | Simuliidae              | 31             | 12              | 11              | 28             | 57             | 94           | 233         | 2,42       |
| Insecta      | Coleoptera     | Staphylinidae           |                | 1               | 2               | 10             | 18             | 2            | 33          | 0,34       |
| Insecta      | Diptera        | Stratiomyidae           |                |                 |                 |                | 2              |              | 2           | 0,02       |
| Insecta      | Diptera        | Tabanidae               | 1              |                 |                 |                | 2              | 4            | 7           | 0,07       |
| Insecta      | Diptera        | Tipulidae               | 10             | 5               | 19              | 51             | 35             | 6            | 126         | 1,31       |
| Insecta      | Trichoptera    | Trichoptera NN          |                |                 | 1               |                |                |              | 1           | 0,01       |
| Oligochaeta  | Haplotaxida    | Tubificidae             | 8              | 1               |                 | 2              | 3              |              | 14          | 0,15       |
| Bivalvia     | Unionoida      | Unionoida NN            |                |                 |                 | 1              | 2              |              | 3           | 0,03       |
| Insecta      | Hemiptera      | Veliidae                | 5              | 6               | 23              | 11             | 19             | 29           | 93          | 0,97       |
|              |                | <b>N° Individuos</b>    | <b>949</b>     | <b>875</b>      | <b>1169</b>     | <b>1687</b>    | <b>2063</b>    | <b>2874</b>  | <b>9617</b> | <b>100</b> |
|              |                | <b>N° miento</b>        | <b>Micos P</b> | <b>Micos Fl</b> | <b>Castañal</b> | <b>Bahamón</b> | <b>D\ dura</b> | <b>Micos</b> |             |            |
|              |                | Porcentaje/<br>Estación | 9,87           | 9,10            | 12,16           | 17,54          | 21,45          | 29,88        | 100,00      |            |

Nota: Los datos resaltados corresponden a las familias más abundantes.

Del total de individuos colectados, la estación ubicada cerca a la desembocadura de la quebrada Los Micos en el río Las Ceibas, es la que reporta la mayor cantidad de organismos, con 29,88% (2874 individuos) y 45 familias, seguida de la estación de la Confluencia Bahamón San Rafael con 21,45% (2063 individuos) distribuidos en 39 familias, luego la de confluencia de Castañal con 17,54% (1687 individuos) y 34 familias, la de Micos de Floragaita con 12,16% y 33 familias, el nacimiento de la Quebrada los Micos con 9,87%

(949 individuos) y 33 familias, y la estación Micos de la vereda Palestina con 9,10% (875) y 36 familias.

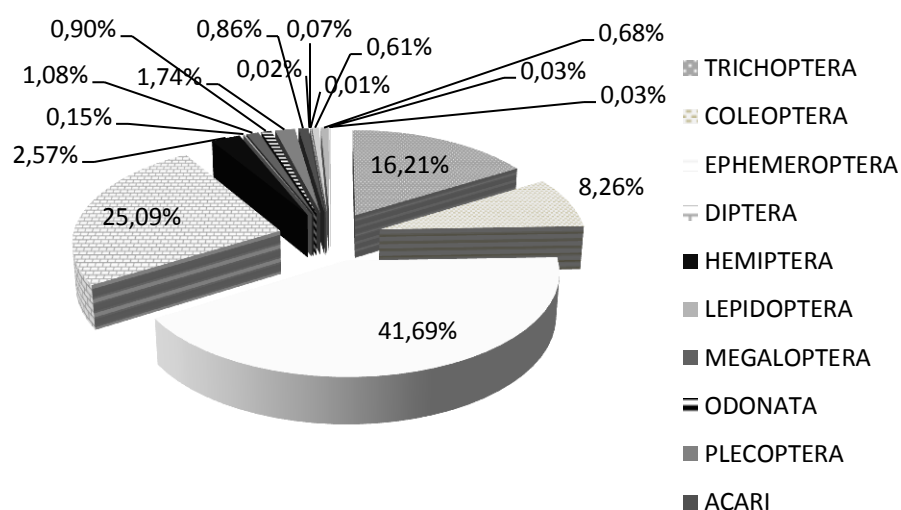


Figura 34. Porcentaje de órdenes encontrados en la quebrada Los Micos.

En cuanto a abundancias a nivel de familias, sobresalen Baetidae (21,23%), Chironomidae (18,85%), Leptohyphidae (13,99%) e Hydropsychidae con 10,6%. Mientras que a nivel de morfoespecies se destacan, *Leptohyphes* 6,82%, *Baetodes* el 6,78%, *Camelobaetidium* 5,37%, *Americabaetis* 4,37%, *Thraulodes* (3,60%), *Tricorythodes* (3,04%), *Pentaneura* (3,67%), *Polypedilum* (3,58%) y *Smicridea* (8,51%) del total de los taxos hallados (ver Anexo 3). *Baetodes*, *Americabaetis* y *Leptohyphes* presentan las mayores abundancias en la confluencia Bahamón-San Rafael y cerca a la desembocadura de Los Micos en el río Las Ceibas, con presencia en todas las épocas y estaciones de muestreo. Mientras *Tricorythodes* es más abundante cerca a la desembocadura de Micos en Río Las Ceibas, *Thraulodes* lo es más en la Confluencia Castañal Micos, en la confluencia Bahamón-San Rafael y cerca a la desembocadura de Los Micos en el Río las Ceibas. *Smicridea* abunda mayormente en las estaciones: Micos de Vereda Floragaita y Confluencia de Castañal en Los Micos. (Ver Anexo 4)

Los órdenes que representan las mayores riquezas de géneros, corresponden a Diptera con 26,4%, Coleoptera con 17,2%, Ephemeroptera con 15,3% y Trichoptera con 14,7%, como se muestra en la figura 35.

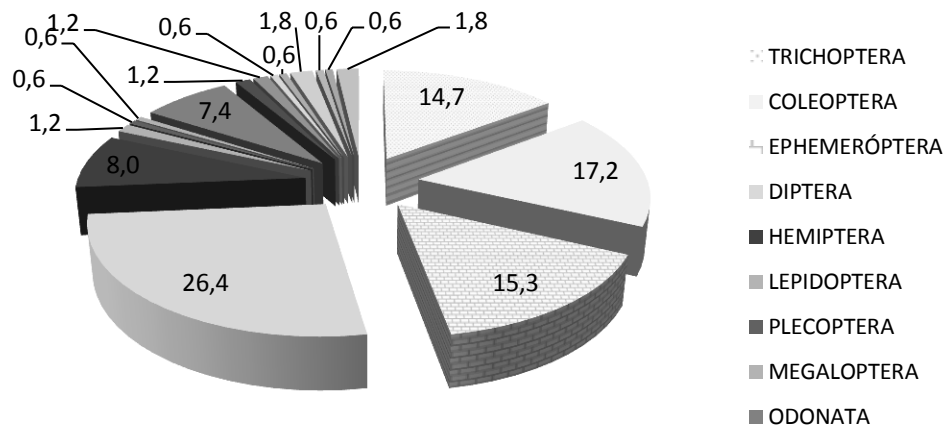


Figura 35. Riqueza de géneros y/o morfotipos en porcentaje por orden taxonómico

En cuanto a la composición por géneros, se obtuvieron 27 géneros compartidos por las 6 estaciones de muestreo; cada estación tuvo géneros exclusivos; por ejemplo en el Nacimiento de los Micos como *Zelus* y *Prebaetodes*, *Atrichopogon*, *Limonia*, *Tipula*, ejemplares de Colembola e Isopoda. En la estación Micos de Vereda Palestina se encuentran como exclusivos *aff. Luchoelmis*, *Tetraglosa*, *Parametriocnemus*, *Chelifera*, *Tetraglosa*. En la estación Confluencia Castañal, como únicos géneros se reportan *Policentropus*, *Austrolimnius*, *Stegoelmis*, *Halobatopsis*. En Los Micos de Vereda Floragaita como género exclusivo se encuentra *Rhyacopsyche*. En la estación Bahamón *Pseudodisersus*, ejemplar de Scirtidae, *Maruina*, ejemplares de Stratiomyidae, *Microvelia*. Y en la desembocadura de Los Micos, como géneros únicos de esta estación se reportaron *Physa*, *Gyraulus*, Acari morfotipo2, *Macrothemis*, *Phyllogomphoides*, ejemplares de Aphididae, *Ambrysus*, *Vacupernius*, *Paracloeodes*, *aff. Ancyronix*, *Neotrichia*. La presencia de géneros compartidos entre las 6 estaciones se refleja en el siguiente cluster con aplicación del índice de similitud de Jaccard (ver figura 36).

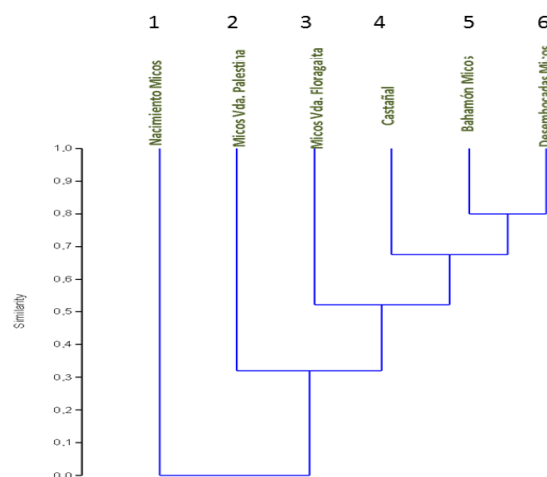
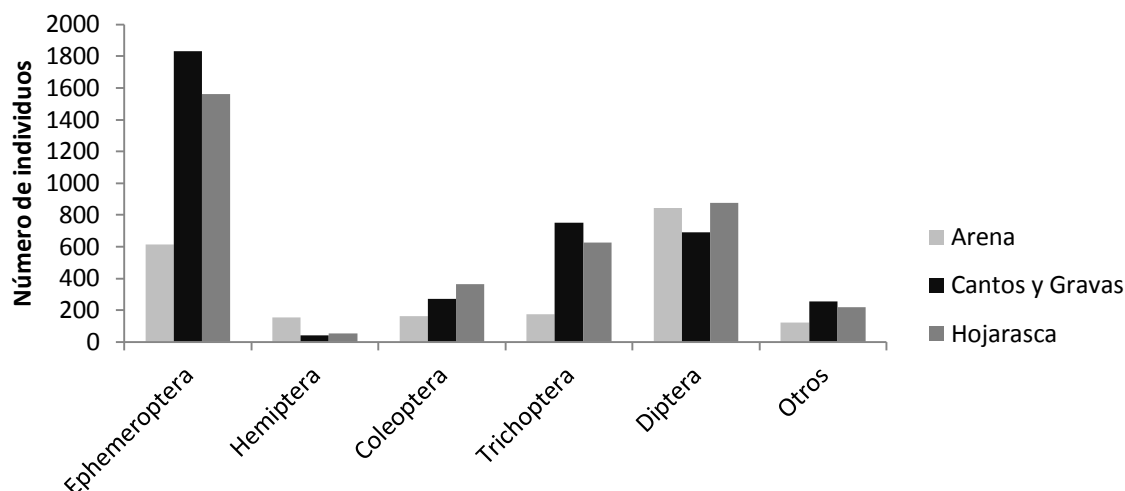


Figura 36. Índice de similitud de Jaccard de las estaciones de muestreo de la quebrada Los Micos.

Se observa que la estación Bahamón Micos y Desembocadura, comparten un buen porcentaje de géneros (70 específicamente); tienen mayor proximidad, pertenecen a la misma zona baja de la microcuenca y las condiciones ambientales son similares. Las demás comparten géneros en menor proporción, mientras que la estación Nacimiento de Micos es la más diferente de todas. Cinco estaciones se agrupan con un valor de 0,34.

En cuanto a sustratos, en general, se reportan 16 órdenes en arena, 15 en cantos y grava y 13 en el sustrato denominado hojarasca. En cuanto a los grupos que reportan mayor número de individuos y abundancia relativa, Ephemeroptera sobresale en los sustratos cantos y gravas y hojarasca; así mismo Trichoptera y Coleóptera; en tanto que Diptera presenta mayores valores en hojarasca, arena seguida de cantos y gravas. (Figura 37.)



#### Órdenes de macroinvertebrados bentónicos

Figura 37. Presencia de órdenes con mayor abundancia en los sustratos muestreados.

Sobre el número de individuos, el sustrato cantos y gravas reporta el 40% (3844 individuos), seguido de la hojarasca con 38,5% (3700 individuos) y la arena 21,6% (2073 individuos), como se observa en la figura 38.

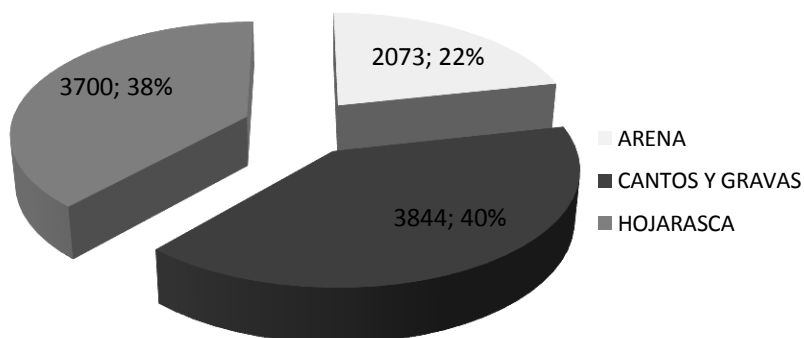


Figura 38. Número y porcentaje de individuos por sustrato muestreado.

Se hizo una ANOVA de una vía para comparar la población representada en los órdenes encontrados y los sustratos, encontrándose que no hay diferencias significativas ( $p: 0,5629$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Así mismo, la comparación múltiple de medias de Tukey, permite establecer que no hay significancia de la asociación entre la población a nivel de órdenes de los macroinvertebrados acuáticos y los sustratos.

La abundancia relativa de las familias más abundantes en cada sustrato de muestreo, se puede observar a continuación en las figuras 38 a 43. Para el caso de las familias, se hizo una ANOVA de una vía para establecer el grado de asociación entre las familias más abundantes reportadas y los sustratos considerados, y se encuentra que no hay diferencias significativas al comparar de forma múltiple las medias según prueba de Tukey ( $p: 0,1825$  y  $\alpha = 0,05$ ), (figura 38)

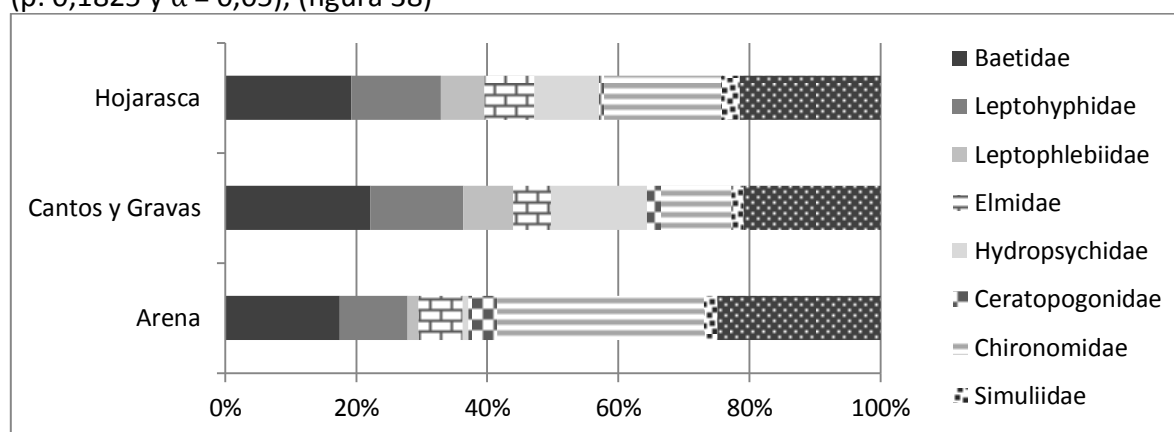


Figura 39. Proporción de familias más abundantes en los 3 sustratos muestreados.

Al aplicar la correlación de Spearman, se halla una no correlación entre las familias más abundantes entre los sustratos arena y hojarasca y entre cantos-gravas y hojarasca, es decir, la correlación difiere significativamente de cero.

Al analizar cada sustrato por separado, se encuentra para el caso de la arena, que hay diferencias significativas en la homogeneidad de la varianza de la población en las dos épocas para las familias más abundantes ( $p < 0,05$ ). La población no se mantiene dentro de mismos rangos de variación en los dos períodos. (Figura 40, Tabla 8)

Tabla 8. Pruebas estadísticas para determinación de diferencias significativas en sustratos de la Quebrada Los Micos.

|                       | Cantos y gravas | arena  | Hojarasca |                                       |
|-----------------------|-----------------|--------|-----------|---------------------------------------|
| Pruebas estadísticas. | p               | p      | p         | Significado                           |
| Levene                | 0,1412          | 0,0438 | 0,0479    | Homogeneidad de Varianza              |
| Kruskal-Wallis        | 0,0851          | 0,3538 | 0,0851    | Homogeneidad de la Población de Datos |
| Mann-Whitney          | 0,0934          | 0,3772 | 0,0934    | Homogeneidad en Distribución de Datos |

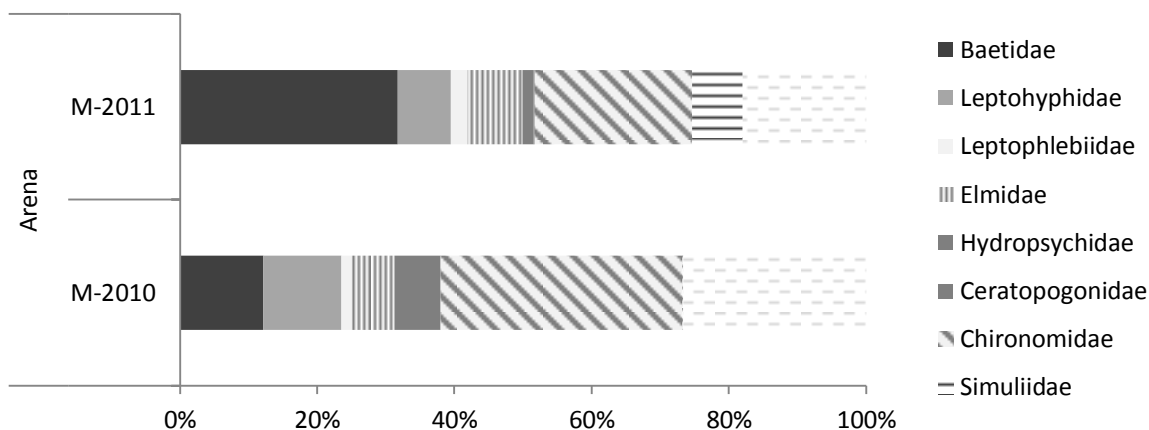


Figura 40. Proporción de familias más abundantes en el sustrato arena.

Para el caso del sustrato cantos y gravas, realizando la misma prueba de Levene, Kruskal-Wallis y Man-Whitney, se establece que existe homogeneidad en la varianza, población y distribución de datos (ver figura 41).

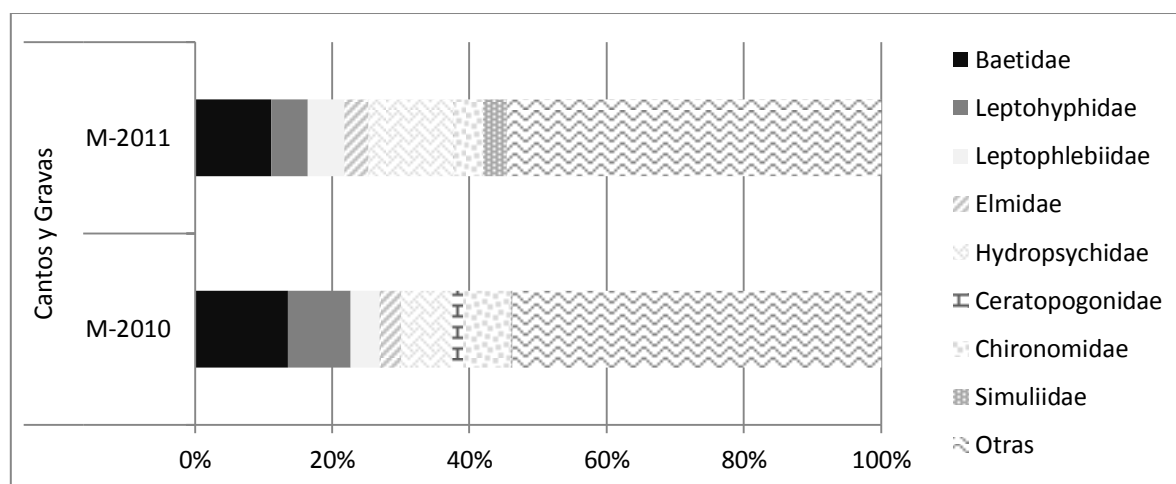


Figura 41. Proporción de familias más abundantes en el sustrato cantos y gravas.

En el sustrato Hojarasca, la prueba de Levene permite relevar que hay diferencias significativas en cuanto a la varianza de las familias más abundantes ( $p < 0,05$ ), mientras no hay diferencias significativas en cuanto a homogeneidad de la población de datos (según prueba de Kruskal-Wallis), y tampoco en la homogeneidad de la distribución de datos (según Mann-Whitney).

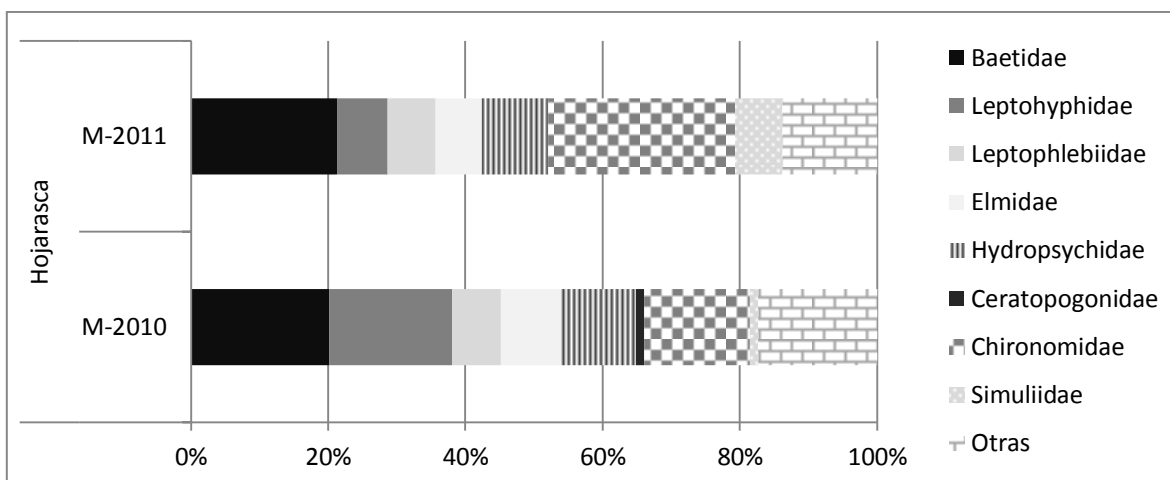


Figura 42. Proporción de familias más abundantes en el sustrato Hojarasca.

La Ordenación por PCA (Análisis de Componentes Principales), muestra los diferentes taxa de macroinvertebrados acuáticos reportados, tomando los 75 géneros más abundantes (Figura 43). Al separar los macroinvertebrados a una distancia de 38, se observa la formación de 7 grupos. En la primera agrupación, se encuentran taxones con porcentaje mayor de abundancia a nivel de género, en todos los sustratos y muestreos; es decir, los más frecuentes del estudio, encontrándose además en todas las estaciones; entre ellos, destacan *Leptonema*, *Heterelmis*, *Traveryphe*, *aff. Rheotanytarsus*, *Tricorythodes*, *Thraulodes*, *Americabaetis*, *Simulium*, *Polypedilum*, *Microcylloepus*, *Cloeodes*, *Haplohyphes*, *Limnocois*, *Corydalus*.

El Segundo grupo exhibe géneros o morfotipos con mayor abundancia que los anteriores y presencia con mayores valores numéricos en los sustratos arena, cantos y gravas y hojarasca y en todas las estaciones, con porcentajes superiores al compararlos con el grupo anterior; destacan *Camelobaetis*, *Baetodes*, *Leptohyphes* y *Smicridea*. Estos mismos se encuentran más ligados numéricamente a los estratos cantos-gravas y hojarasca.

El tercer grupo *Marilia* y *Pentaneura*, registran mayores abundancias en el sustrato arena, y menor en los demás sustratos.

En el cuarto grupo, *Stenus*, *Anchytarsus* y *Nanomis*, son escasos o ausentes en arena, mientras en los demás sustratos, tienen alguna frecuencia de aparición. El quinto grupo exhibe géneros con menos abundancias, siendo escasos o ausentes en uno de los sustratos o épocas de muestreo, los cuales son *Grumichella*, *Atopsyche*, *TubiMt1* y *Terpides*.

La sexta agrupación está compuesta por algunos géneros de Diptera, Hemiptera, Odonata, Ephemeroptera, trichoptera y Coleoptera.

La séptima agrupación con más géneros o morfotipos que la anterior, tiene abundancia baja en los tres sustratos, dentro de este grupo están *Neoelmis*, *Fallceon*, *Cricotopus*, *Traverella*, *Phylloicus*, *Corynoneura*, *Phanocerus*, *Metrichia*, *Guajirolus*, *Hydroptila*, *Argia*, *Psephenops*, *Vacupernius*, entre otros.

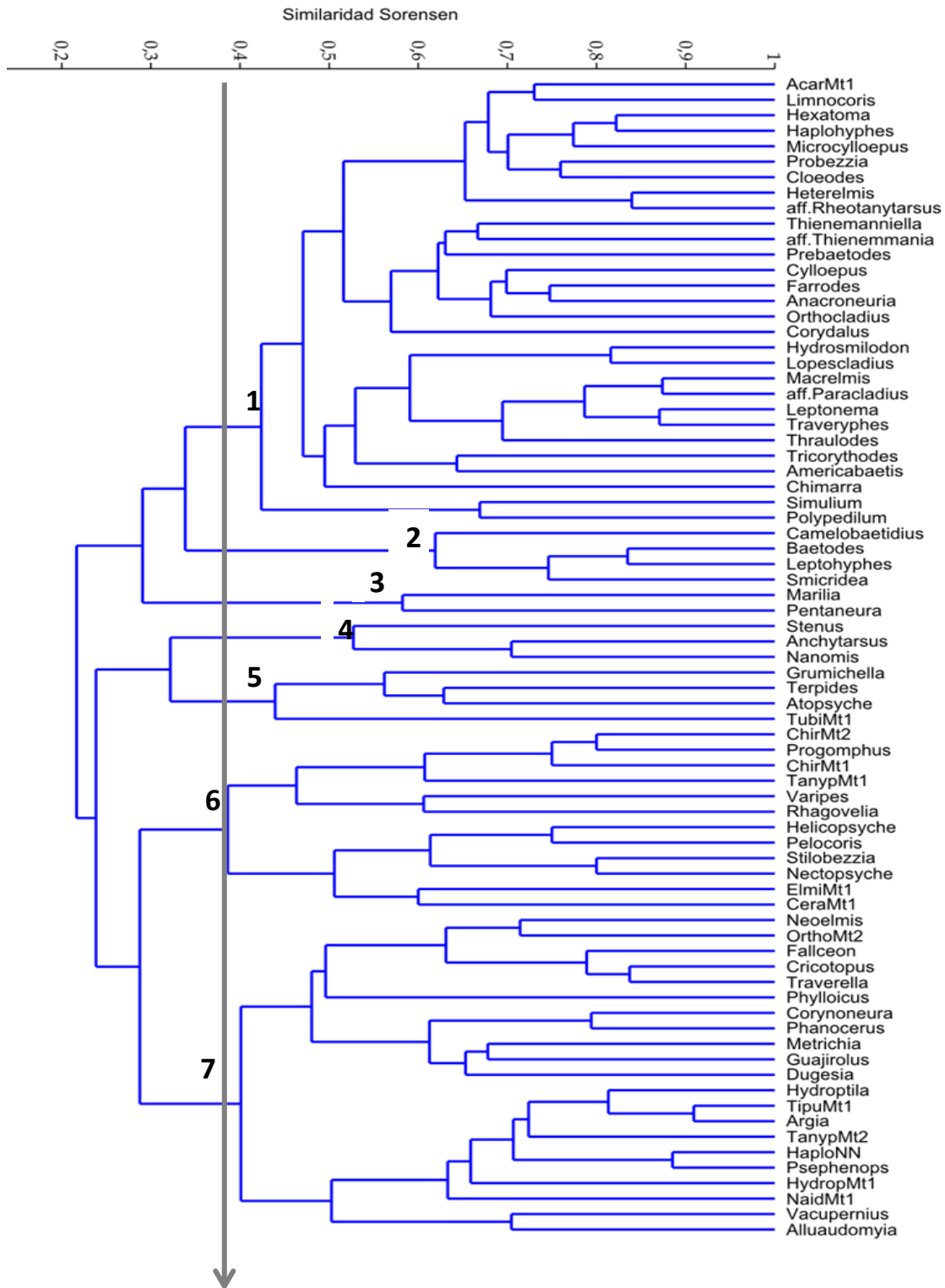


Figura 43. Ordenación por PCA a partir de la similitud de Sorensen, teniendo en cuenta los géneros o morfotipos de la quebrada Los Micos.

Mediante la prueba de ordenación PCA, se trata de hacer visible los posibles gradientes ambientales y cómo la comunidad está organizada en dichos gradientes. En la figura 45 se muestra cómo la variable (sustrato-tiempo) incide de mejor manera sobre la comunidad. En ella se representa cómo la mayoría de taxas presentaron un comportamiento con tendencia central correspondiente a los tres sustratos en el muestreo de 2011. Algunos taxa se alejan de dicha tendencia, y corresponden a *Pentaneura*, *Camelobaetidius*, *Leptohyphes*, *Smicridea*, *Baetodes*. En el caso de *Pentaneura*, se acerca más al sustrato arena del muestreo 1 en mayo de 2010; mientras *Camelobaetidius*, se acerca más al sustrato cantos-gravas del primer muestreo; en tanto *Leptohyphes*, *Smicridea* y *Baetodes*, se aproximan más al sustrato hojarasca del primer muestreo de 2010.

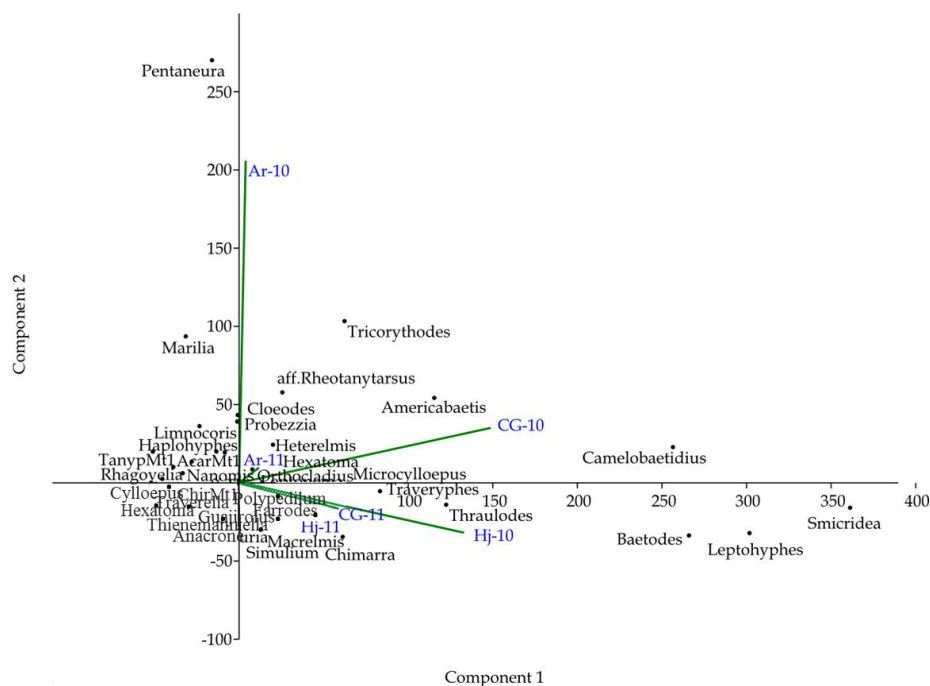


Figura 45. Análisis de ordenación PCA entre variables sustrato-Tiempo y presencia numérica de comunidad bentónica

En la figura 46, se presenta un análisis de Correspondencia sin Tendencia (DCA), en el que se observan algunas asociaciones más fuertes entre algunos taxa de macroinvertebrados acuáticos y los sustratos – tiempo. Para el caso del sustrato Hojarasca en el muestreo 2 de 2011, se encuentran taxa asociados como son *Stenus*, *Anchytarsus*, *Simulium*, *Polypedilum*, *Prebaetodes*, *Nanomis*, *Tubificidae Mt1*; *Varipes* y *Rhagovelia*, se asocian con mayor probabilidad al sustrato arena del muestreo 2 de 2011; mientras otros taxa como *Nectopsyche*, *Progomphus*, *Tanypodinae Mt1*, *Pentaneura*, *Chironomidae Mt2*, *Stilobezzia*, *Marilia*, *Helicopsyche*, *Limnocois*, *Aff.Rheotanytarsus*, *Haplohyphes*, *Americabaetis*, *Cloeodes*, *Acari Mt1*, están con mayor probabilidad de asociación al sustrato arena en el muestreo 1 del 2010; se puede observar, cómo algunos taxa se

Axis 2

nivel de aportación de hojarasca es posible y es depositado cerca a los fondos con piedra más menuda tipo grava, gravilla y cantos.

Los principales órdenes se muestran en la tabla 9, en donde se muestra el número de individuos en cada fecha de muestreo.

Tabla 9. Órdenes de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la quebrada los Micos durante los muestreos realizados en mayo de 2010 y en mayo de 2011

| orden/Estación de muestreo | Estación 1: Nacimiento Los Micos |                   | Estación 2: Los Micos-Palestina |                   | Estación 3: Los Micos -Floragaita |                   | Estación 4: Confluencia Castañal-Los Micos |                   | Estación 5: Confluencia Bahamón San Rafael-Los Micos |                   | Estación 6: Desembocadura Los Micos |                   | Total | %     |
|----------------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|-------|-------|
|                            | 2010                             | 2011              | 2010                            | 2011              | 2010                              | 2011              | 2010                                       | 2011              | 2010                                                 | 2011              | 2010                                | 2011              |       |       |
|                            | Número individuos                | Número individuos | Número individuos               | Número individuos | Número individuos                 | Número individuos | Número individuos                          | Número individuos | Número individuos                                    | Número individuos | Número individuos                   | Número individuos |       |       |
| TRICOPTERA                 | 119                              | 83                | 230                             | 37                | 106                               | 174               | 316                                        | 26                | 185                                                  | 43                | 228                                 | 12                | 1559  | 16,2  |
| COLEOPTERA                 | 26                               | 73                | 35                              | 13                | 64                                | 23                | 118                                        | 40                | 176                                                  | 61                | 123                                 | 42                | 794   | 8,3   |
| EPHEMEROPTERA              | 161                              | 212               | 168                             | 181               | 266                               | 64                | 273                                        | 161               | 619                                                  | 233               | 1488                                | 183               | 4009  | 41,7  |
| DIPTERA                    | 135                              | 83                | 103                             | 42                | 248                               | 101               | 413                                        | 198               | 414                                                  | 120               | 368                                 | 188               | 2413  | 25,1  |
| HEMIPTERA                  | 5                                | 0                 | 7                               | 4                 | 25                                | 11                | 35                                         | 11                | 59                                                   | 11                | 33                                  | 46                | 247   | 2,6   |
| LEPIDOPTERA                | 0                                | 1                 | 1                               | 0                 | 0                                 | 0                 | 2                                          | 1                 | 0                                                    | 0                 | 9                                   | 0                 | 14    | 0,1   |
| MEGALOPTERA                | 0                                | 0                 | 11                              | 1                 | 4                                 | 20                | 10                                         | 30                | 7                                                    | 6                 | 10                                  | 5                 | 104   | 1,1   |
| ODONATA                    | 2                                | 3                 | 12                              | 0                 | 1                                 | 1                 | 3                                          | 0                 | 13                                                   | 8                 | 37                                  | 7                 | 87    | 0,9   |
| PLECOPTERA                 | 3                                | 13                | 12                              | 8                 | 28                                | 21                | 18                                         | 12                | 16                                                   | 20                | 4                                   | 12                | 167   | 1,7   |
| ACARI                      | 4                                | 1                 | 0                               | 0                 | 5                                 | 0                 | 10                                         | 1                 | 6                                                    | 1                 | 54                                  | 1                 | 83    | 0,9   |
| COLLEMBOLA                 | 0                                | 2                 | 0                               | 0                 | 0                                 | 0                 | 0                                          | 0                 | 0                                                    | 0                 | 0                                   | 0                 | 2     | 0,0   |
| DECAPODA                   | 1                                | 4                 | 1                               | 0                 | 0                                 | 1                 | 0                                          | 0                 | 0                                                    | 0                 | 0                                   | 0                 | 7     | 0,1   |
| ISOPODA                    | 0                                | 1                 | 0                               | 0                 | 0                                 | 0                 | 0                                          | 0                 | 0                                                    | 0                 | 0                                   | 0                 | 1     | 0,0   |
| HAPLOTAXIDA                | 5                                | 8                 | 5                               | 4                 | 3                                 | 3                 | 5                                          | 2                 | 3                                                    | 3                 | 16                                  | 2                 | 59    | 0,6   |
| TRICLADIDA                 | 2                                | 2                 | 0                               | 0                 | 0                                 | 0                 | 1                                          | 0                 | 56                                                   | 0                 | 4                                   | 0                 | 65    | 0,7   |
| UNIONOIDA                  | 0                                | 0                 | 0                               | 0                 | 0                                 | 0                 | 1                                          | 0                 | 2                                                    | 0                 | 0                                   | 0                 | 3     | 0,0   |
| BASSOMATOPHORA             | 0                                | 0                 | 0                               | 0                 | 0                                 | 0                 | 0                                          | 0                 | 1                                                    | 0                 | 2                                   | 0                 | 3     | 0,0   |
|                            | 463                              | 486               | 585                             | 290               | 750                               | 419               | 1205                                       | 482               | 1557                                                 | 506               | 2376                                | 498               | 9617  | 100,0 |

Se evidencia un mayor número de individuos para los órdenes Ephemeroptera, Diptera, Tricoptera y Coleoptera, lo cual ha sido encontrado también en otras microcuencas del Huila (Sánchez et al, 2004; Sánchez et al, 2001; Sánchez y Perea, 1990; Sánchez, 1987).

En el anexo 7 se muestran algunas fotografías de los organismos colectados en todos los muestreos y a continuación se presenta una descripción breve de los órdenes y familias más abundantes.

#### 4.4.1. Orden Ephemeroptera

Ephemeroptera es un orden con aproximadamente 300 géneros y 4000 especies descritas en el mundo, siendo las familias con mayor número de especies Baetidae y Leptophlebiidae, seguidas por Leptohyphidae Dominguez et al, (2009). Los estadios inmaduros viven en ambientes dulceacuícolas que comprenden desde aguas torrentosas, hasta estancadas, sus ninfas viven normalmente adheridas a rocas, troncos, hojas o

vegetación sumergidas, así como algunas enterradas en fondos lodosos o arenosos (Roldán, 1996)

En el presente estudio, Ephemeroptera tuvo un porcentaje de abundancia del 41,69% con respecto al total de la comunidad; la distribución del orden en la microcuenca fue amplia, encontrándose en todas las estaciones de muestreo, cuyo rango altitudinal osciló entre 1550 m y 600 msnm. Las familias encontradas fueron: Baetidae, Leptohyphidae, Leptophlebiidae, Euthyplociidae y Oligoneuriidae, es decir 5 de las 9 familias que se han registrado para Colombia según Dias et al (2009).

Los 25 géneros encontrados, se distribuyeron así: 13 en la familia Baetidae, 5 en Leptohyphidae, 5 en Leptophlebiidae, mientras Oligoneuriidae y Euthyplociidae presentan 1 género cada uno. La familia Baetidae fue la más abundante y diversa con 13 géneros y 50.9% del total de individuos encontrados para el orden. Lo anterior se puede explicar en el hecho de que existen diferentes sustratos todos los cuales pueden ser colonizados por los distintos géneros de esta familia. El género *Fallceon*, así como 13 géneros más, se reportan como primer registro para el Huila.

Las familias que menos abundancia presentaron corresponden a Oligoneuriidae y Euthyplociidae, representando el 0,2% del total de individuos del orden. Estos indicativos, corroboran las condiciones especiales que exigen estas familias, las cuales permanecen en aguas quietas de poco flujo, con alta disponibilidad de oxígeno disponible, considerándose indicadores de aguas limpias (Roldán, 1996).

La estación Desembocadura de los Micos en Río Ceibas, registró el mayor número de organismos (1671) y mayor número de géneros (22). Numéricamente en esta estación sobresalen los géneros *Baetodes*, *Camelobaetidius*, *Americabaetis*, *Cloeodes*, *Leptohyphes*, *Tricorythodes*, *Traveryphe* y *Thraulodes*. Este mayor número de individuos y géneros se puede asociar a la presencia de microhábitats en los que el material detrítico es abundante, así como también la cantidad de perifiton y algas se aprecia en el lecho rocoso de la estación, en sustratos diversos que van desde aguas corrientosas con aporte de hojarasca bajo sombra, transectos quietos, mayor ancho de la quebrada, entre otros aspectos.

En general, para la microcuenca de los Micos, *Leptohyphes*, *Baetodes* y *Camelobaetidius*, registran la mayor abundancia numérica; en segunda instancia *Americabaetis*, *Thraulodes*, *Traveryphe* y *Tricorythodes* aparecen con rangos entre 200 y 420 individuos, entre 100 y 151 individuos están los géneros *Prebaetodes*, *Haplohyphes*, *Cloeodes* y *Farrodes*; entre 20 y 92 individuos *Traverella*, *Terpides*, *Hydrosmilodon*, *Guajirolus*, *Nanomis*, *Varipes*,

*Vacupernius*; y con menos de 14 individuos *Fallceon*, *Mayobaetis*, *Paracloeodes*, *Zelus*, *Apobaetis*, *Euthyplocia* y *Lachlania* (ver figura 46).

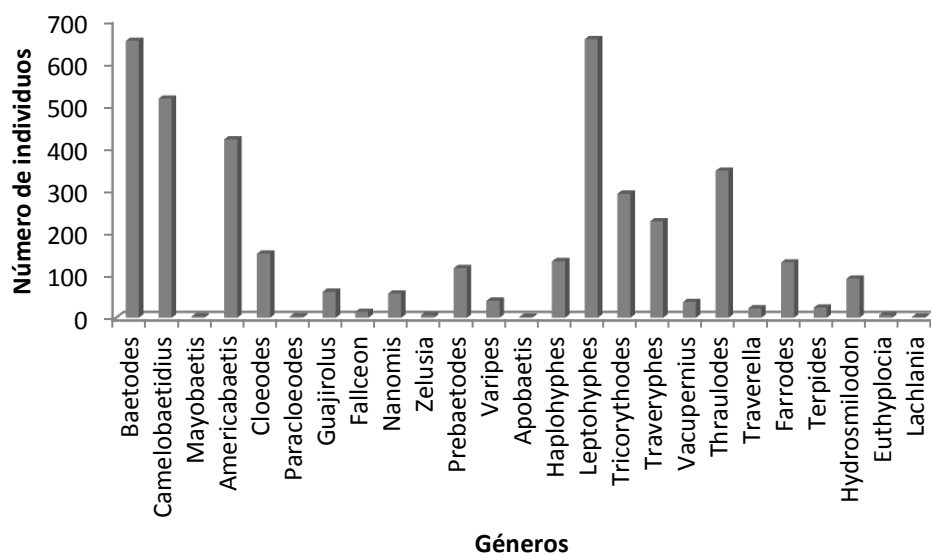


Figura 46. Numero de Individuos de Ephemeroptera en la microcuenca de la quebrada Los Micos.

#### 4.4.2. Orden Diptera

Diptera constituye a nivel de los sistemas acuáticos los insectos más complejos, evolucionados, abundantes y ampliamente distribuidos a nivel mundial. Su hábitat es muy variado dada su versatilidad en cuanto a regímenes alimentarios y mecanismos de adaptación respiratoria y a condiciones severas en factores como la salinidad, oxígeno, entre otros, por lo que se les encuentra en ríos, arroyos, quebradas, lagos, depósitos de aguas, y costas marinas (Roldán, 1996; Lizarralde de Grosso, 2009).

En el período de muestreo entre mayo de 2010 y 2011, los dípteros acuáticos se encontraron distribuidos de manera amplia en la microcuenca de la quebrada Los Micos; se colectaron 2413 individuos distribuidos en 11 familias (ver Figura 46); dentro de estas, Chironomidae es la que presenta mayor abundancia (75,13% del total de individuos de díptera colectados) con subfamilias representativas como Tanypodinae, Orthocladinae, Chironominae, Podonominae, Diamesinae.

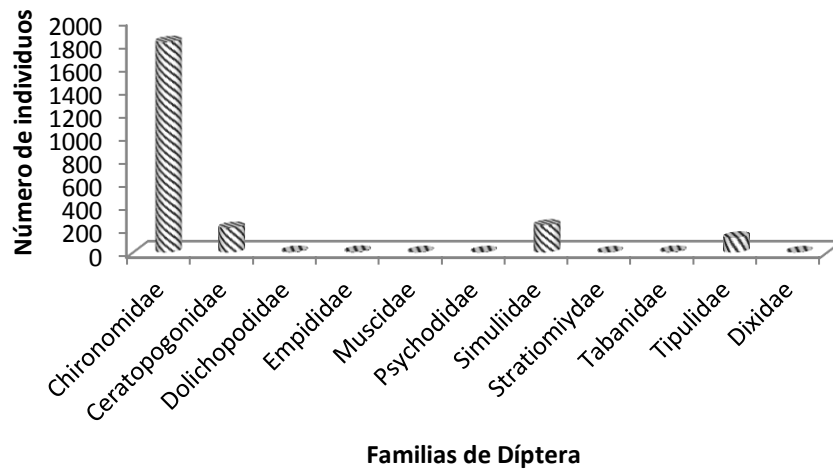


Figura 46. Familias representativas de Díptera en la quebrada Los Micos

La familia Chironomidae se expresó con mayor abundancia numérica en las estaciones ubicadas en la zona media y baja de la microcuenca (1813 individuos). Los géneros con mayor número de individuos son *Polypedilum*, *aff. Rheotanytarsus*, *Pentaneura*, *Orthocladius*, *aff. Paracladius*, *Lopescladius*, *aff. Thienemmania*; de los cuales se presentan en todas las estaciones y muestreos: *Polypedilum*, *aff. Rheotanytarsus*, *Pentaneura*, y *Orthocladius*.

La familia Ceratopogonidae, representó el 2,19% del total de individuos colectados en la microcuenca, y el 8,74% del orden Díptera. Presentó una distribución en la cual *Probezzia* apareció en todas las estaciones; mientras otros géneros como *Alluaudomyia* y *Stilobezia* surgieron en 5 estaciones, mientras *Atrichopogon* se estableció en una estación y Ceratopogonidae indeterminado en 3 estaciones.

La Familia Simuliidae, aparece con el 9,65% del total de organismos de Díptera, siendo la segunda en abundancia de todo el orden. También se encontró ampliamente distribuida, con presencia en las 6 estaciones, y con aumento de población en la zona baja de la microcuenca (correspondiente a las estaciones Confluencia Bahamón y Desembocadura de los Micos en el Río Ceibas).

Otra familia relevante dentro de este orden es Tipulidae, aportando el 1,31% del total de individuos y el 5,22% del orden Díptera. De esta familia se determinaron *Limonia*, *Tipula*, *Hexatoma* y dos indeterminados.

Dentro de las familias con menor presencia en abundancia relativa con respecto al total de individuos colectados se encontraron: Empididae (0,07%) destacándose dos géneros *Hemerodromia* y *Chelifera*; Tabanidae también representó el 0,07%, mientras la familia

Dolichopodidae, representó el 0,06% del total de individuos de la comunidad bentónica de la quebrada Los Micos; Muscidae tuvo el 0,03%, al igual que Psychodidae; la familia Dixidae representó el 0,02% con el género *Dixella* que hizo presencia en dos estaciones.

Los anteriores resultados en este orden, también se presentan en cuencas andinas de otros departamentos, en los que la abundancia es mayor para Chironomidae y Simuliidae (Sánchez, 2004)

#### 4.4.3. Orden Coleoptera.

Este grupo aunque en su mayoría es terrestre, cerca de 10000 especies son acuáticas en alguno de sus estadios de desarrollo. (Archangelsky et al, 2009) Los Coleoptera obtenidos representaron el 8,26% del total de la comunidad bentónica de la microcuenca de la quebrada Los Micos; siendo colectados 794 individuos distribuidos en dos subórdenes, 10 familias, y 28 géneros, entre larvas y adultos; gran parte de los cuales se encontraron en las estaciones ubicadas en la zona media y baja.

Las familias de este orden son Elmidae, Ptylodactilidae, Chrysomelidae, Psephenidae, Staphilinidae, Noteridae, Gyrinidae, Scirtidae, Hydrophilidae (Ver figura 48). Elmidae resultó ser la familia con mayor presencia y representativa en géneros, con un 7,05% del total de la abundancia de la comunidad bentónica, y 15 géneros; luego le siguen Ptylodactilidae (0,36%), Staphilinidae (0,34%), Psephenidae (0,33%), y con porcentajes iguales o menores al 0,02% las familias Noteridae, Gyrinidae, Scirtidae, Hydrophilidae y Chrysomelidae.

El hecho de la mayor presencia de géneros de Elmidae, se relaciona con la capacidad de colonizar diferentes sustratos acuáticos, dada su condición de vida sedentaria y acuática. Algunos estudios realizados en sistemas de corrientes andinos, permiten establecer la amplia distribución de los coleóptera en cuencas de mayor longitud y diferencia altimétrica, así como de condiciones de los sustratos (Sánchez, 1987; Machado, 1989; Laython, 2003; Arias, 2004; Caupaz, 2006).

Dentro de los géneros con mayor presencia, se encuentran en orden descendente *Heterelmis*, *Macrelmis*, *Microcylloepus*, *Cilloepus* y *Phanocerus*, todos pertenecientes a la familia Elmidae. Posteriormente, le siguen *Psephenops*, *Anchitarsus* y *Stenus*. Especialmente, las estaciones ubicadas en la zona media y baja, exhiben valores mayores en cuanto a número de individuos, así como en cantidad de géneros.

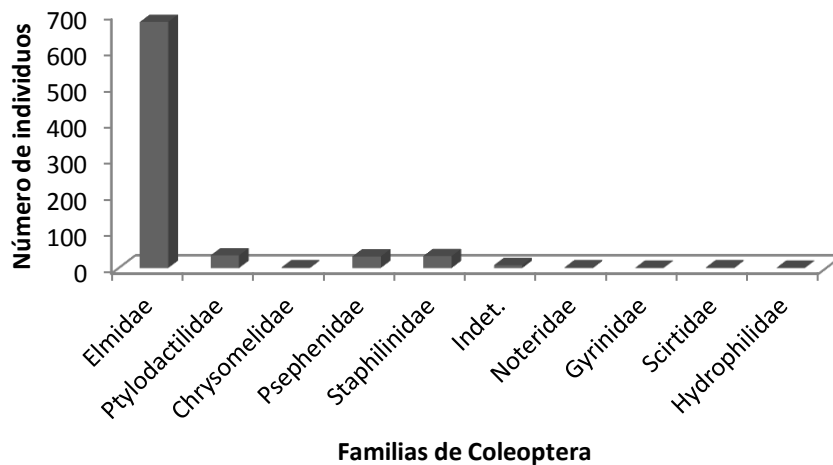


Figura 47. Familias representativas de Coleoptera y número de individuos en la microcuenca de la quebrada Los Micos

#### 4.4.4. Orden Trichoptera

Los organismos de este orden, llamados moscas cargadoras o caddisflies, se le considera uno de los órdenes de insectos de agua dulce más diversificado, con más de 1350 especies en América del Sur (Angrisano y Sgonga, 2009). Las familias pertenecientes a este orden, construyen redes y refugios tubulares, cuadrangulares, en forma de caracol, aplanados y cubiertos de palitos y hojas, a manera de casa temporal construida de seda, detrito, musgo o pequeñas piedras, las cuales utilizan para filtrar partículas u organismos.

En la quebrada Los Micos, las familias encontradas fueron Hydropsychidae, Hydroptilidae, Philopotamidae, Leptoceridae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Hydrobiosidae, Odontoceridae, Glossosomatidae, Polycentropodidae (Ver figura 49), las cuales se encuentran representadas por 23 géneros y 1559 individuos.

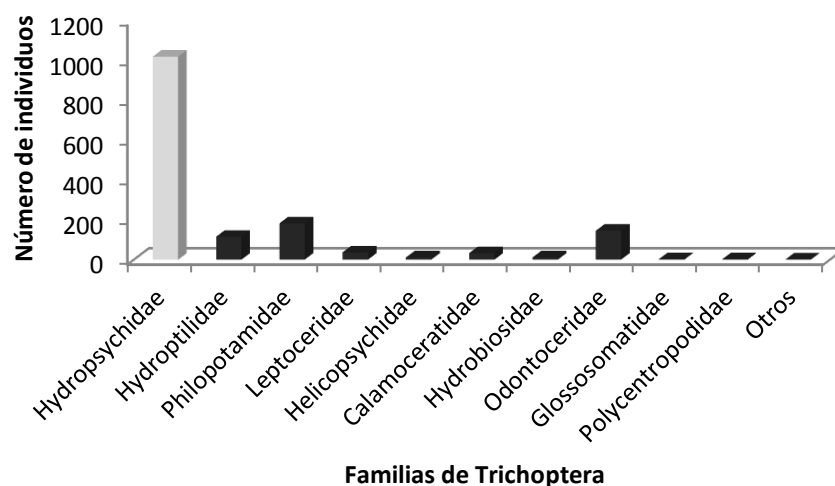


Figura 49. Familias de Trichoptera y número de individuos en la microcuenca de la quebrada Los Micos.

Del total de tricópteros colectados (1559 individuos), que representan el 16,21% del total de la abundancia de macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Los Micos, la familia Hydropsychidae representa el 65,4% del total de tricópteros encontrados; en segundo lugar Philopotamidae con 11,7%, Odontoceridae con 9,3%, Hydroptilidae con 7,4% y Leptoceridae con 2,4% y Calamoceratidae con 2,1%; familias menos abundantes fueron Helicopsychidae (con el género *Helicopsyche*), Hydrobiosidae (género *Atopsyche*), Glossosomatidae (con el morfotipo *GlossMt1* y el género *Mortoniella*) y Polycentropodidae (género *Polycentropus*), que en su conjunto solamente tienen el 1,8% de la abundancia para este orden, y cuyos géneros representativos fueron *Helicopsyche*, *Atopsyche*.

Hydropsychidae que es la familia más abundante, está representada por los géneros *Smicridea*, *Leptonema* y *Macronema* con porcentajes de 52,5%, 7,4% y 0,2% respectivamente, del total de individuos colectados de este orden. Dicha familia se hace presente con los dos primeros géneros mencionados, en la totalidad de estaciones de muestreo.

La presencia de Hydropsychidae como la más abundante de este orden, en comparación con otras investigaciones, demuestra que esta familia es también la de mayor número de individuos en otras corrientes del Huila y del Tolima (Sanchez, 1987; Guevara, 2004; López Delgado, 2007; Vásquez y Ramirez, 2008), lo cual confirma la amplia distribución de esta familia en ríos y quebradas andinas de Colombia.

La segunda familia más abundante fue Philopotamidae con el 11,7%, cuyos géneros reportados fue *Chimarra*; y su presencia se da en mayor abundancia en la desembocadura de Los Micos en el Río Ceibas.

#### 4.4.5. Orden Plecoptera

A nivel mundial son cerca de 3000 las especies descritas, de las que en América del Sur, existen 6 familias, 47 géneros y 460 especies (Froehlich, 2009); esta cifra ha aumentado en los últimos años, y ha llegado a cerca de 16 familias y 3200 especies en el mundo (Zúñiga, 2010). Pese a su variedad de actividades y hábitos alimentarios, y a las condiciones de habitabilidad que presentan las cuencas y microcuencas del Neotrópico, sólo se reportan dos familias como las de mayor distribución: Gripopterygidae y Perlidae; a nivel de Colombia, registros de la primera familia mencionada se hicieron recientemente en localidades del departamento del Tolima y Nariño por Barreto-Vargas et al, 2005 y Zúñiga et al, 2009.

En tanto, Perlidae, representada por los géneros *Anacroneuria*, *Klapalekia* y *Macrogynoplax*, se distribuyen ampliamente en Centro y Suramérica, para Colombia, se restringen los dos últimos a un ejemplar colectado de cada uno en la Sabana de Bogotá y el PNN Serranía de Chiribiquete respectivamente, mientras *Anacroneuria* tiene diversidad, abundancia y distribución en los Departamentos y regiones naturales del país, conociéndose 61 especies de éste género (Zúñiga, 2010).

En el estudio se reportó la familia Perlidae con el género *Anacroneuria*, en todas las estaciones de muestreo y fechas de colecta (figura 50).

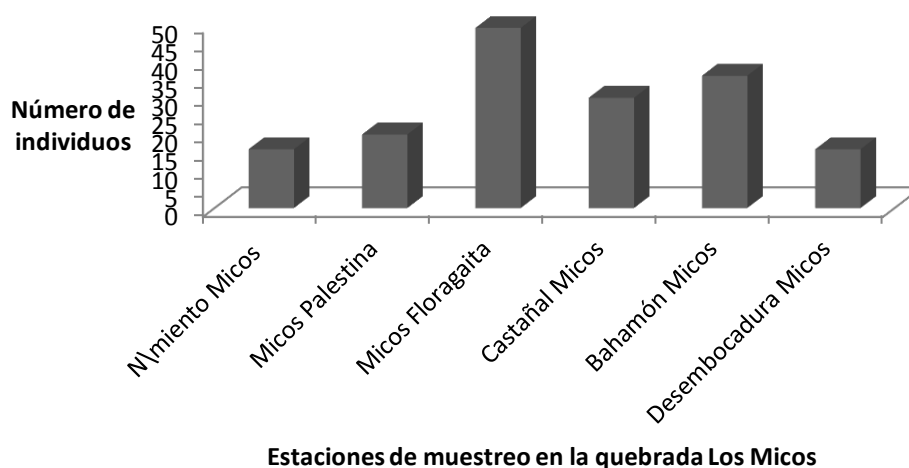


Figura 50. Número de individuos de Perlidae (*Anacroneuria* sp) en la quebrada Los Micos.

Este orden representó el 1,67% del total de abundancia de macroinvertebrados acuáticos del estudio. Del total de individuos, el 57% se encontró en hojarasca, mientras el 57% restante en cantos y gravas; lo anterior, coincide con la preferencia de sustratos encontrada en el Tolima en la cuenca del río Coello, por Barreto (2004).

#### 4.4.6. Orden Megaloptera

Este orden esta representado por uno de los insectos más grandes y vistosos dentro de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos; se considera que son netamente del agua, pues todas las especies pasan al menos un estado del ciclo de vida en el agua, el estado larval (Contreras-Ramos, 2009). Dada su abundancia y tamaño en estadios inmaduros, se considera que pueden ser reguladores poblacionales de otros invertebrados, y también ser presa de otros organismos de mayor movilidad y tamaño como peces, y otros vertebrados.

Estudios en departamentos como Antioquia y Huila, corroboran la mayor presencia y abundancia del género *Corydalus* (INSTITUTO MI RIO, 1997; Sánchez 1987; Sánchez y Perea, 1990; Sánchez et al, 2001; Sánchez et al, 2004). En este estudio, la familia Corydalidae con su género *Corydalus*, es la que se presenta en todas las estaciones, exceptuando en la zona de nacimiento de la quebrada Los Micos (ver figura 51). El número de individuos colectados representa el 1,08% del total. Porcentaje similar se reporta en la cuenca del río las Ceibas a la cual pertenece la microcuenca de los Micos. (Sánchez, 1987).

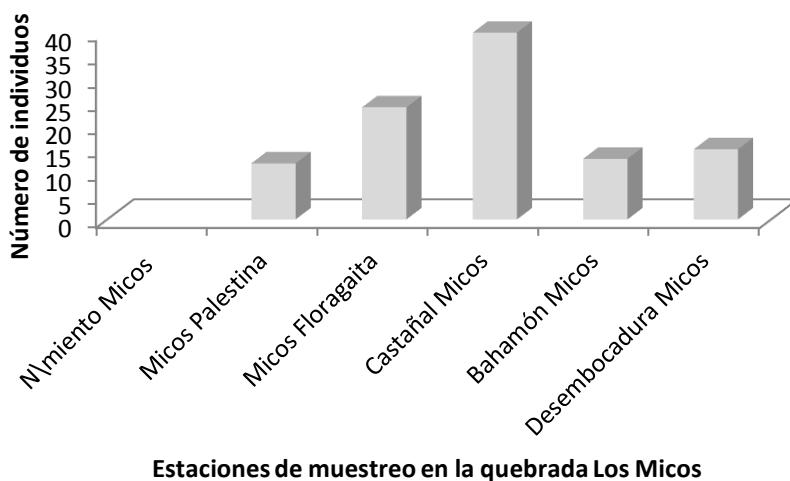


Figura 51. Número de individuos de *Corydalus* en la quebrada Los Micos

#### 4.4.7. Orden Hemiptera

Los chinches de agua, como se les conoce por su nombre vernacular, se encontraron de dos tipos pertenecientes a Gerromorpha y Nepomorpha, entre los que se obtuvieron individuos de las familias: Naucoridae, Aphididae, Mesoveliidae, Membracidae, Corixidae, Veliidae, Gerridae (Figura 52). Dichas familias representaron el 2.57% del total de población hallada. Dentro del orden, Naucoridae es la más abundante (56,7% de abundancia respecto al total de individuos del orden), resaltándose el género *Limnocoris* como el de mayor presencia; le sigue la familia Veliidae (37,7%) con el género *Rhagovelia* como el más abundante.

En cuanto a *Limnocoris*, se encuentra presente en todas las estaciones, excepto en la del nacimiento de la quebrada Los Micos; mientras *Rhagovelia*, se reportó en todas las estaciones. El hecho de encontrarlos en todo el rango altitudinal de muestreo, deja entrever las posibilidades de adaptación que tienen ante diversas condiciones de hábitat posibles.

Las demás familias reportan abundancias muy bajas, y con presencia hasta en dos estaciones de muestreo.

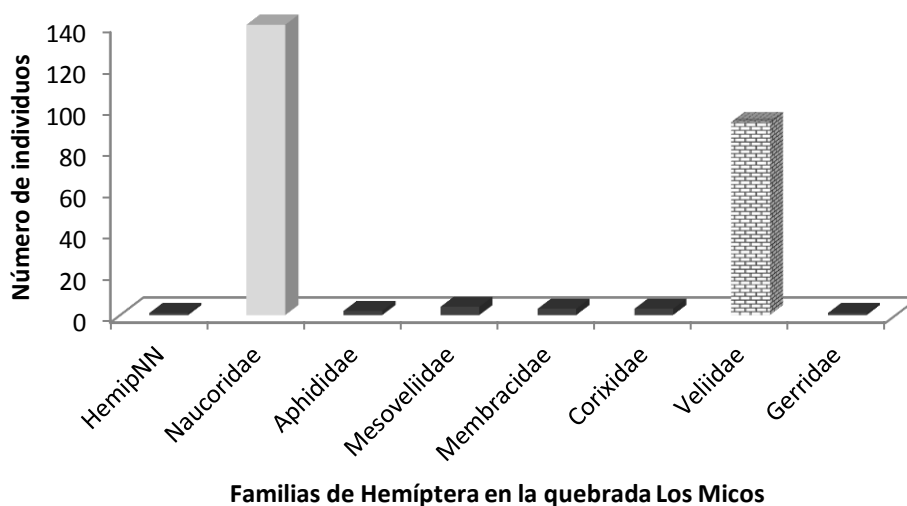


Figura 52. Familias representativas de Hemíptera en la quebrada Los Micos.

#### 4.4.8. Orden Odonata

Las libélulas o caballitos del diablo, se encuentran representados en la quebrada los Micos, por dos subórdenes: Anisoptera y Zygoptera, 5 familias y 12 géneros, para un total de 87 individuos. Este orden, cuyas larvas son únicas entre los insectos por la modificación

de su labio, que es largo y se encuentra plegado en dos bajo la cabeza (Ellenrieder y Garrisson, 2009), se halló en los tres sustratos muestreados, con un porcentaje de la abundancia total para éste orden de 40,23% en cantos y gravas, 36,78% en la arena, y de 22,98% en hojarasca.

Los organismos de Odonata representan el 0,90% del total de la comunidad bentónica analizada; la familia más abundante fue Gomphidae, seguido de Coenagrionidae y Libellulidae (ver figura 53). Los géneros más abundantes fueron *Progomphus*, *Argia* y *Hetaerina*. En cuanto a las familias registradas, se pueden considerar comunes en ambientes y sistemas acuáticos andinos, aunque con rangos altitudinales amplios, como lo indican estudios realizados en Tolima, Huila y Santander (Barrios, 2004; Reinoso-Florez et al, 2008a y b; Garzón y Realpe, 2009; Sánchez et al, 2004)

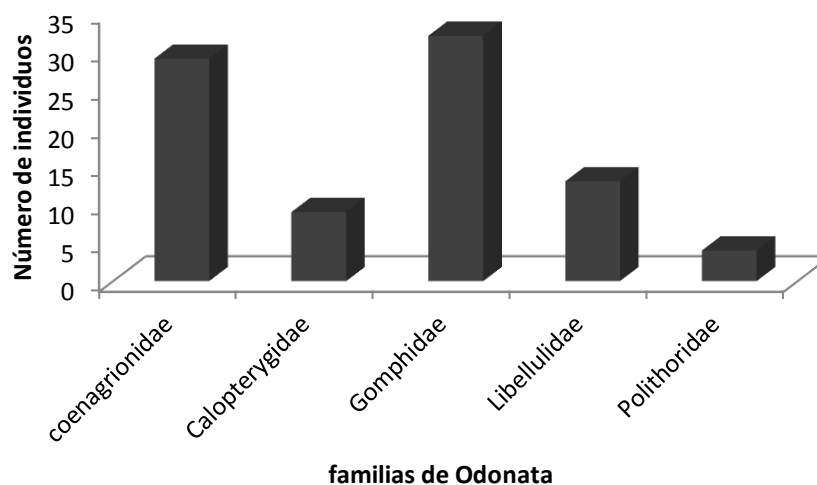


Figura 53. Familias representativas de Odonata en la Quebrada Los Micos.

#### 4.4.9. Otros grupos taxonómicos

En este ítem se presentan aquellos ordenes y grupos de invertebrados pertenecientes a Insecta de menor abundancia, Malacostraca, Clitellata, Turbellaria, Bivalvia y Gastropoda, los cuales registraron abundancias relativas bajas que en conjunto suman 2.46%. (Ver figura 54).

Dentro de Insecta, los órdenes con menor abundancia se encuentran Lepidoptera y Collembola. Acari se presenta en todas las estaciones, excepto en la estación denominada Micos de vereda Palestina, con valores bajos de abundancia. En cuanto a Malacostraca, se hallaron dos ordenes: Decapoda e Isopoda; en Clitellata, resaltan Haplotaxida y Naididae; Turbellaria con el orden Tricladida; Bivalvia con el orden Unionoida, y Gastropoda con el

orden Bassomatophora. De estos, Tricladida con la familia Dugessidae, aporta el 0,68% de la abundancia total.

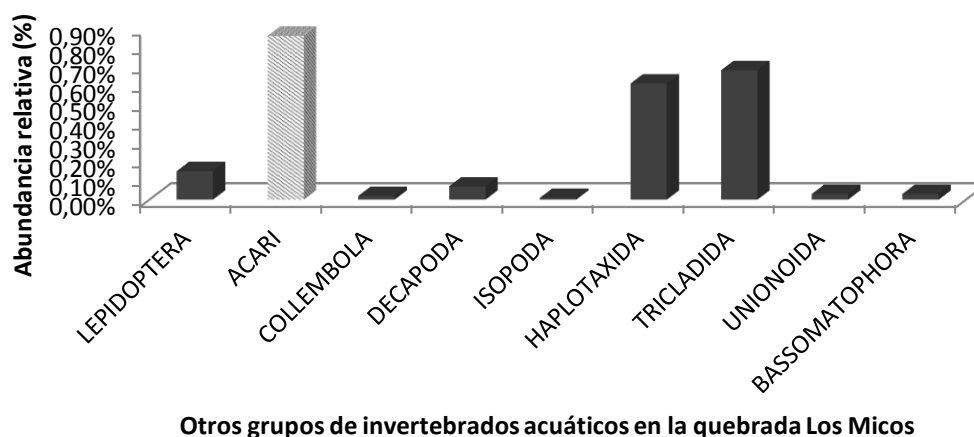


Figura 54. Otros invertebrados menos abundantes en la quebrada Los Micos.

#### 4.5. INDICES ECOLOGICOS

##### 4.5.1. Diversidad de macroinvertebrados bentónicos en la microcuenca de la quebrada Los Micos.

Por medio del cálculo del índice de diversidad de Shannon – Wiener se halló un valor numérico que refleja un rango de diversidad en función del tamaño de la muestra. En dicha estimación, se observa cómo el valor del índice fluctúa entre las estaciones, dándose el más alto valor en la estación de la confluencia de la quebrada Bahamón San Rafael con los Micos con 3.6, y el menor en la estación Micos que proviene de Floragaita con un valor de 2.5 (Figura 55); sin embargo, las diferencias no son marcadas; se aprecia un valor cuya oscilación puede considerarse normal para las condiciones de la microcuenca y que se corresponden con los demás índices hallados a nivel de calidad de hábitat e ICOS; la mayor diversidad en la estación mencionada puede deberse a la formación de condiciones diversas de habitabilidad representada en sustratos con cantos rodados, rocas de diferente tamaño, grava, arena, sedimentos y el aporte de material alóctono del bosque de galería estrecho (hojas, ramas, troncos), así como condiciones de flujo con presencia de zonas quietas y otras con algunos rápidos de pequeña longitud.

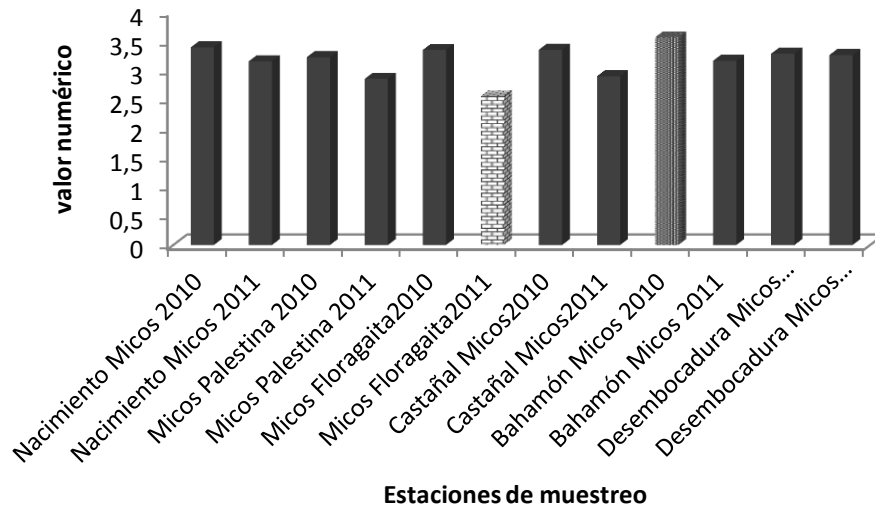


Figura 55. Índice de Diversidad de Shannon de la comunidad bentónica de la Quebrada Los Micos

Una característica que haría variar el índice de manera severa, se relaciona con la ocurrencia de contaminación la cual se reconoce como factor perturbador de la estructura y composición de las comunidades acuáticas. Si se tiene en cuenta la baja variabilidad en los parámetros físico químicos medidos, permite encontrar que las condiciones sean similares entre estaciones y muestreos, y por tanto el índice no es muy fluctuante.

#### 4.5.2. Índice de Riqueza de Margalef.

Éste índice se calculó teniendo en cuenta el número total de géneros o morfotipos encontrados; está determinado por el número total de especies y la igualdad (distribución de los datos de abundancia entre las especies).

De acuerdo a Ramírez (2006), el índice de Margalef obtenido para cada estación, indica condición alta, al expresar valores numéricos mayores a 5.5. Espacialmente se presenta un máximo valor de riqueza en la desembocadura de los Micos en el río Las Ceibas en el año 2010, (11.96), mientras que la menor expresión del índice se dio en la estación Micos proveniente de vereda Palestina en el 2011 (5.99) (Figura 56). En la estación con mayor riqueza, se colectaron 93 de los 146 taxa del muestreo de 2010; mientras que la estación de menor riqueza, registró 35 de los 99 taxa encontrados en total en el 2011.

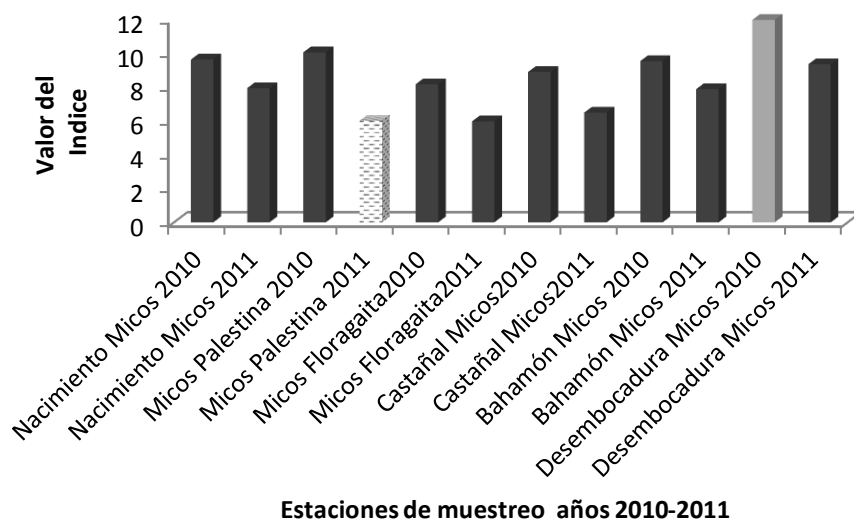


Figura 56. Índice de Riqueza de Margalef en la quebrada los Micos.

Otra manifestación de la riqueza se observa en la riqueza de géneros en los tres sustratos analizados. La mayor aportación de material alóctono, permite la presencia de más especies, como lo demuestran los resultados obtenidos en el sustrato de hojarasca en donde conjugando los dos muestreos se encuentra representado el 38.5% del total de individuos, y los mayores valores de riqueza genérica de los tres sustratos considerados en el estudio (Ver figura 57).

En general, los taxa recolectados en mayor proporción y con mayor número de individuos por género o morfotipo en estaciones de la zona baja, dejan entrever, la existencia de organismos que son representativos de diferentes actividades de procesamiento de la materia orgánica relacionadas con grupos funcionales (Merritt et al, 2008) como los trituradores, recolectores, filtradores, raspadores y depredadores; los cuales van cambiando sus proporciones a lo largo del cauce de la quebrada, con tendencias de distribución, según el modelo del “river continuum” (Allan, 1995), en el que la transformación biológica de los ingresos de material orgánico grueso en sitios aguas arriba son transportados y modificados como material orgánico particulado fino hacia aguas abajo.



Figura 57. Riqueza de géneros por muestreo y sustrato en la quebrada Los Micos.

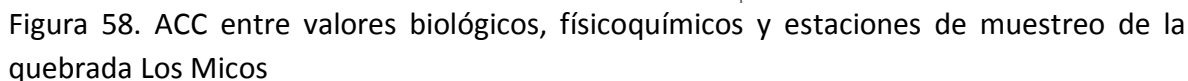
#### 4.5.3. Índice de Simpson

Sus valores indican alta dominancia marcada (mayor de 0.8). Los valores obtenidos están indicando la aparición de varios géneros dominantes que cuentan con varios individuos por taxón (ver tabla 10).

Tabla 10. Valores del Índice de Simpson en la quebrada Los Micos

| ESTACIONES                   | INDICE SIMPSON |               |
|------------------------------|----------------|---------------|
|                              | MUESTREO 2010  | MUESTREO 2011 |
| <b>Nacimiento Micos 2010</b> | 0,946          | 0,934         |
| <b>Micos Palestina 2010</b>  | 0,928          | 0,904         |
| <b>Micos Floragaita</b>      | 0,953          | 0,833         |
| <b>Castañal</b>              | 0,946          | 0,901         |
| <b>Bahamón Micos</b>         | 0,962          | 0,936         |
| <b>Desembocadura Micos</b>   | 0,936          | 0,937         |

Mediante el Análisis de Correspondencias Canónico (CCA) se visualiza una asociación fuerte entre grupos de parámetros físicoquímicos como pH, conductividad, alcalinidad y sólidos disueltos, que son dependientes de los iones presentes en el agua; en otro cuadrante se observa la asociación de parámetros como DBO5, Turbiedad y Cloruros que pueden estar relacionados con aportes naturales de la cuenca. En cuanto al oxígeno disuelto y los sólidos suspendidos muestran una separación que probablemente se relacione con la poca variabilidad de esos parámetros entre estaciones. (Figura 58)



Como resultado de la aplicación de la correlación de Spearman, se obtuvieron las variables de mayor peso para el cálculo del índice de Integridad Biotica (IBI), las cuales fueron relación Coleoptera\Chironomidae, Baetidae\Ephemeroptera, Riqueza de Ephemeroptera, Coleoptera y porcentaje de abundancia de Ephemeroptera (ver anexo 5). Mediante este proceso se determinó la calidad biológica según el Índice IBI utilizado, la cual se muestra en la tabla 11 y figura 59.

Tabla 11. Valores del IBI según unidades unimétricas en cada estación y muestreo en la quebrada Los Micos.

| Valores Calidad     | Nacimiento Micos 2010 | Nacimiento Micos 2011 | Micos de Vda Palestina 2010 | Micos de Vda Palestina 2011 | Micos de Vda Floragaita 2010 | Micos de Vda Floragaita 2011 | Confluencia Q. Castañal 2010 | Confluencia Q. Castañal 2011 | Confluencia Q. San Rafael Bahamón 2010 | Confluencia Q. San Rafael Bahamón 2011 | Desembocadura Micos 2010 | Desembocadura Micos 2011 |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 RiqEphe           | 1                     | 1                     | 2                           | 1                           | 2                            | 1                            | 3                            | 3                            | 3                                      | 3                                      | 4                        | 4                        |
| 2 RiqColeop         | 2                     | 1                     | 4                           | 1                           | 1                            | 1                            | 2                            | 1                            | 3                                      | 3                                      | 2                        | 2                        |
| 3 Coleop\Chiro      | 1                     | 4                     | 3                           | 3                           | 1                            | 1                            | 2                            | 1                            | 3                                      | 4                                      | 2                        | 2                        |
| 4 Baet\Ephe         | 1                     | 2                     | 2                           | 3                           | 1                            | 2                            | 1                            | 2                            | 2                                      | 4                                      | 3                        | 3                        |
| 5 %Ephe             | 2                     | 3                     | 1                           | 4                           | 2                            | 1                            | 1                            | 2                            | 3                                      | 4                                      | 4                        | 3                        |
| Valoración Numérica | 7                     | 11                    | 12                          | 12                          | 7                            | 6                            | 9                            | 9                            | 14                                     | 18                                     | 15                       | 14                       |
| Clase               | III                   | II                    | II                          | II                          | III                          | III                          | III                          | III                          | II                                     | I                                      | II                       | II                       |
| IBI                 | Aceptable             | Buena                 | Buena                       | Buena                       | Aceptable                    | Aceptable                    | Aceptable                    | Aceptable                    | Buena                                  | Excelente                              | Buena                    | Buena                    |

Los valores indican un mejoramiento en el nivel de calidad desde la zona intermedia de la quebrada Los Micos con respecto a la zona baja, dándose un nivel excelente en la segunda fecha de muestreo en la confluencia Bahamón San Rafael para el año 2011 y nivel de calidad buena en la desembocadura de la quebrada Los Micos con el río Las Ceibas.

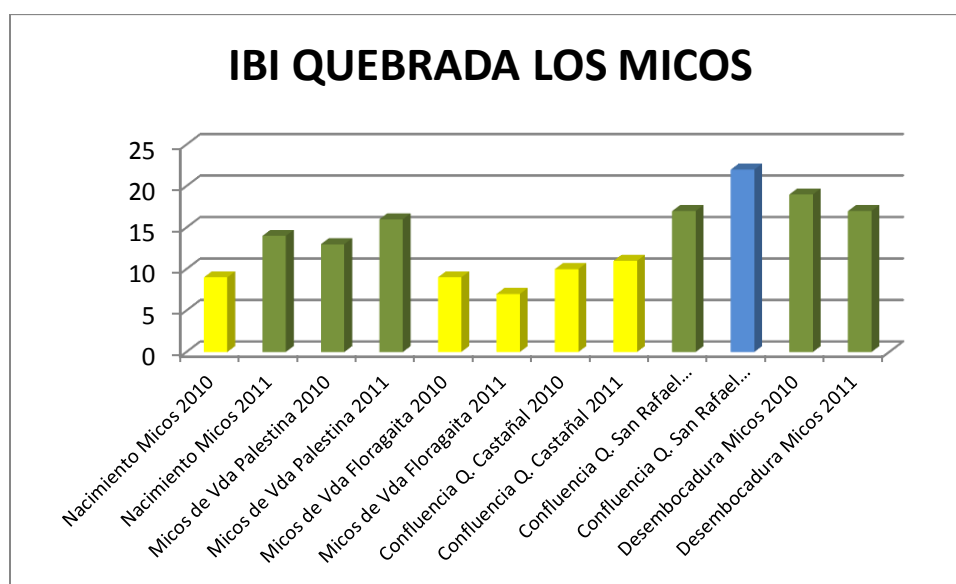


Figura 59. IBI Quebrada Los Micos por estación y muestreo.

De acuerdo a estos resultados, existen transectos de muestreo correspondientes a la cuenca alta con integridad biótica buena, en las que las condiciones de salud de la quebrada se mantienen estables en el tramo del nacimiento de Los Micos hasta la zona en donde se une la quebrada Los Micos proveniente de la vereda Palestina y la confluencia con la vertiente que viene de la vereda Floragaita. Dada la condición en la zona media de la cuenca, con intervención mayor por actividades humanas, la integridad biótica decrece a una clase III (aceptable), lo cual se refleja en las estaciones correspondientes a los transectos comprendidos en la confluencia del afluente Castañal con la Quebrada Los Micos, zona influenciada por sistemas agrícolas y ganadería extensiva. En el sector bajo de la cuenca en transectos de la confluencia de la Quebrada San Rafael con Los Micos y en la

desembocadura con el río Las Ceibas, la integridad vuelve a tener una condición de clase II (Buena) y I (excelente). Pese a la influencia de sistemas pecuarios, la condición de ser predios con baja capacidad de carga animal y baja presencia de ocupación humana en los sectores inmediatos a la ribera del cauce principal, además del mayor caudal que presenta en este sector, pueden explicar mejores condiciones de salud del ecosistema acuático.

#### 4.5.6. Síntesis de índices de contaminación y calidad del agua

Los valores numéricos determinados para los índices de contaminación y de calidad del agua se muestran en el anexo 6. La valoración obtenida para estos índices en las diferentes estaciones de muestreo se encuentra en la tabla siguiente.

Tabla 12. Valoración de la calidad del agua y de las condiciones de hábitat según índices bióticos y fisicoquímicos

| INDICES                 | Nacimiento<br>Micos | Micos de Vda<br>Palestina | Micos de Vda<br>Floragaita | Confluencia<br>Q. Castañal | Confluencia Q.<br>San Rafael<br>Bahamón | Desembocadura<br>Micos |
|-------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| ICOMI 2010              | Muy bajo            | Medio                     | Alto                       | Alto                       | Alto                                    | Muy Alto               |
| ICOMI 2011              | Muy bajo            | Medio                     | Muy alto                   | Alto                       | Alto                                    | Muy alto               |
| ICOMO 2010              | Muy bajo            | Muy bajo                  | Muy bajo                   | Muy bajo                   | Muy bajo                                | Muy bajo               |
| ICOMO 2011              | Medio               | Medio                     | Medio                      | Medio                      | Medio                                   | Medio                  |
| ICOSUS 2010             | muy bajo            | muy bajo                  | muy bajo                   | muy bajo                   | muy bajo                                | muy bajo               |
| ICOSUS 2011             | muy bajo            | muy bajo                  | muy bajo                   | muy bajo                   | muy bajo                                | muy bajo               |
| ICOTRO 2010             | mesoeutrofia        | Eutrofia                  | Eutrofia                   | Eutrofia                   | mesoeutrofia                            | mesoeutrofia           |
| ICOTRO 2011             | Eutrofia            | Eutrofia                  | Eutrofia                   | Eutrofia                   | Eutrofia                                | Eutrofia               |
| WQI 2010                | BUENA               | BUENA                     | BUENA                      | BUENA                      | BUENA                                   | BUENA                  |
| WQI 2011                | ACEPTABLE           | ACEPTABLE                 | ACEPTABLE                  | ACEPTABLE                  | ACEPTABLE                               | ACEPTABLE              |
| IBI 2010                | ACEPTABLE           | BUENO                     | ACEPTABLE                  | ACEPTABLE                  | BUENA                                   | BUENA                  |
| IBI 2011                | BUENO               | BUENO                     | ACEPTABLE                  | ACEPTABLE                  | EXCELENTE                               | BUENA                  |
| Calidad<br>Hábitat 2010 | SUBOPTIMO           | SUBOPTIMO                 | SUBOPTIMO                  | SUBOPTIMO                  | SUBOPTIMO                               | SUBOPTIMO              |
| Calidad<br>Hábitat 2011 | SUBOPTIMO           | SUBOPTIMO                 | SUBOPTIMO                  | SUBOPTIMO                  | SUBOPTIMO                               | SUBOPTIMO              |

Al observar las valoraciones obtenidas, el índice ICOMI muestra variaciones importantes, definiendo valores desde muy bajos en el Nacimiento hasta muy altos en la desembocadura. Esto denota el aumento de parámetros ligados con la dureza, alcalinidad

y conductividad, por el aumento progresivo de iones de calcio, magnesio, bases titulables que a su vez se manifiestan en mayores valores de conductividad eléctrica.

Mientras el ICOMO se mantiene en niveles muy bajos a medios (años 2010 y 2011 respectivamente) en todas las estaciones de muestreo, lo cual evidencia la capacidad del sistema acuático de responder a las posibles causas de aumento de variables como la DQO, así como del porcentaje de saturación de oxígeno como respuesta o capacidad ambiental del ecosistema ante poluciones de tipo orgánico. Dadas las condiciones climáticas particulares de cada fecha de muestreo, en el 2010, se refleja un valor muy bajo del índice en todas las estaciones, y medio en el 2011, probablemente por el mayor caudal encontrado, y en consecuencia, mayores niveles de remoción de material orgánico, filtración de sustancias del suelo adyacente del cauce de la quebrada, entre otros.

El ICOSUS no manifiesta cambios entre los muestreos, expresándose como muy bajo en todas las estaciones y muestreos. Mientras que ICOTRO, tuvo un valor indicador de mesoeutrofia que varió a eutrofia desde la zona alta hacia la media de la microcuenca y posteriormente, cambia a mesoeutrofia en la zona baja en el año 2010; en tanto que el nivel se mantiene en eutrofia en el 2011, lo anterior, por el nivel de fósforo presentado, y que en los cuerpos de agua permite la formación de biomasa expresada en el crecimiento de fitoplancton.

En cuanto al WQI o índice de Calidad Ambiental, expresó el nivel de calidad físicoquímica del agua en el 2010 como BUENA en todas las estaciones y ACEPTABLE en el 2011 igualmente para todas las estaciones. Lo anterior, refleja la poca alteración de propiedades como el oxígeno disuelto, DBO5, coliformes totales, pH, fosforo, turbiedad.

En cuanto al Índice de calidad biológica del agua, se expresan valores que denotan niveles aceptable y excelente, lo que infiere condiciones estables para el mantenimiento de una estructura de la comunidad bentónica de la quebrada.

Con respecto a la evaluación de la calidad del hábitat, surgen mayores valores en las estaciones ubicadas en la zona alta de la microcuenca, por las condiciones ambientales un tanto diferentes, sobre todo en la conformación de los bosques de galería, deposición de sedimentos, estabilización de orillas, alteración del cauce y sustratos disponibles para la colonización de los macroinvertebrados acuáticos, al cambiar algunas de estas características, el valor del índice se reduce, sobre todo en lo que se relaciona con la protección vegetal de las orillas y las zonas dedicadas a bosque de galería, el cual se manifiesta en mejor manera en la estación de nacimiento en donde el proyecto FAO Ceibas ha adelantado actividades de revegetalización y aislamiento de zonas de protección pertenecientes a las riberas de la quebrada en la vereda Palestina. Mientras

que en la zona media y baja, dichas condiciones cambian, y dan paso a la influencia humana de actividades pecuarias y agrícolas que han dejado menor proporción de áreas como bosque de galería. En general, el valor corresponde a una condición subóptima de calidad del hábitat en toda la microcuenca, aunque con mayores valores numéricos que lo acercan a condición óptima en la zona alta (Ver anexo 6).

#### 4.6. SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LOS MICOS.

A continuación la Tabla 13 presenta la contribución realizada para el logro del objetivo propuesto en esta investigación, mediante la intervención metodológica en educación ambiental dirigida a la población escolar asentada en la microcuenca de la quebrada Los Micos.

| <b>Tabla 13. Resumen resultados a partir de Matriz de marco lógico en la educación ambiental dirigida a población escolar de la microcuenca de la quebrada Los Micos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ACTIVIDADES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>RESULTADOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>DIFICULTADES</b>                                                                                                                                                 | <b>RECOMENDACIONES/ OBSERVACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>Se realizó visita de concertación con coordinador técnico del proyecto FAO RIO CEIBAS, y con docentes encargados de los centros educativos para hacer difusión previa de taller educativo ambiental de veredas Palestina y Floragaita. En los centros educativos se realizaron talleres con las siguientes acciones:</p> <p>a. Ponencia magistral del orientador.</p> <p>b. Presentación educativa sobre conocimiento del ciclo del agua, y del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y la presencia de organismos del agua.</p> <p>c. Observación de video ecológico .</p> <p>d. Sensibilización ecológica mediante acciones lúdicas (juego concéntrese, dados entomológicos, cartelera Complete el Ci lo hidrológico, elaboración de carteleras creativas), representando a la microcuenca, los macroinvertebrados acuáticos, y las actividades que generan efectos negativos en las fuentes hídricas.</p> <p>e. Cantando EXPRESO LAS CEIBAS.</p> <p>f. Refrigerio</p> <p>g. Entrega de plegable Gestión de calidad del agua en la microcuenca Los Micos</p> <p>h. Salida de campo.</p> | <p>Se desarrollaron actividades dirigidas a fortalecer los conocimientos previos, acerca de conceptos básicos sobre las fuentes hídricas, ciclo del agua, comunidades acuáticas con énfasis en macroinvertebrados acuáticos y la importancia de la conservación de la microcuenca. Se realizó la salida práctica a la quebrada para identificación de organismos y apropiación de ideas sobre conservación.</p> <p><b>Recursos Humanos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asesor profesional.</li> <li>docentes estudiantes</li> </ul> <p>Recursos materiales para la recolección y observación de organismos.</p> <p>Se encontró una participación activa del 90% de los estudiantes en los talleres e igualmente en las actividades de los talleres y en el trabajo práctico de campo.</p> <p>Se observó motivación e interés en los estudiantes participantes para la actividad de campo y la valoración de la importancia ambiental de la quebrada.</p> | <p>Se encontraron unos pocos niños y niñas con escasa participación durante el taller, pero principalmente atribuible a su timidez y miedo a hablar en público.</p> | <p>Se sugiere que los niños más activos sean quienes dirijan las actividades que se programen en cada taller</p> <p>Estimular una mayor interacción con los adultos y padres de familia por medio de actividades ecológicas, en las que se puedan lograr mayores niveles de participación y socialización escolar.</p> <p>Procurar reunir grupos de participación por edades afines.</p> |

### ACCION 1. Ponencia magistral

Se hizo el preámbulo formal en donde se explicó el por qué de esta jornada, los alcances y propósitos, fundamentada en temáticas sobre ecosistemas, cadenas alimentarias, macroinvertebrados acuáticos, problemática del agua, manejo del recurso hídrico. (ver Figura 60)



Figura 60. Presentación magistral sobre el tema del agua y la vida acuática

### ACCION 2. Observación de videos ecológicos sobre el ciclo del agua y la problemática

Mediante la presentación de los videos (Figura 61), se sensibilizó con imágenes animadas y canción ecológica, los procesos del ciclo hidrológico, la importancia del agua para los seres vivos, la problemática de la contaminación de las fuentes hídricas, y cómo se afectan las cadenas tróficas.



Figura 61. Presentación videos ecológicos

### ACCION 3. Cartelera del ciclo hidrológico participativo.

Al hacer un ejercicio de comprensión de lo observado anteriormente en el video y en parte de lo orientado en la ponencia, sobre el ciclo del agua, alteraciones humanas y conservación, los estudiantes en grupo analizaron cada proceso del ciclo, su significado, qué problemáticas tenían y qué acciones se pueden lograr para reducir la intervención negativa sobre el ciclo del agua; el uso de palabras claves, la cartelera con figuras y diagramas llamativos, fueron los materiales utilizados para afianzar una mayor participación de los asistentes (Ver figura 62 a y b).



Figura 62. Participación escolar con cartelera ambiental a) Explicación docente b) Intervención de estudiante en el tema del ciclo hidrológico.

### ACCION 4. Plegable sobre Gestión de la calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Los Micos (Ver Anexo 8)

Se proporcionó un plegable elaborado especialmente para esta jornada de sensibilización, en donde se esquematizan el ciclo del agua, uso del recurso hídrico, importancia de monitoreo mediante bioindicadores como los macroinvertebrados acuáticos (Ver Figura 63). En este se afianza el conocimiento sobre el significado de las comunidades acuáticas encontradas en la investigación y su uso potencial en la bioindicación de la calidad de las aguas de la microcuenca de la quebrada Los Micos.



Figura 63. Socialización plegable ambiental a) Plegable proporcionado a los estudiantes b) plegable entregado a docente de la vereda Palestina.

#### ACCION 5. Juego concentrese con los macroinvertebrados.

Esta actividad consistió en un juego en el que el estudiante puede distinguir rasgos generales a nivel morfológico de géneros representativos de los macroinvertebrados bentónicos que hacen parte de la comunidad acuática de la quebrada Los Micos (Figura 64). Esta actividad permitió profundizar sobre los organismos, sus características básicas, así como logró niveles de concentración adecuados a nivel grupal e individual, incentivados con premios para los que lograron mayor número de aciertos.



Figura 64. Juego Concéntrate con estudiantes de la Institución Educativa Palestina

#### ACCION 6. Juego de dados: armando invertebrados

Esta actividad, consistió en armar los organismos adecuadamente (figura 65), de forma que se logró observar, analizar y escoger las tres partes básicas de los artrópodos y distinguir de manera lúdica organismos indicadores de calidad del agua.



Figura 65. Datos entomológicos. a). Instrucciones de armaje. b) Estudiantes armando el insecto.

#### ACCION 7. Canción expreso Las Ceibas.

Se repartió la letra de esta canción adaptada por el investigador (anexo 9), y mediante el uso de instrumentos de percusión y cuerda, se sensibilizó sobre la importancia de conservar la cuenca de las Ceibas, y sus microcuencas, reconociendo su biodiversidad, usos, funciones y servicios a la comunidad (ver figura 66).



Figura 66. Acompañamiento musical en la interpretación de la canción Expreso Ceibas

#### ACCION 8. Elaboración de cartelera la microcuenca de mis sueños...

Posteriormente, los participantes se reunieron en grupo, para dibujar en una cartelera, sus impresiones sobre el tema, proyectando su microcuenca teniendo en cuenta la

prospectiva e imaginario de los estudiantes según lo vivido y analizado hasta ese momento en el taller (Ver Figura 67).



Figura 67. Elaboración grupal de carteleras. a) Prospectiva escolar sobre la microcuenca grados de 5° primaria. b) Prospectiva escolar grados de secundaria.

#### ACCION 9. Práctica de campo quebrada afluyente de los Micos.

Esta actividad se desarrolló en una fuente hídrica afluyente de la quebrada Los Micos, afianzando lo observado en teoría, en cuanto a los organismos que pueden estar presentes, su hábitat principal dentro de la quebrada, la metodología básica de muestreo y recolección, así como la importancia de estos organismos en la indicación de calidad del agua (Ver Figura 68); para esto último, por medio de la utilización de los plegables anteriormente proporcionados, se pudo cuantificar de forma numérica los organismos encontrados y lo que indicaban a nivel de calidad del agua de manera preliminar.



Figura 68. Práctica de campo. a) Colecta con malla surber. b) colecta manual de los estudiantes.

## 5. DISCUSION

El presente trabajo constituye el primer registro de evaluación hidrobiológica sobre esta microcuenca como unidad fisiográfica y morfológica desde el nacimiento hasta 300 m antes de la desembocadura de la quebrada Los Micos; pues en el Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca hidrográfica del río Las Ceibas, en el programa de calidad y administración del recurso hídrico, solamente se realizó un monitoreo de calidad del agua a nivel fisicoquímico y microbiológico (CAM, 2007). Los resultados obtenidos permiten un análisis de las condiciones ambientales de la corriente y una interpretación de las características de la comunidad de invertebrados bentónicos, organismos que son poco conocidos en la región y que tienen gran significado ecológico en estos ecosistemas lóticos andinos.

En cuanto a los parámetros físico químicos evaluados, no se presentan diferencias muy fuertes entre estaciones y épocas de muestreo; sí hay una relativa variación entre la primera y última estación, probablemente por el efecto de uso de aguas así como descargas de efluentes y aguas difusas y dispersas por la actividad agropecuaria asentada, así como por la natural transportación, sedimentación y acumulación de materiales y sustancias orgánicas e inorgánicas de fuentes mixtas (naturales y antrópicas) desde el sector alto hacia el sector bajo de la quebrada.

Parámetros como el pH, dureza, alcalinidad, muestran valores permisibles para la calidad del agua potable según el Decreto 475 de 1998. La conductividad tiene incrementos a lo largo del cauce de la quebrada, valores que se corresponden con los de dureza total (si se tiene en cuenta que este parámetro se produce por los iones calcio y magnesio), y con los sólidos totales disueltos, factores que también aumentan aguas abajo desde el nacimiento hacia unos metros antes de la desembocadura y en menor medida los cloruros también se acrecientan. Lo anterior permite establecer una mayor condición de salinidad en las estaciones bajas, producto posiblemente de la aportación externa de la actividad agropecuaria y descargas no puntuales de diverso origen en el área de influencia directa al cauce de la quebrada Los Micos. El valor de la conductividad mostrado, es mayor en el muestreo de 2011, posiblemente por factores naturales relacionados con la erosión del cauce, arrastre de sedimentos así como la escorrentía provocada por la pluviosidad mayor registrada en dicha época por efectos acumulados del Fenómeno de la Niña. En cuanto a los niveles registrados de la conductividad, los valores encontrados en las estaciones bajas están por encima de lo permisible por la OMS para el destino del agua para consumo humano (LENNTECH, 2011). También se encuentran por encima de lo que es usualmente el valor de las aguas superficiales tropicales de montaña, que por lo general según Roldán (2003), es muy baja oscilando entre 10 y 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en aguas oligotróficas.

La DBO5 presenta mayores valores en el muestreo de mayo de 2011, es decir, se requiere mayor cantidad de oxígeno por las bacterias principalmente para descomponer la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas con respecto al muestreo de 2010, lo cual restringe el nivel de oxígeno disuelto (como se evidencia en las tablas 5 y 6) en la corriente. Aunque

no se observan descargas puntuales de origen residual a partir de colectores directamente dirigidos a la corriente, pueden existir algunos drenes indirectos por efecto de la lluvia y el escurrimiento superficial y subsuperficial propiciado en la época (por la presencia de lluvias intensas previas al muestreo). Esta situación puede repercutir en la comunidad bentónica, si se tiene en cuenta que a nivel de abundancias, géneros exigentes en oxígeno disuelto y poca concentración de materia orgánica son mas abundantes durante el período de menores valores de DBO<sub>5</sub> del año 2010 en comparación a los valores registrados en el 2011 (*Cylloepus*, *Macrelmis*, *oecetis*, *Leptonema*, *Phanocerus*, *Thraulodes*, *Limnocoris*, *Hetaerina*) (ver anexo 4). Dichos géneros coinciden con algunos de los establecidos por Roldán y Ramírez (2008), en cuanto a organismos relacionados con altos requerimientos de oxígeno disuelto. En la medida en que se avanza aguas abajo, las condiciones cambian, en el sentido de irse acumulando la influencia de factores como la presencia humana, actividades pecuarias y algunas agrícolas, que ocasionan contaminación orgánica. Esto es más agudo en el sector bajo de la microcuenca. Según la normativa colombiana (Decreto 1594/84) cuando la DBO está por encima de 3 mg/l existe contaminación orgánica; y según las normas RAS, indica condiciones de calidad muy deficientes para agua potable y saneamiento básico, por encima de 4 mg/l.

Un parámetro que muestra variación entre las dos épocas de muestreo es el de la turbidez, pues todas las estaciones en el muestreo de 2011 reportan valores por encima de lo establecido en el Decreto 475 de 1998; en ese año según lo registrado en campo, se observaron eventos erosivos así como posibles sedimentaciones provocadas por las actividades pecuarias aledañas y por efecto de las condiciones de lluvia muy localizada en días anteriores. La turbulencia del agua mantiene en suspensión partículas sólidas; y su sedimentación gradual conduce a que las partículas más finas, que son más importantes en el transporte de materiales retenidos en su superficie (materia orgánica, fósforo), son las que llegan más lejos (Margalef, 1983, Lacroix, 1992), y por tanto se genera la mayor turbidez en las zonas bajas.

Los rangos obtenidos de coliformes totales y fecales están dentro de lo permisible por el decreto 1594 de 1984 sobre criterios de calidad admisible para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico, y también son aptas para riego de frutas y para hortalizas de tallo corto. Mientras que según el reglamento de agua potable de Colombia (Ministerio de Desarrollo, 1998), los valores se encuentran dentro de escalas aceptable y regular para agua potable y saneamiento básico. Es decir, los datos mínimos de presencia de estas bacterias, indica una baja incidencia de residuos humanos por contaminación fecal, puesto que la presencia de viviendas es reducida y las que hay cuentan con sistemas de tratamiento a manera de pozos sépticos, y corresponden a valores aceptables para las condiciones de manejo de la microcuenca, entendiendo que los coliformes no solamente provienen de excrementos humanos sino que también tiene origen en animales de sangre caliente representados por la fauna silvestre y el ganado bovino y equino que recorre las márgenes y el cauce de la quebrada (Romero, 2002).

La determinación de los ICOS, tienen correspondencia con los parámetros físicoquímicos valorados. En cuanto a la contaminación iónica por mineralización (ICOMI), se expresa con valores numéricos más altos en las estaciones bajas, por el valor mayor en conductividad, dureza y alcalinidad, que representan niveles de alteración que van progresivamente aumentando hasta un máximo valor en la estación más baja cerca a la desembocadura de los Micos.

La contaminación por materia orgánica (ICOMO) pasa de valores muy bajos a medios en los dos muestreos realizados en distinto año, lo cual se puede ver aumentado por el efecto de la lluvia sobre la microcuenca durante el año 2011. En consecuencia se redujeron valores del porcentaje de saturación de oxígeno en las estaciones bajas, mientras que el valor de DBO5 y Coliformes Totales aumentó.

La contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) fue en general muy baja, por lo que se deduce que no existen actividades que puedan estar generando procesos erosivos ni arrastre de materiales de origen terrestre de manera significativa en el cauce principal de Los Micos. El ICOTRO, indica condiciones eutróficas y mesoeutróficas, lo cual denota la presencia de fósforo que puede provenir de distintas fuentes mixtas por el ciclo natural del elemento, y la aportación agropecuaria por el uso de fertilizantes ricos en fósforo (CVC-UNIVALLE, 2004). Al respecto, la combinación del ancho mayor del cauce, poca profundidad de la corriente, y la presencia de dicho nutriente en el sistema lótico, genera comunidades perifíticas permanentes en las estaciones bajas, preferentemente en la confluencia Bahamón-San Rafael y cerca a la desembocadura.

Los valores del índice WQI, muestran una buena calidad del agua en el 2010 y aceptable en el 2011; de manera general, se da el mismo calificativo en todas las estaciones y año de muestreo, lo cual revela condiciones similares a lo largo de la microcuenca; sin embargo, de acuerdo a los parámetros involucrados en el cálculo del WQI, aunque se presentan valores disímiles entre una estación y otra (por ejemplo en DBO5, pH o sólidos totales), el índice adquiere el mismo rango de valor, mostrando una similar calidad del agua.

La evaluación de la calidad del hábitat, permite dar una percepción sobre las condiciones ambientales de los sitios muestreados, los posibles impactos generados por las actividades agropecuarias y demás de origen antrópico, que cambian o alteran la dinámica fluvial, así como la conformación de las comunidades vegetales de la microcuenca. Sin embargo el valor del índice de calidad del hábitat (Chará, 2004) es mayor en la zona alta, y no se corresponde de manera directamente proporcional con los índices de diversidad encontrados o las abundancias y número de individuos registrados. No obstante, sus valores no fluctúan ampliamente, por lo que se infieren condiciones relativamente similares entre las estaciones, con un ligero cambio en los sitios influenciados por la presencia de los bosques de galería, deposición de sedimentos, estabilización de orillas, alteración del cauce y sustratos disponibles para la colonización de los

macroinvertebrados acuáticos. En general el índice hallado revela una condición subóptima de calidad del hábitat en toda la microcuenca.

La ocurrencia de los fenómenos del Niño (2010) y de la Niña (2011) que se presentaron para los meses de muestreo, aparentemente no tuvo efectos sobre el hábitat del cauce. Aunque se reconocen los efectos de estos fenómenos sobre los caudales de los ríos y quebradas en Colombia en general, durante El Niño se presenta una disminución en la precipitación, en caudales medios mensuales y en caudales extremos, mientras que durante La Niña ocurren anomalías contrarias, con eventos de precipitación muy intensos, crecidas de ríos, avalanchas e inundaciones de planicies aluviales (Poveda, 2004), su efecto sobre las comunidades biológicas no ha sido estudiado.

Por último, los análisis estadísticos realizados confirmaron esta relativa estabilidad del hábitat, reflejado en condiciones fisicoquímicas con poca variabilidad, que se manifiesta en toda la microcuenca, con diferencias menores en cuanto a la conservación ambiental mayor en la zona alta y ciertas alteraciones no muy fuertes en la zona baja.

Para el análisis de la composición y estructura de la comunidad de invertebrados, se debe reconocer la escasez de referencias sobre estos organismos en la región, pues solamente se han realizado estudios en unas pocas corrientes y de menor intensidad en el registro (CIDECA, 1985; Sánchez, 1987; Sánchez y Perea, 1990; HIDROTEC-CAM, 1996; Sánchez et al, 2001; Sánchez et al, 2004). Como único antecedente en el área cercana a Los Micos, se reporta el estudio de Sánchez (1987), quien hizo un muestreo en toda la cuenca de las Ceibas, con referencia en una estación de la microcuenca en estudio, denominada desembocadura de los Micos; según ese documento, el mayor porcentaje de individuos correspondió a los géneros *Baetodes*, *Chironomidae* morfotipo 1, *Dactylobaetis* (hoy *Camelobaetis*), *Chironomidae* morfotipo 2, *Simulium*, *Smicridea*, *Mortoniella* y *Leptohyphes*; y en menor abundancia *Tricorythodes*, *Baetis*, *Moribaetis*, *Limonícola*, *Alluaudomyia*, *Dixella*, *Chelifera*, *Hemerodromia*, *Maruina*, *Atopsyche*, *Leptonema*, *Ochrotrichia*, *Grumichella*, *Atanatólica*, *Psephenops*, *Anacroneuria*, *Corydalus*, *Naucoridae*.

Con respecto a lo encontrado en el presente estudio, hay que mencionar que pese a que solamente se hicieron dos muestreos, comparativamente con el estudio de Sánchez (1987) en el que se realizaron 6 muestreos entre 1985 y 1986, se halló un mayor número de taxa (110 en el presente estudio versus 35 en el estudio de Sánchez) lo cual corresponde a un mayor esfuerzo de muestreo. Otros grupos de menor presencia fueron registrados en este estudio, en especial de los grupos Bassomatophora, Acari, Haplotaxida y Tricladida.

Dentro de los invertebrados se encontró que prevalece la dominancia de la clase Insecta sobre los demás grupos como Malacostraca, Clitellata, Turbellaria, Bivalvia y Gastropoda. Lo anterior, también se ha hallado en el Huila y otros departamentos en ecosistemas acuáticos con condiciones biofísicas similares (Sánchez et al, 1988; Roldán, 1988; Sánchez

et al, 2000; Sánchez et al, 2004; Reinoso et al, 2008 a, b; Latorre et al, 2006, Villada, 2010; González y Ramirez, 2011).

Dentro de Hexapoda, se registran como grupos taxonómicos abundantes a Ephemeroptera, Diptera, Trichoptera, Coleoptera, lo cual también se ha encontrado en microcuencas y cuencas del sistema andino colombiano como en la del río las Ceibas (Sánchez, 1988); río Magdalena (Sánchez et al, 2000); río Baché y quebrada La Toma (Sánchez et al, 2004); río Dulce en Villeta Cundinamarca (Latorre et al, 2006), Cuenca del río Anamichú en el Tolima (Reinoso et al, 2008), microcuenca de la quebrada Tolda Fría-La María en Villamaría Caldas (Villada, 2010), Quebrada Romerales y Olivares en la cuenca del río Chinchiná en Caldas (González y Ramirez, 2011).

En cuanto al orden Ephemeroptera, se reportan 22 géneros en la estación Desembocadura de Los Micos en el río Las Ceibas, de los 25 en total encontrados en toda la microcuenca. Este orden es abundante en comparación con los demás muestreados, siendo habitual encontrarlo en quebradas y ríos menores de fondo rocoso, permaneciendo la mayor parte de su vida en estado metabólico de ninfas (Sánchez, 2000) en los sistemas acuáticos. Dada su amplia distribución altitudinal, y sus características idóneas como bioindicadores de calidad del agua, han sido utilizados en el monitoreo de aguas en Colombia (Roldán, 1988; INSTITUTO MI RIO, 1997; Zúñiga, 1984; Zúñiga et al, 1997). Para las condiciones del presente estudio, su rango altitudinal estuvo entre los 601 y 1555 msnm, encontrándose en todos los sustratos siendo preferente el de cantos y gravas con 45,6%, seguido de hojarasca con 39,3% y arena con 15,1%.

Al hacer una revisión del artículo sobre el estado actual del conocimiento del orden Ephemeroptera en Colombia (Dias et al, 2009), se establece para la familia Baetidae, la inexistencia del género *Fallceon* en Colombia, pero posteriormente se ha reportado un registro de éste género en el Tolima (Gutiérrez y Reinoso, 2010) lo mismo que en el presente estudio. Además, se registran por primera vez 14 géneros para el Departamento del Huila correspondientes a: *Americabaetis*, *Apobaetis*, *Cloeodes Fallceon*, *Guajirolus*, *Nanomis*, *Paracloeodes*, *Varipes* y *Zelus* (de la familia Baetidae), *Haplohyphes*, *Traveryphe*, y *Vacupernius* (de la familia Leptohyphidae), *Farrodes* e *Hydrosmilodon* de la familia Leptophlebiidae.

La presencia de 5 familias representadas en 25 géneros, de las 9 familias y 53 géneros descritas para Colombia (Dias et al, 2009) correspondientes al 55,5% y 47,17% respectivamente, son un referente importante de los ambientes acuáticos en la microcuenca de la quebrada Los Micos para el orden Ephemeroptera, grupo que cumple funciones colectoras, raspadoras y detritívoras. Dentro de la familia Baetidae, se registró el género *Baetodes* como el más predominante, lo cual se ve favorecido por las condiciones morfológicas y fisiográficas así como la exposición solar del cuerpo de agua sobre todo en estaciones del sector bajo de la microcuenca, en donde se observa el mayor desarrollo perifítico y algal, que es una de las posibilidades alimentarias del orden (Merritt et al, 2008)

Dentro de Baetidae, también tiene un registro importante en abundancia el género *Camelobaetidius*, especialmente en las últimas dos estaciones de la zona baja; dada su condición de raspadores, lo que puede implicar la presencia de sustratos propicios con material orgánico fino, así como perifiton sobre el cual realizan su función trófica principal. Al respecto, algunas condiciones específicas relacionadas con la entrada de luz directa al lecho de la quebrada, profundidad baja, estabilidad de la corriente y sobre todo velocidad de la corriente pueden favorecer la presencia de algunas familias del orden ephemeróptera (Lancaster, 1999).

En general, la presencia de 13 géneros de la familia Baetidae, muestra sus amplias posibilidades en cuanto a la colonización de ambientes en los que se disponga material en forma de hojarasca, cantos y gravas, algas, zonas de corrientes lentas y rápidas, remansos, zonas de aquietamiento con material particulado sedimentado, todos los cuales son coriotopos observados en la microcuenca Los Micos.

De la familia Leptohyphidae, el género *Leptohyphes* es el que más abunda tanto dentro de esta familia como de todo el orden; su presencia en todas las estaciones y épocas (en mayor cantidad en las estaciones bajas) así como en todos los tipos de sustrato, muestra su amplia capacidad de colonizar diferentes condiciones de habitabilidad.

Otras familias con menor presencia del orden Ephemeroptera fueron Euthyplociidae, y Oligoneuridae, probablemente por su afinidad a aguas con condiciones ecológicas mejores a las reportadas en este estudio en cuanto a condiciones de estabilidad de los hábitats y niveles de oxígeno. Dichas familias según Roldán (2003) están dentro de los grupos con puntajes máximos en el índice BMWPC, que indican su preferencia por aguas muy limpias.

En otros géneros de los órdenes recolectados, hay coincidencia en los hallazgos con respecto al estudio de Sánchez (1987), con excepción de *Moribaetis*, *Limonicola*, *Alluaudomyia*, *Chelifera*, *Maruina*, *Clognia*, *Stratiomyidae*, *Protoptila*, *Helicopsyche*, *Atopsyche*, *Grumichella*, y *Haliplidae*, los cuales no se encontraron en el presente estudio en la estación mencionada.

En el orden Diptera, la familia Chironomidae es la de mayor diversidad en la estación Confluencia Bahamón-Micos, hallándose 20 de los 22 morfotipos encontrados para la microcuenca. En general, dicha abundancia así como su distribución a lo largo del cauce principal, deja entrever los sustratos presentes y que son aprovechados para colonizar, así como sus adaptaciones fisiológicas y morfológicas que les permite la toma de oxígeno de forma apnéustica, con pigmentos respiratorios, y sobrevivir en sitios escasos de oxígeno. De acuerdo al rango de oxígeno disuelto en las estaciones muestreadas (4,1 -7,0), los organismos encuentran niveles que favorecen su distribución en la quebrada (Merritt et al, 2008).

Además de Chironomidae (18,85%), familias como Ceratopogonidae (2,19%), Dolichopodidae(0,06%), Empididae (0,07%), Muscidae(0,03%), Psychodidae(0,03%),

Simuliidae (2,42%), Stratiomyidae(0,02%), Tabanidae (0,07%), Tipulidae(1,31%) y Dixidae(0,02%), exhiben la variedad de formas de adaptación a los ambientes acuáticos; siendo un orden que se abastece de una amplia gama de biotopos acuáticos, dado su régimen alimentario y mecanismos de respiración (Lizarralde, 2009), se entiende la alta abundancia encontrada en la quebrada Los Micos (representada en un 25,07% del total de la comunidad bentónica).

Los demás grupos faunísticos encontrados en general, con mayor aporte en abundancia, son los órdenes Trichoptera y Coleoptera, los cuales representan junto con Diptera y Ephemeroptera, los de mayor presencia en la quebrada, lo cual es característico en este tipo de corrientes (Allan, 1995; Sánchez, 2001).

El menor valor de riqueza de taxa, así como de número de individuos y abundancia relativa en estaciones intermedias, probablemente se relacione con el uso actual de los terrenos adyacentes de la quebrada, específicamente en la estación Confluencia Castañal y parte de la estación los Micos proveniente de la vereda Floragaita, en los que hay reducida cobertura boscosa, existen algunos potreros y cultivos de cacao que llegan hasta el borde del cauce principal, así mismo el bosque de galería es en algunos transectos inexistente y en otros corresponde a hileras o presencia de algunos individuos de árboles y arbustos nativos muy escasos. Esta condición puede incidir en la integridad ecológica de la corriente, de manera negativa, si se hiciera más intensivo el uso del suelo en ganadería y agricultura, lo cual influye en la pérdida de riqueza de invertebrados, como lo corrobora Ordóñez (2011) en ríos altoandinos del Ecuador, y Sánchez y Hendricks (1997) en los montes Apalaches.

Las estaciones de la zona baja de la microcuenca, presentan valores del índice de diversidad de Shannon y riqueza mayores, que en las intermedias y con valores similares a las estaciones de la zona alta, como se ha observado en algunos tramos en toda la cuenca de las Ceibas (Sánchez, 1987). Aunque el nivel de intervención antrópica se da con fincas de gran extensión dedicadas a la ganadería principalmente, la presencia de cobertura vegetal, sombra permanente y aporte alóctono en algunos sectores, pero también zonas en las que la cobertura boscosa total del cauce desaparece, dando paso a comunidades algales por la mayor influencia directa de la luz solar (por tanto siendo importante también la aportación autóctona), cambios del flujo hídrico, configuran condiciones diversas para el establecimiento de invertebrados acuáticos, los cuales colonizan variados espectros de hábitat acuáticos (Begon et al, 2006; Crisci et al, 2007).

Según lo confirma Sánchez (1987), el aumento de diversidad aguas abajo se relaciona con la mayor estabilidad en condiciones ambientales y con el aumento de la productividad primaria al disminuir la velocidad de flujo. Aunque no es tan evidente el aumento de caudal, y más bien las condiciones se mantienen a lo largo del cauce principal, el hecho de que los muestreos se hicieron en la misma época (mayo de 2010 y de 2011), hace que no se pueda distinguir el efecto de procesos dinamizados por la presencia de altas lluvias, las

cuales sí podrían hacer que cambiara la manifestación del índice, por remoción de material y la condición de habitabilidad de las especies, que por efecto de deriva se trasladarían más aguas abajo o desembocarían al río Las Ceibas a consecuencia de los cambios drásticos de características morfológicas del cauce, y de material orgánico e inorgánico en menor presencia en el lecho.

De otra parte, el ecosistema fluvial ordinariamente tiene un exceso de fragmentos orgánicos en los tramos más altos, y un exceso de respiración en los tramos más bajos, que implica un transporte neto de materia orgánica a lo largo del cauce (Dodds, 2002). Esto también puede influir en el aumento de valor del índice de diversidad en las estaciones ubicadas cerca a la desembocadura de la quebrada Los Micos con el río Las Ceibas, favorecido tanto por el material orgánico disponible para las dinámicas heterotróficas de la comunidad bentónica, que se extienden a actividades de filtración, detritivorismo, depredación, recolección, trituración de material presente en la mayor heterogeneidad de residencias ecológicas en este tramo de la microcuenca (Allan, 1995).

La presencia de algunos géneros exclusivos en las estaciones muestreadas da indicios de condiciones de hábitat variadas, no obstante, aunque no es preciso explicar a partir de la presencia de estos, toda una condición de estabilidad o calidad biológica del agua, sí se puede inferir cómo el régimen de flujo de la corriente temporalmente puede determinar cambios en riquezas numéricas y número total de individuos al comparar las estaciones ubicadas en la zona baja con respecto a las de la zona alta y media de la microcuenca. Esto se ha evidenciado en quebradas en el Quindío (García et al, 2010)

Los géneros exclusivos de la estación 1 (nacimiento de la quebrada Los Micos), entre los cuales están *Grumichella*, *Phylloicus*, *Mayobaetis*, *Zelus*, y *Polithore*, indican características propicias para su desarrollo, y que de acuerdo a Roldán (2003), bioindican aguas limpias y /o poco contaminadas; por ejemplo, *Polithore* habitualmente se encuentra en hábitats muy conservados y prefieren quebrada angostas (primer orden) de bosque húmedo (Sánchez H, 2006).

Las demás estaciones ubicadas en la zona media y baja de la microcuenca de la quebrada Los Micos también tienen exclusividad en algunos géneros, siendo relevante la existencia de mayores géneros con esta condición en las estaciones de la zona baja Bahamón Micos y Desembocadura con 6 y 21 respectivamente; algunos como *Euthyplocia* y *Lachlania*, indicadores de aguas oxigenadas, se encuentran en dichas estaciones aunque con baja presencia numérica, también hay *Tabanus* e individuos de las familias Planorbidae y Physidae, que indican aguas moderadamente contaminadas (Roldán, 2003). También se encuentran del orden Odonata los géneros *Hetaerina*, *Phyllogomphoides*, *Macrothemis*, *Brechmorhoga*, e individuos de la familia Coenagrionidae, que aprovechan condiciones de remanso, así como algunas zonas corrientes sobre fondos de arena, grava, perifiton, y cerca a vegetación de las riberas presentes en dichas estaciones de muestreo.

La presencia de los géneros más abundantes compartidos en todas las estaciones, indica cierta similitud de condiciones de habitabilidad para la comunidad bentónica; pues existen representantes de la familia Hydropsychidae con los géneros *Smicridea* y *Leptonema* que tienen amplia distribución espacial, por sus preferencias de hábitat con presencia de rocas en zonas de corriente así como en tramos lentos y en paquetes de hojarasca retenida en las gravas y piedras de mayor tamaño; así mismo Odontoceridae con el género *Marilia*, que habita aguas de poca corriente y fondo pedregoso, también es abundante en todas las estaciones.

En cuanto al orden Coleoptera, géneros como *Heterelmis*, *Microcyloepus*, *Cyloepus*, *Macrelmis* y *Psephenops* se registran como los frecuentes en todas las estaciones y con niveles significativos de abundancia, lo cual también manifiesta las amplias condiciones de los sustratos y de características de la corriente; particularmente *Heterelmis*, presenta tolerancia a los rangos de variación en parámetros con mayor condición de cambio, como pH, conductividad, temperatura, dureza y oxígeno disuelto, así como en rango altitudinal, puesto que se presentó en todas las estaciones con abundancias relativas importantes. Al respecto, Caupaz (2006) registra altas frecuencias de aparición del género *Heterelmis* en la cuenca del río Prado en el Tolima; y Arias et al (2007), halló como géneros representativos en términos de abundancia en el río Coello, a los mismos reportados en este estudio excepto *Macrelmis*. La amplitud en condiciones ambientales es propia en general de la familia Elmidae, y en menor medida de la familia Psephenidae.

Coleoptera se registra como el cuarto orden más abundante de toda la comunidad; la mayoría de familias viven en todo tipo de aguas continentales sobre todo lólicas formando parte de las comunidades bentónicas (Archangelsky et al, 2009); y al igual que los ordenes anteriormente mencionados como los más abundantes de la clase Insecta, son importantes en estudios de bioindicación de calidad de aguas. La presencia de sustratos representativos como cantos, gravas, hojarasca, arena, algunos troncos descompuestos, vegetación de ribera, pueden acondicionar hábitats que son ocupados por este orden; además de lo anterior, abundan en aguas someras con velocidades de corriente poco fuertes, y condiciones de aguas limpias con concentraciones de oxígeno altas y temperaturas medias (Machado, 1989). Las anteriores consideraciones permiten establecer la preferencia de este grupo, el cual se encontró en mayor proporción en la hojarasca (46,6%), cantos y gravas (35,8%) y en menor cantidad en el sustrato arena (17,6%).

La presencia en todas las estaciones de individuos pertenecientes al orden Díptera, de géneros como *Polypedilum*, *aff.Rheotanytarsus*, *Pentaneura*, *Orthocladus*, *Thienemaniella*, *Thienemania*, *Probezzia*, *Simulium* y *Hexatoma*, guarda concordancia con la amplia distribución que pueden exhibir tanto en rango altitudinal como en aprovechamiento de variados ambientes acuáticos, especialmente las familias Chironomidae, Simuliidae y Tipulidae (Merrit et al, 2008; Liévano y Ospina, 2007).

Dentro del orden Hemiptera, las familias Naucoriidae y Veliidae tuvieron mayor presencia numérica a medida que se descendía altitudinalmente, así como a medida que la temperatura aumentaba, aunque esta tendencia no es del todo secuencial desde la primera hasta la última estación, los géneros *Limnocoris* y *Rhagovelia* aumentan su presencia en general aguas abajo; estos resultados están en concordancia con los resultados presentados por Castellanos (2004) quien encontró en el río Coello, una estrecha relación entre valores de diversidad y abundancia de hemiptera con variables como la temperatura, altura, turbiedad y sólidos totales en el agua. Así mismo Parra (2008) en el río Totare halló amplia distribución altitudinal de los géneros mencionados, entre los 244 y 2397 msnm, además también los registró como los más abundantes dentro del orden. Estas consideraciones permiten establecer la presencia de diversos sustratos y condiciones lénticas y lólicas que generan microhábitats apropiados para el orden Hemiptera. Los resultados de mayor abundancia a nivel de familia, coinciden con lo encontrado en el río Totare y Río Coello en el Tolima, en el sentido de que Veliidae está dentro de las más abundantes (Parra, 2008; Castellanos, 2004). La presencia de varias familias, indica su amplia variedad de ambientes naturales, que incluyen sistemas lénticos, lólicos, costeros, oceánicos, fitotelmata y hasta ambientes terrestres húmedos (Mazzuconni et al, 2009).

El orden Plecoptera, registra individuos en todas las estaciones y en los dos muestreos de la familia Perlidae y el género: *Anacroneuria*. Se encontró numéricamente más abundante en el sustrato hojarasca que en cantos y grava, lo cual puede indicar que el aporte de material alóctono de bosque de galería, establece microhábitats propicios para su desarrollo, distribuidos a lo largo de la quebrada desde el nacimiento hasta la desembocadura. La vegetación ribereña ha mostrado tener efectos en la presencia de este orden (Mancilla et al, 2009); y así mismo, su condición de derivador por excelencia (Allan, 1995), probablemente favorecen que su presencia se dé en todas las estaciones muestreadas. Se registraron morfotipos que tenían rasgos específicos relacionados con la disposición y presencia de pelos en las patas anteriores y posteriores, color diferenciable según distintos tamaños encontrados, ausencia de agallas branquiales, entre otros rasgos también reportados por Reinoso et al, (2008) en la cuenca del río Anamichú en el Tolima.

En cuanto a la abundancia relativa de las principales familias reportadas, no existen diferencias significativas entre las estaciones, excepto entre la estación Bahamón Micos y Micos proveniente de vereda Palestina; lo cual puede explicarse por los cambios en las composiciones relativas de individuos con respecto a familias como Leptophlebiidae, Elmidae, Hydropsychidae y Chironomidae; probablemente la mayor aportación y presencia de cobertura boscosa en los márgenes de la quebrada, genere aportación de nutrientes y diversidad de microhábitats para estas familias más abundantes en la estación ubicada en la zona intermedia de la microcuenca (Micos de vereda Palestina), con respecto a la de la zona baja (Bahamón Micos); dicho cambio en la conformación de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos ha sido evidenciado en corrientes menores en los que la presencia de cobertura boscosa ribereña es una variable influyente (Mancilla et al, 2009; Stone et al, 2005).

Se dio una diferencia numérica en el total de individuos y abundancias relativas entre los dos muestreos; lo anterior posiblemente tiene que ver con que en el primer semestre del año 2010 se dio el fenómeno del Niño, manifestado en las menores precipitaciones presentadas en dicho período con respecto a lo registrado históricamente en la microcuenca (según datos de estación pluviográfica del IDEAM La Gironda – Neiva, en donde se puede apreciar una disminución drástica de la pluviosidad en el primer semestre de 2010) (Ver Anexo 10). Esta condición generó reducción de áreas inundadas o permanentemente húmedas, situación que pudo limitar los hábitats acuáticos, y por lo tanto el número de individuos se incrementó, al concentrarse mayormente en el espacio biofísico disponible para sus ciclos vitales y además hay menos riesgo de arrastres o destrucción de hábitats y organismos por los aumentos considerables en la corriente. Los caudales reportados en este estudio, aunque son menores, con respecto a los encontrados en el segundo muestreo, dan cierta estabilidad de los sustratos disponibles y por lo tanto de las poblaciones de organismos acuáticos; mientras que en el año 2011, el IDEAM reportó el fenómeno de la Niña para todo el país (IDEAM, 2010;2011), el cual influyó la microcuenca Los Micos de acuerdo a lo establecido en los registros de precipitación de la estación la Gironda, pues se observa cómo con respecto a los niveles históricos de lluvia, para dicho mes se presentó el máximo histórico (para la serie de datos entre 1984 y 2012) y que se manifestó en mayores niveles de caudal en la quebrada para mayo según el muestreo realizado, dándose un menor número de individuos y abundancias de organismos bentónicos con respecto al 2010. Es un hecho cierto, que los aumentos excesivos de caudal así como los períodos ampliados de escasez de lluvias, generan cambios en la estructura de las comunidades bentónicas (Castro, 2005). En cuanto a la influencia de la lluvia y del fenómeno de la Niña sobre los ecosistemas acuáticos tropicales de este orden de drenaje, no han sido reportados estudios en el cambio de la composición de comunidades de invertebrados bentónicos; no obstante, se reconoce el efecto de la precipitación sobre los mayores caudales de los ríos y en consecuencia en la reducción de las poblaciones acuáticas de invertebrados relacionada con variables como la velocidad de la corriente, y fenómenos como la deriva que ocasionan pérdida de hábitats y menor estabilidad de sustratos variados en el cauce (Nelson y Lieberman, 2002; Guevara, 2011 ), así como su influencia en el menor valor numérico de índices bióticos relacionados con la presencia/ausencia de organismos a nivel taxonómico de familia (Fernández et al, 2002).

La mayor abundancia del Phylum arthropoda sobre los Phyla Annelida, Platyhelminthes y Mollusca, siendo la clase Insecta el grupo más dominante, diverso y abundante, es un reporte que va en concordancia con lo que expone Roldán (2003), en cuanto a que Insecta tiene modos de vida y adaptaciones diversas a la vida acuática, lo que los hace mejor condicionados a las determinantes ambientales. Dentro de los órdenes de Insecta con mayor número de individuos, se reportaron Ephemeroptera con 41,69%, Díptera con 25,09%, Trichoptera con 16,21%, y Coleóptera con 8,26%, lo cual se ha corroborado en diversos estudios de ecosistemas de corrientes del trópico colombiano (Sánchez 1987; Sánchez et al, 2001; Sánchez et al, 2004; Liévano et al, 2007; Laython, 2003; Donato, 2008;

Walteros et al, 2010). Los dípteros constituyen un orden extremadamente diversificado y varias familias muestran adaptaciones peculiares en estado larval sobre todo en la región de la cabeza, permitiendo el desarrollo posterior de otras adaptaciones especializadas (Margalef, 1983). Por ello, la variedad de hábitats acuáticos que pueden ocupar supera los de cualquier otro orden de insectos (por Lizarralde, 2009).

Así mismo, el orden Ephemeroptera es abundante en quebradas y ríos menores de fondo rocoso, permaneciendo la mayor parte de su vida en estado metabólico de ninfas (Sánchez, 2000) en los sistemas acuáticos. Dada su amplia distribución altitudinal, y sus características idóneas como bioindicadores de calidad del agua, han sido utilizados en el monitoreo de aguas en Colombia (Roldán, (1988), Mi Río (1997), Zúñiga (1984), Zúñiga (1997). Para las condiciones del presente estudio, su rango altitudinal estuvo entre los 601 y 1555 msnm, encontrándose en todos los sustratos siendo preferente el de cantos y gravas con 45,6%, seguido de hojarasca con 39,3% y arena con 15,1%.

El hecho de que morfoespecies como *Baetodes* y *Americabaetis* (de la familia Baetidae), *Leptohyphes* (de la familia Leptohyphidae), *Thraulodes* (familia Leptophlebiidae), *Polypedilum*, *Pentaneura*, *Orthocladius* (todos de la familia Chironomidae), y *Simulium* de la familia Simuliidae, aparezcan en todas las estaciones y en las dos fechas de muestreo, dan cuenta de la capacidad de presentarse en distintas condiciones de hábitat, dada su capacidad generalista de colonizar diferentes ambientes acuáticos, por lo que se consideran cosmopolitas algunos de sus géneros, según lo reporta Dominguez et al (2009) para Ephemeroptera, Coscarón (2009) para Simuliidae y Paggi (2009) para Chironomidae. No obstante hay que resaltar que aunque hay variaciones en parámetros como la temperatura del agua, altitud y sólidos, en otras, no hay variaciones significativas entre las estaciones consideradas.

El orden Trichoptera también se puede considerar cosmopolita; viven en lagos, ríos y quebradas mostrando preferencia por aguas frías y limpias (Liévano y Ospina, 2007); aunque la mayoría vive en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal, así como en aguas quietas y remansos (Guevara, 2004). Se consideran junto con los Ephemeroptera y Diptera, representantes más abundantes de la macrofauna de las aguas corrientes (Sánchez et al, 2001, Donato y Galvis, 2008); y probablemente su mayor especiación en cuanto a sus construcciones extrasomáticas relacionadas con la alimentación o con una disminución de la probabilidad de deriva Margalef (1983), explique su presencia y distribución en la quebrada en estudio, pues se encuentran presentes en todas las estaciones y muestreos, ocupando hábitats conformados en los sustratos preferentemente de cantos y gravas (48,07%) y hojarasca (40,7%) y en menor proporción en el sustrato arena (11,26%).

La aplicación de los resultados de abundancia y distribución de los grupos de macroinvertebrados en la quebrada Los Micos, condujeron a una evaluación de la condición ecológica del hábitat del cauce, mediante la determinación del Índice de

Integridad Biótica IBI, el cual integra diversos parámetros unimétricos relacionados con los taxa identificados (ver tabla 11 y el anexo 5) (Segnini, 2003). El IBI permitió determinar la calidad biológica del agua, en un rango aceptable y excelente. Los valores obtenidos se explican en el sentido de que en las estaciones como Confluencia Bahamón San Rafael, se encuentran las mejores relaciones de las variables seleccionadas, pues allí como en la Desembocadura Micos, se expresaron los mayores resultados numéricos en abundancia, de Ephemeroptera, Coleoptera, y la presencia de familias como Baetidae y Chironomidae.

La utilización de los macroinvertebrados acuáticos como herramienta de educación ambiental en la microcuenca Los Micos, tiene aplicabilidad directa como tema transversal en las áreas de formación de la educación básica y media, lo cual coincide con lo establecido por Escobar (2011) en la microcuenca de la quebrada Tolda Fría –La María y Río Blanco en Manizales y Franca et al (2010) en Mato do Junco en Brasil. Las estrategias metodológicas mantuvieron la atención de la gran mayoría de participantes, lo cual se percibió durante el desarrollo de las actividades lúdicas, en las que comentaron y demostraron su interés tanto por los temas propuestos, así como en el desenvolvimiento individual y grupal y participación activa en las acciones metodológicas realizadas. La práctica de campo reafirmó en los estudiantes la apropiación de conceptos básicos relacionados con la teoría desarrollada, contextualizando las relaciones que tienen como comunidad con las fuentes hídricas, y su potencial como agentes de cambio hacia la conservación de la microcuenca y los organismos vivos acuáticos. De esta manera, la vivencia ligada a las demás acciones pedagógicas permitió una gran motivación en los participantes, en cuyos comentarios denotaban el interés generalizado por cambiar de actitud, generando expectativas sobre su relación inmediata con el ambiente orientada a una mejor percepción y comprensión de la realidad de su entorno en temas ecológicos y ambientales.

Los resultados analizados anteriormente permitieron determinar una notable riqueza de la comunidad de invertebrados bénticos en esta quebrada, pues se ha encontrado un número apreciable de taxa que no han sido reportados previamente en la región y algunos que solamente se han encontrado en un sitio único del país. En cuanto a la estructura de la comunidad y sus variaciones, los índices analizados y el tratamiento estadístico no mostraron diferencias significativas entre las estaciones, lo que confirma la consideración de estabilidad a lo largo de la microcuenca. Las referencias taxonómicas y de atributos ecológicos de esta comunidad constituyen por tanto una contribución al conocimiento de estos organismos en la región y el país.

## 6. CONCLUSIONES

La microcuenca de la quebrada Los Micos, es un ecosistema importante para el logro de los objetivos del Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca hidrográfica del río Las Ceibas, al hacer parte de esa cuenca y cumplir funciones ecosistémicas de interés para las comunidades asentadas en el área de influencia directa así como para la ciudad de Neiva. Es por esto que su manejo integral ha propendido no solamente por la conservación de los recursos naturales sino por el uso sostenible de los sistemas productivos; por tal razón, es tomada actualmente como modelo para desarrollar un esquema funcional de compensaciones e incentivos por servicios ambientales. De acuerdo a lo anterior, y a los resultados de esta investigación, la salud ambiental como ecosistema acuático da unos indicios de estabilidad ecológica a partir del análisis de componentes fisicoquímicos y biológicos de la corriente.

En este análisis, el conocimiento de la comunidad de invertebrados acuáticos y la identificación de algunos atributos ecológicos se reconocen como válida herramienta de gestión ecológica y ambiental tanto a nivel taxonómico y de bioindicación como en procesos de sensibilización ambiental.

La fauna bentónica hallada, indica una diversidad de organismos existente y adaptada a unas condiciones de funcionamiento de la corriente. Mediante la determinación taxonómica es revelador el registro de 164 géneros pertenecientes a 58 familias encontradas y distribuidas a lo largo del cauce principal de la quebrada Los Micos. Este resultado muestra la riqueza de estos organismos en la región, lo mismo que su diversidad que puede ser mayor a nivel de especie, ya que solamente se identificaron géneros en la mayoría de los casos, pues no existen descripciones de especies solamente con estadios inmaduros.

De estos invertebrados, para el orden Ephemeroptera se reportan por primera vez 14 géneros en el Huila, correspondientes a *Americabaetis*, *Apobaetis*, *Cloeodes Fallceon*, *Guajirolus*, *Nanomis*, *Paracloeodes*, *Varipes* y *Zelus* (de la familia Baetidae), *Haplohyphes*, *Traveryphe*, y *Vacupernius* (de la familia Leptohyphidae), *Farrodes* e *Hydrosmilodon* de la familia Leptophlebiidae.

Diptera, Trichoptera Coleoptera y Ephemeroptera fueron los grupos taxonómicos más abundantes y con mayor riqueza de géneros del estudio. Esta información junto con los indicadores bióticos y demás aspectos considerados en el análisis, permiten un avance en la identificación de la fauna acuática de la cuenca del río Las Ceibas y del Huila en general, así como de los atributos y características y conocimiento ecológico de esta comunidad.

Las condiciones ambientales establecen una dinámica de interacciones y flujos de materia y energía que están ligados a la naturaleza geológica y geomorfológica de la microcuenca, así como a la influencia humana con las actividades productivas y de conservación. Los grupos faunísticos analizados de manera más específica pueden explicar la forma de transformación del material aloctono y autóctono a lo largo de la quebrada, dando paso a condiciones que aunque con algún nivel de intervención agropecuaria y doméstica, posibilitan un desarrollo de organismos que representan variadas funciones metabólicas y alimentarias, lo cual se encuentra reflejado en los datos de riqueza y abundancia, distribución y composición, obtenidos teniendo en cuenta los sustratos disponibles en las estaciones de muestreo consideradas.

El conocimiento de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos es aplicable en el contexto escolar, siendo fortalecido mediante la combinación de estrategias pedagógicas teórico prácticas con acciones lúdicas que fortalecen en los estudiantes temas ambientales contextualizados a su realidad social y ambiental. Los estudiantes demostraron apropiación de los conceptos abordados, tanto en los comentarios hechos durante los talleres, como en la participación activa de un gran porcentaje de los estudiantes en las acciones prácticas (de campo, elaboración de cartelera y juegos de concentración).

Aunque se da cierta variabilidad de las composiciones y abundancias de los organismos más frecuentes en la corriente, se manifiesta una disponibilidad general de condiciones aptas para el desarrollo de la comunidad bentónica adaptada a los hábitats de la corriente, con indicadores bióticos que revelan mayor estabilidad ambiental en las estaciones ubicadas en el sector bajo de la microcuenca. Esto se corrobora además con la evaluación general de calidad del agua, a partir de los niveles de valoración encontrados con la aplicación de los índices fisicoquímicos, de calidad biológica, diversidad alfa y calidad del hábitat.

## 7. RECOMENDACIONES

Las relaciones ecológicas, atributos y características manifestados en la diversidad, riqueza numérica, presencia de organismos bioindicadores, condiciones de hábitat, conjugan un soporte valioso que debe considerarse de manera continuada en los procesos de educación ambiental que se desarrollan tanto al interior de la microcuenca como en todas las demás pertenecientes a la cuenca del río Las Ceibas.

En ese sentido, es importante que este tipo de estudios se pueda extender a otras microcuencas y subcuencas que permitan fortalecer el valor estratégico del río Las Ceibas como de otras cuencas en ordenación del Departamento del Huila.

Dado que el componente biótico a nivel del ecosistema acuático no está considerado en el Plan de ordenación de la cuenca del río Las Ceibas (a la cual pertenece la microcuenca de Los Micos), dentro del programa de uso y administración del recurso hídrico, es fundamental considerar su inclusión ante las instancias administrativas y comunitarias (como el Consejo de la cuenca) que toman las decisiones relacionadas con ajustes y complementaciones al plan de manejo.

Es viable profundizar la valoración del estado ecológico de la corriente mediante campañas de muestreo con mayor intensidad, frecuencia y ámbito geográfico que permitan el logro de objetivos cada vez más ajustados a las condiciones del ecosistema analizado.

En concordancia con lo anterior, pueden considerarse otras poblaciones acuáticas para conocer de manera más integral la estructura y dinámica de funcionamiento de los ecosistemas de corrientes.

El uso de métodos con enfoque ecológico que amplíen el ámbito de investigación a otros parámetros como la variabilidad de factores hidrológicos, otros grupos faunísticos acuáticos, cuantificación del caudal ecológico, calidad del agua apropiada para diversos usos sostenibles, deben considerarse para la mejor comprensión de la dinámica natural de funcionamiento e importancia ecológica del ecosistema.

Es importante emprender investigaciones orientadas a medir la eficacia de la conversión tecnológica, medidas de producción más limpia y buenas prácticas en los sistemas productivos, y sus implicaciones en la estabilidad ecológica del ecosistema acuático.

Dada la relevancia de la información generada y la que se puede complementar y profundizar, es importante considerarla como variable de análisis en la valoración de los incentivos por servicios ambientales que actualmente se desarrolla en la microcuenca de

la quebrada Los Micos, de manera que se logre una complementación de la gestión integral.

Como los resultados en este proyecto son el primer referente para la microcuenca, es importante establecer estudios que involucren cambios climáticos en esta microcuenca como en otras que conforman la cuenca hidrográfica del río Las Ceibas, con el fin de ampliar el conocimiento sobre componentes y funcionamiento de los sistemas acuáticos.

Es indispensable seguir fortaleciendo los procesos de educación ambiental que se realizan en la cuenca del río las Ceibas dentro del Plan de Ordenación y Manejo mencionado, con mecanismos de divulgación como guías ambientales o cartillas para socializar a la población educativa del área de influencia de la cuenca.

## BIBLIOGRAFIA

ALLAN J.D.1995. Stream ecology. Structure and Function of running waters.Chapman & Hall. Londres. 388p.

ALVAREZ., A.L; ARANGO, M.C., y G. ROLDAN. 2006. Diversidad de los macroinvertebrados dulceacuícolas en Colombia. En: Informe Nacional sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad. Tomo II, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. p.261-287.

ANGRISANO, E y J. SGANGA. 2009. Trichóptera. En: E. Domínguez & Fernández(eds.). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán (Argentina). Pp: 255-307.

APHA (American Public Health Association)-AWWA (American Water Works Association)-WPCF (Water Pollution Control Federation), 1992. Métodos Normalizados. Ed. Díaz de Santos, Madrid. 1725 p.

ARCHANGELSKY, M; MANZO, V; MiCHAT, M y P. TORRES. 2009. Coleóptera. En: Domínguez, E., & Fernández, H.R.(eds.). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán (Argentina). 2009. p. 411-468.

ARIAS, D.M, GUEVARA, C. G. y F. VILLA. 2007. Distribución espacial y temporal de los coleópteros acuáticos en la cuenca del río Coello (Tolima, Colombia). Caldasia 29 (1): 177-194.

ARIAS, D. Diversidad de coleópteros acuáticos en la cuenca del río Coello.Trabajo de grado (Biología). Ibagué: Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias Básicas. Programa de Biología. 2004. 132 p

BARRETO, V. G., REINOSO, F.G., GUEVARA C. G. y F. VILLA. 2005. Primer registro de Gripopterygidae (Insecta: Plecoptera) para Colombia. Caldasia, 27: 243-246.

BARRETO, V. G. Distribucion espacio-temporal de los plecopteros (Orden Plecóptera) en la cuenca del rio coello en el Departamento del Tolima. Trabajo de Grado (licenciado en Biología y Química). Ibagué: Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias. Programa de Licenciatura en Biología y Química. 2004. 124 p.

BARRIOS, M. M. 2004. Aspectos bioecológicos de los odonatos en la cuenca del río Coello Departamento del Tolima. Tesis de grado (Licenciado en Biología y Química). Ibagué: Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias de la Educación; Programa de Licenciatura en Biología y Química.

BEGON, M., COLIN, R.T y J. HARPER. 2006. Ecology from individuals to Ecosystems. Fourth Edition. Blackwell Publishing. 746 p.

BONADA, N., PRAT, N., RESH, V y B. STATZNER. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: A comparative analysis of recent approaches. Annu Rev. Entomol. 51: 495-523.

BONILLA, M.A y GUILLOT, G. 2003. Prácticas de ecología. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Departamento de Biología, sede Bogotá. Bogotá, 166 p.

CAM: Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, 2007. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Las Ceibas. Resumen Ejecutivo. Neiva. 108 p.

CAM-Fundación Patrimonio Natural. 2010. Convenio No 333 del 27 de diciembre de 2010. Implementación de un caso piloto de esquema de pagos y/o compensaciones por servicios ambientales en la Cuenca del Río Las Ceibas. Neiva-Huila. 10 p.

CAM-CODESIA. 2005. Priorización de cuencas hidrográficas de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. Informe ejecutivo. Neiva, 120 p.

CANTER, W. L. 1998. Manual de evaluación de impacto ambiental, técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. Segunda Edición. Mc Graw Hill. Madrid, España. 841 p.

CASTELLANOS, B. L. 2004. Distribución espacio temporal de los Hemípteros acuáticos en la cuenca del río Coello en el Tolima. Tesis de grado (Lic. Biología y Química). Ibagué: Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias. Programa de Licenciatura en Biología y Química. 123 p.

CASTRO, M. 2005. Emergencia de Efemerópteros de un río de montaña tropical. Tesis de maestría. Bogotá: Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. 123 p.

CAUPAZ, F. 2006. Estudio de los Coleópteros acuáticos de las cuencas de los ríos Prado y la parte baja de Amoyá en el Departamento del Tolima. Trabajo de grado (Biólogo). Ibagué: Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias Básicas. Programa de Biología. 200 p.

CHARÁ, J. 2004. Manual para la evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas. CIPAV, Segunda Edición. Cali. 76 p.

CIDEC. 1985. Estudio Integral de las subcuencas piloto de los ríos Las Ceibas y Yaguará. Universidad Surcolombiana, CIDEC, Neiva. 4 vol.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 115. (8, Febrero, 1994). Por la cual se expide la ley general de educación. Diario oficial. Bogotá.D.C.1994. p. 1-50.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 2002. Decreto 1729 de 2002. Bogotá. 7 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. 2012. Política Nacional para la gestión integral de la Biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Bogotá. 134 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE-IDEAM. Resolución 104 (7, Julio, 2003). Por la que se establecen los criterios y parámetros para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas. Bogotá. 2003. 6 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO. 1998. Reglamento de agua potable y saneamiento básico RAS/98. Bogotá.

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. 1984. Decreto 1594 de 1984. Bogotá. 100 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. Decreto 475 de marzo 10 de 1998. Normas técnicas de calidad del agua potable. Diario Oficial No. 43259. Bogotá, D.C. 1998. 18 p.

CONTRERAS, R.A. 2009. Megalóptera. En: E. DOMINGUEZ y FERNANDEZ, H.R(eds.) Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y Biología. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán (Argentina). P. 233-245.

COSCARON A., C. 2009. Díptera Simuliidae. Capítulo 12. En: DOMINGUEZ, E. y FERNANDEZ, H.R (eds.) Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán (Argentina). p. 365-381.

COSTA, C. I. S, & SIMONKA, C. (eds.). 2006. Insetos imaturos, metamorfose e identificacao. Holos Editora. 249 p.

CRISCI, B. V. BISPO, P. & FROEHLICH, C. 2007. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in two Atlantic rainforest streams, southeastern Brazil. Revista Brasileira de Zoologia, 24 (2):312-318.

CVC:(Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca) – UNIVALLE (Universidad del Valle). 2004. Proyecto de modelación del río Cauca, PMC FASE II, Estudio de la calidad del agua del río Cauca y sus principales tributarios mediante la aplicación de índices de calidad y contaminación. Volúmen X. Santiago de Cali. 158 p.

DIAS, G. L., ZUÑIGA, M. y BACCA, T. 2009. Estado actual del conocimiento del orden Ephemeroptera en Colombia. Manuscrito. Sin publicar.

DOMINGUEZ, E., MOLINERI, C., PESCADOR, M. L., HUBBARD, M. D. y NIETO, C. 2006. Ephemeroptera of South America. In: Adis, J., J. R. Arias, G. Rueda-Delgado & K. M. Wantzen (eds), Aquatic Biodiversity of Latin America, Vol. 2, Pensoft, Moscow and Sofia, 1-646p.

DOMINGUEZ, E.; MOLINERI, C. y NIETO, C. 2009. Ephemeroptera, Capítulo 3. En: E. Domínguez & Fernández (eds.). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y Biología. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán (Argentina). p. 55-93.

DOMÍNGUEZ, E. & FERNANDEZ, H.R. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, Sistemática y biología. San Miguel de Tucumán: Fundación Miguel Lillo. 656 p.

DOMÍNGUEZ, E. & FERNANDEZ, H.R. 2001 (eds). Guía para la determinación de macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, Investigaciones de la UNT, Ciencias Exactas y Naturales. Tucumán.

DONATO, J. C. 2008. Ecología de un río de montaña de los Andes Colombianos (Río Tota, Boyacá). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias-Colciencias. Primera Edición. Bogotá. 231 p.

DONATO, J.C. y GALVIS, G. 2008. Tipología de ríos colombianos, aspectos generales. Capítulo I. En: Ecología de un río de Montaña de los Andes Colombianos (Río Tota, Boyacá) Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias-COLCIENCIAS p. 27-51.

DODDS, W. 2002. Freshwater Ecology. Academic Press, San Diego. 569 p.

ELLENRIEDER, N. y GARRISSON, R.W. 2009. Odonata. Capítulo 4. En: DOMINGUEZ, E. y FERNANDEZ, H.R. (eds.). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán (Argentina). p. 341-364.

ESCOBAR, G. 1990. Curso de Insectos Inmaduros. Universidad del Valle, División de Ciencias del Departamento de Biología. Manuscrito no publicado.

ESCOBAR, G. M. 2011. Educación ambiental para la gestión integral del recurso hídrico en el municipio de Manizales. Trabajo de grado (Biólogo). Manizales: Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ciencias Biológicas. Programa de Biología. 66 p.

ESPINAL T. L. S. 1990. Notas ecológicas sobre el Huila. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 91 p.

ESTEVEZ, F. 1998. Fundamentos de Limnología. 2ª Edición. Rio de Janeiro. Interciencia. 602 p.

FAO, 2009. Proyecto Río Las Ceibas, una alianza estratégica, colectiva y participativa para su protección y producción sostenible. Neiva, 120 p

FERNÁNDEZ, H.R., ROMERO, F., VECE, M.B., MANZO, V., NIETO, C. & ORCE, M. 2002. Evaluación de tres índices bióticos en un río subtropical de montaña (Tucumán-Argentina). *Limnética* 21(1-2): 1-13. Consultado el 28 de septiembre de 2012 en: [http://www.limnetica.com/Limnetica/limne21a/L21a1\\_Indices.bioticos.Tucuman.Argentina.pdf](http://www.limnetica.com/Limnetica/limne21a/L21a1_Indices.bioticos.Tucuman.Argentina.pdf)

FERREIRA, L.M. 2005. Índice de qualidade de água para a bacia do rio Formoso: uma proposta. Trabajo de grado (Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais) Mato Grosso Do Sul: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Centro de ciencias exatas e tecnologia. Programa de pós graduação em tecnologias ambientais. 127 p.

FIGUEROA, R., VALDOVINOS, C., ARAYA, E. y PARRA, O. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 75:275-285.

FRANCA, J., ANDRADE, C., FONTENELE, A.C., SANTOS, R.C., RIBEIRO, A. y M. CALLISTO. 2010. Atividades de educação ambiental com comunidades do entorno do RVS Mata do Junco, Capela, SE. En: *III Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe (24-26; março: Aracaju-SE)*. 4 p.

FROELICH, C. G. 2009. Plecoptera. En: DOMINGUEZ, E. y FERNANDEZ, H. (eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán (Argentina). p. 144-165.

GARZON, S. C. y E. REALPE. 2009. Diversidad de Odonata (Insecta) en la Reserva Natural Cabildo Verde (Sabana de Torres—Santander, Colombia), una aproximación hacia la conservación. *Laboratorio de Zoología y Ecología Acuática (LAZOEa)*, Universidad de los Andes. Bogotá. *Caldasia* 31(2): 459-470.

GONZALEZ, R. 1995. Heteróptera acuática. Curso de Insectos Acuáticos. Universidad del Valle, Departamento de Biología. Manuscrito sin publicar. 22p.

GONZALEZ, G. S. M. y RAMIREZ, Y.P. 2011. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y morfometría como potencial herramienta bioindicadora. Trabajo de grado (Biólogo). Manizales: Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Ciencias Biológicas. 70 p.

GUEVARA, M. 2011. Insectos acuáticos y calidad del agua en la Cuenca y embalse del río Peñas Blancas, Costa Rica. En: Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 59 (2): 635-654.

GUEVARA, G. 2004. Análisis faunístico del orden Trichoptera en su estado larval en la cuenca del río Coello Departamento del Tolima. Trabajo de Grado (Maestría en Ciencias Biológicas), Ibagué: Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias. 195 p.

GUTIÉRREZ, C. y G. REINOSO. 2010. Géneros de ninfas del orden Ephemeroptera (Insecta) del departamento del Tolima, Colombia: listado preliminar. Biota Colombiana 11 (1 y 2): 23-32.

HIDRI. 2006. Protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos. Agencia Catalana del agua, Barcelona. 59 p.

HIDROTEC – CAM. 1996. Plan de ordenación y manejo de la cuenca alta del Río Magdalena. HIDROTEC, Bogotá. 5 vol.

HORTON, R., 1965. An Index Number System for rating Water Quality. Jour of Wpcf. Vol 37.

IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2010. Boletines Informativos sobre monitoreo del Fenómeno del Niño abril a mayo de 2010. Consultado el 28 de septiembre de 2012 en: <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/jsp/loader.jsf?id=894&IServicio=Publicaciones&IFuncion=loadContenidoPublicacion&ITipo=publicaciones&d-49700-p=4>

IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2011. Boletines Informativos sobre monitoreo del Fenómeno de la Niña mayo a junio de 2011. Consultado el 28 de septiembre de 2012 en: <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/jsp/loader.jsf?id=894&IServicio=Publicaciones&IFuncion=loadContenidoPublicacion&ITipo=publicaciones&d-49700-p=2>

IDEAM, 2010. Estudio Nacional del agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá. 253 p.

INSTITUTO MI RIO. 1997. Aspecto biológico y físico químico del río Medellín. Instituto para el Manejo Integral de la Cuenca del Río Medellín- MI RIO, Medellín. 184 p.

KAGALOU, I., ECONOMIDIS, G., LOANNIS, L., PAPALOUKAS, C. 2006. Assessment of a Mediterranean shallow lentic ecosystem (Lake Pamvotis, Greece) using benthic community diversity: Response to environmental parameters. Limnologica 36: 269-278.

KALFF, J. 2003. Limnology: Inland water ecosystems. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 592 p.

LACROIX, G. 1992. Lagos y ríos: medios vivos. Plural Ediciones S.A. Barcelona, España, 255 p.

LANCASTER, J. 1999. Small-scale movements of lotic macroinvertebrates with variations in flow. *Freshwater Biol.* 41: 605-619.

LATORRE, B.I., MONTAÑO, F.M., RINCON, H. M. E. 2006. Comunidad de insectos acuáticos del río Dulce (Villete, Cundinamarca). *Rev. U.D.C.A, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.* Año 9 No 1; 151-161.

LAYTHON, M. 2003. Caracterización de macroinvertebrados acuáticos en los ríos Arzobispo y San Cristobal (Cerros Orientales Bogotá-Colombia), en la misma franja altitudinal y con énfasis en Chironomidae (Díptera). Trabajo de grado (Biólogo), Bogotá, D.C: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 125 p.

LENNTech, 2011. Estándares de calidad del agua de la Organización Mundial de Salud OMS y de la Unión Europea. Lenntech, Water Treatment Solutions. Consultado el 19 de agosto de 2012. En: <http://www.lenntech.es/tabla-comparativa-estandares-oms-ue.htm>

LIEVANO A. & OSPINA. R. 2007. Guía ilustrada de los macroinvertebrados acuáticos del río Bahamón. Primera Edición. Universidad el Bosque e Instituto Alexander Von Humboldt, Bogotá, D.C. Colombia. 130 p.

LIZARRALDE de G, M. 2009. Díptera: Generalidades. En: DOMINGUEZ, E. y FERNANDEZ (eds). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán (Argentina). p. 341-364.

LONDOÑO, A.C. 2001. Cuencas Hidrográficas: bases conceptuales-caracterización, planificación-administración. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal, Departamento de Ingeniería. Ibagué (Tolima). 359 p. consultado el 30 de septiembre de 2012 en: [http://desarrollo.ut.edu.co/tolima/hermesoft/portal/home\\_1/rec/arc\\_8459.pdf](http://desarrollo.ut.edu.co/tolima/hermesoft/portal/home_1/rec/arc_8459.pdf)

LOPEZ DELGADO, E.O. 2007. Analisis faunístico de las larvas del orden Trichóptera en la Cuenca del Río Prado y la subcuenca del Amoya en el Departamento del Tolima. Trabajo de grado (Biólogo). Ibagué: Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Biología.

MACHADO, T.A. 1989. Distribución ecológica e identificación de los coleópteros en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. Tesis de grado (Biólogo). Medellín: Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 324 p.

MANCILLA, G., VALDOMINOS, C., AZOCAR, M., JORQUERA, P., y R. FIGUEROA. 2009. Efecto del reemplazo de la vegetación nativa de ribera sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en arroyos de climas templados, Chile central. *Hidrobiológica* 19 (3): 193-203.

MARGALEF, R. 1983. Limnología. Barcelona: Ediciones Omega S.A. 1010 p.

MAZZUCONNI, S., LOPEZ, M., y A. BACHMANN. 2009. Hemiptera-Heteroptera: Gerromorpha y Nepomorpha. En: DOMINGUEZ, E. y FERNANDEZ, H. (eds.). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán (Argentina). p: 167-231.

MANZO, V. & ARCHANGELSKY, M. 2008. A key to the known larvae of South American Elmidae (Coleoptera: Byrrhoidea), with a description of the mature larva of *Macrelmis saltensis* Manzo. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* 2008, 44 (1), 63-74.

MANZO, V. 2005. Key to the South America genera of Elmidae (Insecta: Coleoptera) with distributional data. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, December; 40(3): 201 – 208.

McCAFFERTY, W.P. 1981. Aquatic Entomology. Jones and Bartlett Publishers. E.U.A. 448 p.

MERRITT, R.W; CUMMINS, K.W. y M.B. BERG. 2008. An introduction to the aquatic insects of North America, 4a Edn. Kendall Hunt, Dubuque, Iowa, 1218 p.

NEEDHAN, J. y NEEDHAN, P. 1982. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Reverté, Barcelona, España.

NELSON, S.M y D.M. LIEBERMAN. 2002. The influence of flow and other environmental factors on benthic invertebrates in the Sacramento River, U.S.A. *Hydrobiologia* 489: 117-129

NSF. 1970. Basin Water Quality Information References. National Sanitation Foundation Water Quality Index.

ORDOÑEZ, A., M.V. 2011. Influencia del uso del suelo y la cobertura vegetal natural en la integridad ecológica de los ríos altoandinos al noreste de Ecuador. Trabajo de grado

(Maestría en Ecología con mención en manejo de recursos naturales). Quito: Universidad San Francisco de Quito. Colegio de Postgrados. 45 p.

OSPINA, R., RISS, W. y RUIZ, L. 1999. Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (Diptera: Chironomidae) de la Sabana de Bogotá. I. Subfamilia. En: AMAT, G. ANDRADE, y G. FERNANDEZ, F. Insectos de Colombia. Volumen II. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Alvarez Lleras No 13. Bogotá, Colombia. p.363-383.

PAGGI, C. A. 2009. Díptera Chironomidae. En: DOMINGUEZ, E. y FERNANDEZ, H.R. (eds.). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, Sistemática y Biología, Fundación Miguel Lillo. p. 384-409.

PARRA, T. T. 2008. Estudio de los Hemípteros (Hemiptera: Heteroptera) de la cuenca del río Totare (Tolima-Colombia), taxonomía, distribución, diversidad y algunos aspectos ecológicos. Tesis de grado (Bióloga). Ibagué: Universidad Surcolombiana, Facultad de Ciencias. Programa de Biología.

Patrimonio Natural – FAO - Cuchiyuyo. 2010. Diseño del esquema funcional de compensaciones e incentivos por servicios ambientales para la microcuenca Los Micos - Cuenca las Ceibas, municipio de Neiva, departamento del Huila. 138 p.

PINHEIRO, S.M., FERRAZ DE QUEIROZ, J. y BOEIRA, R.C. 2004. Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos. Comunicado Técnico 19. Brasil. Ministerio de Agricultura.

PINILLA, G. 1998. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia, Compilación bibliográfica. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 67 p

POSADA, J y ROLDAN, G. 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el Nor-Occidente de Colombia. Caldasia 25 (1): 169-192.

POVEDA, G. 2004. Caudales mínimos en Colombia: relaciones macroclimáticas, escalamiento y balances hidrológicos. En: Seminario Internacional sobre eventos extremos mínimos en regímenes de caudales: diagnóstico, modelamiento y análisis. Medellín. 11 p.

PRAT, N., RÍOS, B., ACOSTA, R. y M. RIEREDEVALL. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. Capítulo 20. En: DOMINGUEZ, E. y FERNANDEZ, H.R. (eds.). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán (Argentina), p. 631-654.

PRAT, N., RÍOS, B., RIEREDEVALL, M. & ACOSTA, R. 2011. Versión 7. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. Guía para el

reconocimiento de las larvas de chironomidae (Diptera) de los ríos Altoandinos de Ecuador y Perú; Clave par la determinación de los géneros. Grupo de Investigación F.E.M. Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona. Versión 7 Julio 2011. Proyectos de investigación CERA, FUCARA y BIQUARA. Con el auspicio de la AECID y el MCYT de España, 78 p.

PROVENCHER, M., y LAMONTAGNE, J. 1979. A Method for Establishing a Water Quality Index for Different Uses. Gouvernement Du Québec, Ministère Des Richesses Naturelles, Le Service De La Qualité Des Eaux. Bibliothèque Nationale Du Québec.

RAMIREZ, A., RESTREPO, R. y CARDEÑOSA, M. 1999. Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. Formulación. Ciencia, Tecnología y Futuro ECOPETROL 1 (5): 89-99.

RAMIREZ, A. y V. VIÑA. 1998. Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Impresión Panamericana. Bogotá, 293 p.

RAMIREZ, A., RESTREPO, R., VIÑA, G., 1997. Cuatro Índices de Contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación. Ciencia, Tecnología y Futuro 1(3): 135-153.

RAMIREZ, G. A. 2006. Ecología, Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Colección Biblioteca del Profesional. 271 p.

REINOSO, F. G., VILLAN, F.A., ESQUIVEL, H. E., GARCIA M, J.E. y VEJARANO, M.A. 2008a. Biodiversidad Faunística y Florística de la cuenca mayor del río Saldaña (subcuenca Anamichú) - Biodiversidad Regional Fase IV. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

REINOSO-FLOREZ, G., VILLA, F.A., ESQUIVEL, H. E., GARCIA, J.E. y VEJARANO, M.A. 2008b. Biodiversidad Faunística y Florística de la Cuenca del río Lagunillas - Biodiversidad Regional Fase IV. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

RESH V. y ROSEMBERG, D (Editores) 1984. The Ecology of Aquatic Insects. Praeger. New York, E.U.

RISS, W.; OSPINA, R. y GUTIERREZ, J.D. 2000. Establecimiento de valores de bioindicación para macroinvertebrados acuáticos de la Sabana de Bogotá. CALDASIA ISSN: 0366-5232. 24(1):135-156.

ROJAS, J. 2008 Fundamentos de Calidad del agua. LAUS-Universidad Surcolombiana. Neiva, 333 p.

- ROLDÁN, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia., Bogota, Colombia. 216 p.
- ROLDÁN, G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebradosacuaticos del Departamento de Antioquía. El Fondo para la Protección del Medio Ambiente “José Celestino Mutis”. Bogotá, Colombia. 275p.
- ROLDÁN. G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col, Editorial Universidad de Antioquia. Primera Edición. Medellín.170 p.
- ROLDÁN, G. & J. J. RAMIREZ. 2008. Fundamentos de Limnología Neotropical, 2a ed. Medellín: Acefyn, UCO, Universidad de Antioquia. 440 pp.
- ROMERO, R, J.A. 2002. Calidad del agua. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá. 410 p
- SÁNCHEZ, M., ROJAS P, J. y ZAMBRANO, S. H. 2000. Evaluación del recurso hídrico y de la estructura y función del ecosistema acuático del Alto Magdalena en el Huila, Neiva. 108 p.
- SÁNCHEZ, M., Olaya, A., Rojas J. y H. ZAMBRANO. 2001. Aproximación al ecosistema acuático del Alto Magdalena en el Huila. Neiva: Universidad Surcolombiana. 108 p.
- SÁNCHEZ, M. y A. C. HENDRICKS, 1997. Life history and secondary production of Cheumatopsyche spp. in a small Appalachian stream with two different land uses on its watershed. *Hydrobiologia* 354: 127-139
- SÁNCHEZ, M., LEÓN, V., ROJAS, J y VARGAS. R. 2006. Calidad de agua, invertebrados y bioindicación en el río Magdalena en el norte del departamento del Huila. *Revista Entornos* No 19, p. 114-121.
- SANCHEZ, H. M. 2006. Estructura de la población de *Polythore procera* (Odonata: Polythoridae) residente en la quebrada la Catira, vereda Monterredondo (Municipio de Guayabetal, Cundinamarca). Trabajo de grado (Biología). Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Biológicas. 55 p.
- SÁNCHEZ, M., OLAYA, A. y LEÓN, V. 2004. Caracterización de fauna acuática en el río Magdalena y evaluación de cuencas hidrográficas de importancia en el norte del Huila. Vol 2. Cuenca del río Baché y microcuenca de la quebrada La Toma. Neiva: Universidad Surcolombiana. 108 p.
- SÁNCHEZ, M. 1987. Estudio de dinámica ecológica en comunidades de insectos bentónicos del río las Ceibas. Trabajo de grado (Magíster en Biología área Ecología). Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias, Escuela de Postgrado en Ciencias Biológicas. 168 p.

SÁNCHEZ, M. y J. PEREA. 1990. Calidad de agua y relaciones ecológicas en quebradas del sur del Huila. Rev. Entorno. No 4: 26-34.

SÁNCHEZ, O, L. 2004. Distribución espacio-temporal de los dipteros acuáticos (Insecta) en la cuenca del río Coello. Trabajo de grado (Biólogo). Ibagué: Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Biología.

SEGNINI, S. 2003. El Uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Ecotropicos 16: 45-63.

SERVICIO NACIONAL DE ESTUDIOS TERRITORIALES, SNET, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales El Salvador. Cálculo del ICA. En: <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>

SMITH, R. L. y SMITH, T.M. 2008. Ecología, 5a edición. Madrid: Pearson educación. 670 p.

SPRINGER, M. 2006. Clave taxonómica para larvas del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. Rev. Biología Tropical. 54: 273-286

STEHR, F. 1987. Inmature Insects. Volume 1, Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa. E.U.

STONE, M., M. WHILE., WEBBER, J., WILLARD, K. & J. REEVES, J. 2005. Macroinvertebrate Communities in Agriculturally Impacted Southern Illinois Streams: Patterns with Riparian Vegetation, Water Quality, and In-Stream Habitat Quality. *Journal of Environmental Quality* 34: 907-917.

TAOWU, M., QINGHUI, H., HAI, W., ZIJIAN, W., CHUNZIA, W. y H. SHENGBIAO. 2008. Selection of benthic macroinvertebrate-based multimetrics and preliminary establishment of biocriteria for the bioassessment of the water quality of Taihu Lake, China. In: ACTA ECOLOGICA SINICA, 28(3), 1192-1200.

TRIPLEHORN, C & JHONSON, N. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Seventh Edition. Thompson Brooks/Cole, Davis Drive, Belmont, CA., USA.

UNESCO-PNUMA, 1997. Actividades de educación ambiental para las escuelas primarias. Programa Internacional de Educación Ambiental. Serie 21. Santiago de Chile, 99 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ. 2012. Curso Cultura y Ambiente. Dirección Nal. de servicios académicos virtuales. Consultado en: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/2007225/lecciones/capitulo1/10-soportes.htm>, el día 23 de agosto de 2012.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. 2008. Metodología para la estimación del caudal ambiental en proyectos licenciados. Facultad de Ingeniería, Dpto de Ingeniería Civil y Agrícola. Grupo de Investigación en recursos hídricos GIREH, Informe Final, Contrato No.

0076- 08 del Convenio Interadministrativo OEI –MAVDT No 004/07 de 2007 Bogotá D.C. 135 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. 2006. Informe final: Zonificación de la torrencialidad y diseño de un sistema de seguimiento y pronóstico para la cuenca del río Las Ceibas Huila.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1996a. Environmental indicators of water quality in the United States. EPA 841-R-96-002. Washington D.C.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1996b. Revision to rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: periphyton benthic macroinvertebrates and fish. Washington D.C.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1997. Environmental monitoring and assessment program. Washington D.C.

VILLADA, B. X. 2010. Riqueza y composición de macroinvertebrados acuáticos en estaciones con diferentes impactos en la quebrada Tolda Fría-la María. Trabajo de grado (biólogo). Manizales: Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Programa de Biología.

VASQUEZ, J.M. y RAMIREZ, D, F. 2008. Aspectos bioecológicos del orden Trichoptera en su estado larval en la cuenca del río Totare del Departamento del Tolima. Trabajo de grado (Biología). Ibagué: Universidad del Tolima, Facultad de ciencias Básicas. Programa de Biología.

WALTEROS R, J. y PAIBA, A. J.E. 2010. Estudio Preliminar de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la reserva forestal Torre cuatro. En: Bol.Cient.mus.his.nat. 14 (1): 137-149.

ZONNEVELDT, I.S. 1983. Principles of bio indication. Environmental Monitoring and Assessment. 3 (3-4): 207-217.

ZÚÑIGA, M. del C., DIAS, L., MARTINEZ, D., ZABALA, G., and BACCA, T. 2009. 'The first record of *Claudioperla* Illies (Plecoptera: Gripopterygidae) from Colombia', Aquatic Insects, 31: 1, 743 — 744

ZÚÑIGA, M del C. 2010. Diversidad, distribución y ecología del orden Plecoptera (Insecta) en Colombia, con énfasis en *Anacroneuria* (Perlidae). Momentos de Ciencia. Universidad de la Amazonía. 7: (2).

ZUÑIGA, M del C. 2001. Los insectos como modelos biológicos en estudios de conservación. En: Memorias I Congreso Colombiano de Zoología. Bogotá, p.247-257.

ZUÑIGA, M. del C., ROJAS M. y MOSQUERA, S. 1997. Biological aspects of Ephemeroptera in Rivers of Southwestern Colombia (South America). P. Landolt y M. Sartori (Eds). Ephemeroptera y Plecoptera: Biology-Ecology-Systematics. 261-268.

ZUÑIGA, M del C. 1984. Contaminación de corrientes acuáticas. Universidad del Valle, Santiago de Cali. 124 p.

# ANEXOS

ANEXO 1  
Métodos de análisis de parámetros físicoquímicos y microbiológicos

| Parámetro                   | Unidad de Medida     | Método                                   |
|-----------------------------|----------------------|------------------------------------------|
| Oxígeno Disuelto            | mg OD/L              | SM 20-4500-O C - y Winkler titulométrico |
| Alcalinidad                 | mg/L                 | SM 20-2320-B                             |
| DBO <sub>5</sub>            | mg/L                 | SM 20 5210 B                             |
| Caudal                      | LPS                  | Molinete (Aforo) y pin pon               |
| Coliformes Fecales          | NMP                  | SM 20 9221 F                             |
| Coliformes Totales          | NMP                  | SM 20 9221 B,C                           |
| Color                       | UPC                  | SM 20 2120 C                             |
| Conductividad               | umhos/cm             | SM 20 2510 B                             |
| Cloruros                    | mg/L                 | SM 20 4500 -Cl B                         |
| Dureza Total                | mg/L                 | SM 20 2340 B                             |
| Fosforo Total               | mg/L                 | SM 20 4500 PB,D                          |
| Nitratos                    | mg/L NO <sub>3</sub> | SM 20 4500 NO <sub>3</sub> E             |
| pH                          | unidades pH          | SM 20 4500 - H+ B                        |
| Solidos Totales             | mg/L                 | SM 20 4500 -NO <sub>3</sub> E            |
| Solidos Disueltos totales   | mg/L                 | SM 20 2540 C                             |
| Solidos Suspendidos Totales | mg/L                 | SM20 2540 D                              |
| Sulfatos                    | mg/L SO <sub>4</sub> | SM 20 4500 - SO <sub>4</sub> D,E         |
| Temperatura                 | °C                   | Electrométrico                           |
| turbidez                    | Unidades NTU         | SM 20 2130 B                             |

## ANEXO 2. Caracterización y valoración de calidad del hábitat

| REGISTRO DE CAMPO PARA CALIDAD DE HÁBITAT    |                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |                                                                                                                                                                                                                |   |   |   |   |                                                                                                                                                                                                                        |    |    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |    |    |    |    |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|
| PARA QUEBRADAS DE ALTO GRADIENTE             |                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |                                                                                                                                                                                                                |   |   |   |   |                                                                                                                                                                                                                        |    |    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |    |    |    |    |
| PARAMETRO DEL HABITAT                        | CONDICION                                                                                                                                                                           |   |   |   |   |                                                                                                                                                                                                                |   |   |   |   |                                                                                                                                                                                                                        |    |    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |    |    |    |    |
|                                              | POBRE                                                                                                                                                                               |   |   |   |   | MARGINAL                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   | SUBÓPTIMO                                                                                                                                                                                                              |    |    |    |    | ÓPTIMO                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |    |    |    |    |
| 1.Sustrato disponible para colonización      | Menos del 10% de hábitat estable; escasez de hábitat evidente; sustrato inestable o no existente.                                                                                   |   |   |   |   | 10-30% de mezcla de hábitat estable; disponibilidad de hábitat baja; sustrato frecuentemente removido o perturbado.                                                                                            |   |   |   |   | 30-50% mezcla de hábitats estables, adecuados para colonización total; hábitat adecuado para mantenimiento de poblaciones; presencia de sustrato adicional en recientemente caído (puede quedar al final de la escala) |    |    |    |    | más del 50% del sustrato favorable para colonización de epifauna y cobertura para peces: mezcla de “obstáculos”, troncos, huecos en la orilla, piedras y otros hábitats estables y en un estado que permitan un total potencial de colonización (que no sean nuevos o transitorios). |    |    |    |    |    |
| PUNTAJE                                      | 0                                                                                                                                                                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5                                                                                                                                                                                                              | 6 | 7 | 8 | 9 | 10                                                                                                                                                                                                                     | 11 | 12 | 13 | 14 | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 2. Colmatación de espacios entre las piedras | la grava y las piedras están rodeadas en más de un 75% por sedimento fino                                                                                                           |   |   |   |   | 50 a 75% de la grava y las piedras están rodeadas por sedimento fino                                                                                                                                           |   |   |   |   | 25 a 50% de la grava y las piedras están rodeadas por sedimento fino                                                                                                                                                   |    |    |    |    | 0 a 25% de la grava y las piedras están rodeadas por sedimento fino. Las capas de piedras y grava proveen diversidad de espacios para la biota                                                                                                                                       |    |    |    |    |    |
| PUNTAJE                                      | 0                                                                                                                                                                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5                                                                                                                                                                                                              | 6 | 7 | 8 | 9 | 10                                                                                                                                                                                                                     | 11 | 12 | 13 | 14 | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 3. Combinaciones de velocidad y profundidad  | Dominado sólo por una combinación                                                                                                                                                   |   |   |   |   | Sólo dos de las cuatro combinaciones se encuentran presentes. Si faltan zonas bajas-rápidas, y bajas-lentas se da menor puntaje.                                                                               |   |   |   |   | Sólo tres de las cuatro combinaciones se encuentran presentes. Si faltan zonas bajas rápidas, se da menor puntaje que si faltan otras combinaciones.                                                                   |    |    |    |    | Todas las combinaciones presentes (profundas-rápidas, profundas lentas, bajas -rápidas, bajas lentas)                                                                                                                                                                                |    |    |    |    |    |
| PUNTAJE                                      | 0                                                                                                                                                                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5                                                                                                                                                                                                              | 6 | 7 | 8 | 9 | 10                                                                                                                                                                                                                     | 11 | 12 | 13 | 14 | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 4. Deposición de sedimentos                  | Grandes depósitos de material fino, mayor desarrollo de acumulaciones; más del 50% del fondo cambiando frecuentemente. Piscinas casi ausentes debido a la deposición de sedimentos. |   |   |   |   | Deposición moderada de nueva grava, arena o sedimento fino, o nuevas y viejas acumulaciones; 30-50% del fondo afectado; depósitos de sedimento en las obstrucciones o curvas; deposición moderada en piscinas. |   |   |   |   | Nuevo incremento en la acumulación, principalmente de grava, arena o sedimento fino; 5-30% del fondo afectado; leve deposición en piscinas.                                                                            |    |    |    |    | Poco o ningún incremento de islas o acumulaciones; menos del 5% del fondo afectado por deposición de sedimentos.                                                                                                                                                                     |    |    |    |    |    |
| PUNTAJE                                      | 0                                                                                                                                                                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5                                                                                                                                                                                                              | 6 | 7 | 8 | 9 | 10                                                                                                                                                                                                                     | 11 | 12 | 13 | 14 | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 5. Alteración del cauce                      | Bancos modificados con gavión o cemento; mas del 80% del tramo canalizado y modificado. Estructuras del hábitat altamente alteradas o eliminadas totalmente.                        |   |   |   |   | Canalización puede ser extensiva; estructuras presentes en ambos lados del canal; y 40 a 80% del tramo canalizado y modificado.                                                                                |   |   |   |   | Alguna canalización presente, usualmente bajo puentes; evidencia de canalización en el pasado. No hay evidencia de canalización reciente.                                                                              |    |    |    |    | Canalización o drenaje ausente o mínima; corriente con patrón normal.                                                                                                                                                                                                                |    |    |    |    |    |
| PUNTAJE                                      | 0                                                                                                                                                                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5                                                                                                                                                                                                              | 6 | 7 | 8 | 9 | 10                                                                                                                                                                                                                     | 11 | 12 | 13 | 14 | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 6. Frecuencia de áreas con turbulencia       | Agua sin turbulencias. La proporción de la distancia entre áreas con turbulencia y ancho de la quebrada es mayor de 25:1.                                                           |   |   |   |   | Turbulencias o curvas ocasionales. La proporción distancia entre áreas con turbulencia y ancho de la quebrada es entre 15:1 y 25:1.                                                                            |   |   |   |   | Ocurrencia de turbulencias no tan frecuente. La proporción entre distancias áreas con turbulencia y ancho de la quebrada es entre 7:1 y 15:1.                                                                          |    |    |    |    | Ocurrencia de turbulencias relativamente frecuentes. La proporción distancia entre áreas con turbulencia y ancho de la quebrada es menor de 7:1                                                                                                                                      |    |    |    |    |    |

## Continuación Anexo 2.

|                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7. Estabilidad de orillas (puntaje para cada lado). Los bancos derechos e izquierdo se determinan mirando aguas abajo) | Inestable; muchas áreas erosionadas. Áreas de erosión abierta frecuentes; Evidente desmoronamiento de la orilla. 60-100% de la orilla presenta focos de erosión actual o reciente.       | Moderadamente inestable. 30-60% de la orilla en el tramo tiene áreas de erosión; alto potencial de erosión durante crecientes.                                                                                          | Moderadamente estable. Áreas de erosión pequeñas poco frecuentes y reparadas. 5-30% de la orilla tiene algunas áreas de erosión.                                                                                                                                      | Orillas estables mínima o ninguna evidencia de erosión o falla. Poco potencial para futuros problemas. Menos del 5% de la orilla afectada.                                                                                                                                |
| 'PUNTAJE Margen Derecho                                                                                                | 0 1 2 3 4 5                                                                                                                                                                              | 6 7 8 9 10                                                                                                                                                                                                              | 11 12 13 14 15                                                                                                                                                                                                                                                        | 16 17 18 19 20                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 'PUNTAJE Margen Izquierdo                                                                                              | 0 1 2 3 4 5                                                                                                                                                                              | 6 7 8 9 10                                                                                                                                                                                                              | 11 12 13 14 15                                                                                                                                                                                                                                                        | 16 17 18 19 20                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 8. Protección vegetal de las orillas                                                                                   | Menos del 50% de las superficies de la orilla cubiertas por vegetación; muy alta perturbación de la vegetación de la orilla; la vegetación ha sido cortada hasta 5 cm o menos en altura. | 50-70% de las superficies de la orilla cubiertos por vegetación; perturbación evidente; son comunes los parches de suelo descubierto o vegetación a ras; plantas con menos de la mitad de la altura potencial presente. | 70-90% de las superficies de la orilla cubiertas por vegetación nativa, pero una clase de plantas no está bien representada; perturbación evidente pero no afecta mayormente el crecimiento normal de las plantas; plantas con más de la mitad de la altura potencial | Más del 90% de las superficies de la orilla y la zona ribereña inmediata cubiertas por vegetación nativa incluyendo árboles, arbustos y macrófitas; perturbación de la vegetación a través de pastoreo o corte, mínima o no evidente. Crecimiento natural de las plantas. |
| 'PUNTAJE Margen Derecho                                                                                                | 0 1 2 3 4 5                                                                                                                                                                              | 6 7 8 9 10                                                                                                                                                                                                              | 11 12 13 14 15                                                                                                                                                                                                                                                        | 16 17 18 19 20                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 'PUNTAJE Margen Izquierdo                                                                                              | 0 1 2 3 4 5                                                                                                                                                                              | 6 7 8 9 10                                                                                                                                                                                                              | 11 12 13 14 15                                                                                                                                                                                                                                                        | 16 17 18 19 20                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 9. Zona de vegetación ribereña                                                                                         | Ancho de la zona ribereña menos de 6 m.; Poca o ninguna vegetación ribereña.                                                                                                             | Ancho de la zona ribereña de 6 a 12 m.; Impacto considerable de actividades humanas.                                                                                                                                    | Ancho de la zona ribereña de 12 a 18 m.; mínimo impacto de actividades humanas.                                                                                                                                                                                       | Ancho de la zona ribereña mayor de 18 m.; ningún impacto por actividades humanas (corte, agricultura, carreteras, etc.)                                                                                                                                                   |
| 'PUNTAJE Margen Derecho                                                                                                | 0 1 2 3 4 5                                                                                                                                                                              | 6 7 8 9 10                                                                                                                                                                                                              | 11 12 13 14 15                                                                                                                                                                                                                                                        | 16 17 18 19 20                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 'PUNTAJE Margen Izquierdo                                                                                              | 0 1 2 3 4 5                                                                                                                                                                              | 6 7 8 9 10                                                                                                                                                                                                              | 11 12 13 14 15                                                                                                                                                                                                                                                        | 16 17 18 19 20                                                                                                                                                                                                                                                            |
| PUNTAJE TOTAL                                                                                                          | 0 1 2 3 4 5                                                                                                                                                                              | 6 7 8 9 10                                                                                                                                                                                                              | 11 12 13 14 15                                                                                                                                                                                                                                                        | 16 17 18 19 20                                                                                                                                                                                                                                                            |

ANEXO 3. Escalas de valoración de ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN (Ramirez et al, 1997)

| INDICE | ESCALA             | CALIDAD DEL AGUA<br>(Indicador) |
|--------|--------------------|---------------------------------|
| ICOMI  | 0.0-0.2            | Muy buena                       |
|        | 0.2-0.4            | Buena                           |
|        | 0.4-0.6            | Media                           |
|        | 0.6-0.8            | Mala                            |
|        | 0.8-1.0            | Muy mala                        |
| ICOMO  | 0.0-0.2            | Muy buena                       |
|        | 0.2-0.4            | Buena                           |
|        | 0.4-0.6            | Media                           |
|        | 0.6-0.8            | Mala                            |
|        | 0.8-1.0            | Muy mala                        |
| ICOSUS | 0.0-0.2            | Muy buena                       |
|        | 0.2-0.4            | Buena                           |
|        | 0.4-0.6            | Media                           |
|        | 0.6-0.8            | Mala                            |
|        | 0.8-1.0            | Muy mala                        |
| ICOTRO | Menor de 0.01 mg/L | Oligotrofia                     |
|        | 0.01-0.02 mg/L     | Mesotrofia                      |
|        | 0.02-1.00 mg/L     | Eutrofia                        |
|        | Mayor de 1.00 mg/L | Hipereutrofia                   |

ANEXO 4. Abundancia y riqueza espacio temporal de los macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Los Micos.

| PHYLUM     | CLASE   | ORDEN      | FAMILIA           | Estación de Muestreo | N/miento Micos |        | Micos Palestina |        | Micos Floragaita |        | Castañal Micos |        | Bahamón Micos |        | Dy dura Micos |        | Σ   | %    |
|------------|---------|------------|-------------------|----------------------|----------------|--------|-----------------|--------|------------------|--------|----------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|-----|------|
|            |         |            |                   | fecha de muestreo    | M-2010         | M-2011 | M-2010          | M-2011 | M-2010           | M-2011 | M-2010         | M-2011 | M-2010        | M-2011 | M-2010        | M-2011 |     |      |
|            |         |            |                   | Rótulos de fila      | Nac10          | Nac11  | Pal10           | Pal11  | Flo10            | Flo11  | Cas10          | Cas11  | Bah10         | Bah11  | Des10         | Des11  |     |      |
| ARTHROPODA | INSECTA | TRICOPTERA | Hydropsychidae    | Smicridea            | 62             | 48     | 82              | 24     | 63               | 158    | 163            | 26     | 79            | 41     | 69            | 3      | 818 | 8,51 |
|            |         |            |                   | Leptonema            | 14             | 15     | 95              | 6      | 26               | 7      | 19             | 0      | 12            | 1      | 2             | 1      | 198 | 2,06 |
|            |         |            |                   | Macronema            | 0              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 1      | 0             | 2      | 3   | 0,03 |
|            |         |            |                   | Hydroptila           | 1              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 1              | 0      | 1             | 0      | 12            | 0      | 15  | 0,16 |
|            |         |            | Hydroptilidae     | HydropMt1            | 3              | 2      | 0               | 5      | 1                | 7      | 2              | 0      | 0             | 0      | 11            | 0      | 31  | 0,32 |
|            |         |            |                   | Ochrotrichia         | 0              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 1             | 0      | 2             | 1      | 4   | 0,04 |
|            |         |            |                   | Metrichia            | 0              | 0      | 1               | 0      | 4                | 0      | 50             | 0      | 2             | 0      | 0             | 0      | 57  | 0,59 |
|            |         |            |                   | Oxyethira            | 0              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 1             | 0      | 2             | 0      | 3   | 0,03 |
|            |         |            |                   | Rhyacopsyche         | 0              | 0      | 0               | 0      | 1                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 1   | 0,01 |
|            |         |            |                   | Neotrichia           | 0              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 4             | 0      | 4   | 0,04 |
|            |         |            | Philopotamidae    | Chimarra             | 4              | 0      | 0               | 0      | 5                | 1      | 4              | 0      | 47            | 0      | 121           | 0      | 182 | 1,89 |
|            |         |            | Leptoceridae      | Nectopsyche          | 0              | 0      | 8               | 0      | 0                | 0      | 2              | 0      | 0             | 0      | 0             | 3      | 13  | 0,14 |
|            |         |            |                   | LeptocMt1            | 0              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 1             | 0      | 1   | 0,01 |
|            |         |            |                   | Oecetis              | 3              | 0      | 0               | 0      | 2                | 0      | 0              | 0      | 1             | 0      | 1             | 0      | 7   | 0,07 |
|            |         |            |                   | Atanatolica          | 0              | 1      | 0               | 0      | 0                | 0      | 1              | 0      | 0             | 0      | 1             | 0      | 3   | 0,03 |
|            |         |            | Helicopsychidae   | Grimichella          | 8              | 5      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 13  | 0,14 |
|            |         |            |                   | Helicopsycha         | 0              | 0      | 5               | 2      | 0                | 0      | 4              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 11  | 0,11 |
|            |         |            | Calamoceratidae   | Phylloicus           | 13             | 7      | 13              | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 33  | 0,34 |
|            |         |            | Hydrobiosidae     | Atopsyche            | 3              | 5      | 1               | 0      | 0                | 1      | 1              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 11  | 0,11 |
|            |         |            | Odontoceridae     | Marilia              | 8              | 0      | 23              | 0      | 2                | 0      | 68             | 0      | 41            | 0      | 1             | 2      | 145 | 1,51 |
|            |         |            | Glossosomatidae   | GlossocMt1           | 0              | 0      | 1               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 1   | 0,01 |
|            |         |            |                   | Mortoniella          | 0              | 0      | 1               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 1             | 0      | 2   | 0,02 |
|            |         |            | Polycentropodidae | Polycentropus        | 0              | 0      | 0               | 0      | 1                | 0      | 1              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 2   | 0,02 |
| ARTHROPODA | INSECTA | COLEOPTERA | Elmidae           | TrichopNN            | 0              | 0      | 0               | 0      | 1                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 1   | 0,01 |
|            |         |            |                   | Hexacyloepus         | 0              | 0      | 1               | 0      | 0                | 0      | 6              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 7   | 0,07 |
|            |         |            |                   | Heterelmis           | 1              | 5      | 5               | 10     | 17               | 14     | 45             | 20     | 37            | 15     | 34            | 13     | 216 | 2,25 |
|            |         |            |                   | Notelmis             | 0              | 0      | 1               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 1   | 0,01 |
|            |         |            |                   | Microcyloepus        | 6              | 10     | 2               | 0      | 6                | 1      | 0              | 3      | 49            | 8      | 49            | 12     | 146 | 1,52 |
|            |         |            |                   | Cyloepus             | 6              | 11     | 3               | 0      | 11               | 4      | 11             | 2      | 14            | 9      | 5             | 7      | 83  | 0,86 |
|            |         |            |                   | Macrelmis            | 6              | 18     | 10              | 0      | 24               | 1      | 36             | 1      | 31            | 7      | 20            | 4      | 158 | 1,64 |
|            |         |            |                   | Neelmis              | 0              | 1      | 1               | 0      | 0                | 0      | 0              | 1      | 6             | 1      | 3             | 0      | 13  | 0,14 |
|            |         |            |                   | ElmiMt1              | 3              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 7             | 0      | 0             | 0      | 10  | 0,10 |
|            |         |            |                   | ElmiMt2              | 1              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 1   | 0,01 |
|            |         |            |                   | Phanocerus           | 0              | 0      | 4               | 1      | 3                | 0      | 12             | 2      | 13            | 0      | 0             | 2      | 37  | 0,38 |
|            |         |            |                   | aff.Luchoelmis       | 0              | 0      | 0               | 1      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 1   | 0,01 |
|            |         |            |                   | aff.Ancyronyx        | 0              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 0             | 1      | 1   | 0,01 |
|            |         |            |                   | Pseudodisersus       | 0              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 1      | 0             | 0      | 1   | 0,01 |
|            |         |            |                   | Austrolimnius        | 0              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 1              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 1   | 0,01 |
|            |         |            |                   | Stegoelmis           | 0              | 0      | 0               | 0      | 1                | 0      | 1              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 2   | 0,02 |
|            |         |            | Ptylodactylidae   | Anchyrtarus          | 1              | 26     | 1               | 0      | 0                | 1      | 1              | 1      | 0             | 0      | 0             | 0      | 31  | 0,32 |
|            |         |            |                   | PtiloMt1             | 0              | 0      | 3               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 3   | 0,03 |
|            |         |            |                   | Tetratlossa          | 0              | 0      | 1               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 1   | 0,01 |
|            |         |            |                   | Chrysomelidae        | ChrysMt1       | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 1      | 1             | 0      | 2   | 0,02 |
|            |         |            | Psephenidae       | Psephenops           | 0              | 1      | 2               | 0      | 1                | 0      | 5              | 0      | 15            | 1      | 5             | 1      | 31  | 0,32 |
|            |         |            | Psephenidae       | Acneus               | 1              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 1   | 0,01 |
|            |         |            | Staphilinidae     | Stenus               | 0              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 10     | 0             | 15     | 0             | 1      | 26  | 0,27 |
|            |         |            |                   | StaphiMt1            | 0              | 0      | 1               | 0      | 0                | 2      | 0              | 0      | 0             | 3      | 0             | 1      | 7   | 0,07 |
|            |         |            | ColeopNN          | ColeopNN             | 0              | 0      | 0               | 1      | 1                | 0      | 0              | 0      | 2             | 0      | 4             | 0      | 8   | 0,08 |
|            |         |            | Noteridae         | NoteMt1              | 0              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 2             | 0      | 2   | 0,02 |
|            |         |            | Gyrinidae         | GiriMt1              | 1              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 1   | 0,01 |
|            |         |            | Scirtidae         | ScirMt1              | 0              | 0      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 2             | 0      | 0             | 0      | 2   | 0,02 |
|            |         |            | Hydrophilidae     | cf.Tropisternus      | 0              | 1      | 0               | 0      | 0                | 0      | 0              | 0      | 0             | 0      | 0             | 0      | 1   | 0,01 |

Continuación anexo 4...

|                   |                 |                    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |     |    |     |      |
|-------------------|-----------------|--------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|------|
| EPHEMER<br>OPTERA | Baetidae        | Baetodes           | 9  | 22 | 66 | 21 | 18 | 21 | 62  | 36  | 56  | 75 | 206 | 60 | 652 | 6,78 |
|                   |                 | Camelobaetidius    | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 3  | 2   | 12  | 81  | 40 | 345 | 32 | 516 | 5,37 |
|                   |                 | Mayobaetis         | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 1   | 0  | 3   | 0,03 |
|                   |                 | Americabaetis      | 16 | 5  | 1  | 71 | 2  | 3  | 8   | 15  | 117 | 2  | 171 | 9  | 420 | 4,37 |
|                   |                 | Cloeodes           | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 10  | 1   | 27  | 26 | 79  | 6  | 151 | 1,57 |
|                   |                 | Paracloeodes       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 3   | 0  | 3   | 0,03 |
|                   |                 | Guajirulus         | 0  | 0  | 6  | 17 | 0  | 0  | 0   | 1   | 5   | 0  | 32  | 0  | 61  | 0,63 |
|                   |                 | Fallceon           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 10  | 0  | 4   | 0  | 14  | 0,15 |
|                   |                 | Nanomis            | 3  | 0  | 7  | 8  | 10 | 4  | 2   | 2   | 0   | 20 | 0   | 1  | 57  | 0,59 |
|                   |                 | Zelus              | 5  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0  | 6   | 0,06 |
|                   |                 | Prebaetodes        | 36 | 81 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0  | 117 | 1,22 |
|                   |                 | Varipes            | 0  | 0  | 1  | 0  | 2  | 0  | 10  | 21  | 0   | 2  | 2   | 2  | 40  | 0,42 |
|                   |                 | Apobaetis          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0  | 2   | 0,02 |
|                   | Leptohyphidae   | Haplohyphes        | 14 | 17 | 32 | 4  | 12 | 3  | 34  | 6   | 0   | 7  | 1   | 3  | 133 | 1,38 |
|                   |                 | Leptohyphes        | 7  | 34 | 24 | 23 | 64 | 17 | 35  | 22  | 83  | 22 | 308 | 17 | 656 | 6,82 |
|                   |                 | Tricorythodes      | 0  | 0  | 2  | 3  | 31 | 2  | 11  | 4   | 45  | 7  | 176 | 11 | 292 | 3,04 |
|                   |                 | Traveryphe         | 0  | 1  | 13 | 8  | 57 | 0  | 24  | 2   | 40  | 3  | 73  | 6  | 227 | 2,36 |
|                   |                 | Vacupernius        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 36  | 1  | 37  | 0,38 |
|                   | Leptophlebiidae | Thraulodes         | 14 | 3  | 10 | 18 | 28 | 10 | 35  | 34  | 104 | 25 | 43  | 22 | 346 | 3,60 |
|                   |                 | Traverella         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1   | 19  | 0  | 2   | 0  | 22  | 0,23 |
|                   |                 | Farrodes           | 55 | 44 | 0  | 0  | 2  | 0  | 3   | 0   | 20  | 1  | 4   | 1  | 130 | 1,35 |
|                   |                 | Terpides           | 1  | 2  | 0  | 0  | 3  | 0  | 4   | 2   | 1   | 1  | 0   | 10 | 24  | 0,25 |
|                   |                 | Hydrosmilodon      | 0  | 0  | 4  | 8  | 36 | 1  | 31  | 2   | 9   | 0  | 0   | 1  | 92  | 0,96 |
|                   | Euthyplociidae  | Euthyplocia        | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 2   | 1  | 2   | 0  | 6   | 0,06 |
|                   | Oligoneuriidae  | Lachlania          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 1  | 0   | 1  | 2   | 0,02 |
| DIPTERA           | Chironomidae    | Polypedium         | 12 | 12 | 25 | 16 | 25 | 19 | 36  | 126 | 15  | 23 | 2   | 33 | 344 | 3,58 |
|                   |                 | aff.Rheotanytarsus | 16 | 4  | 19 | 7  | 11 | 2  | 31  | 10  | 40  | 10 | 69  | 20 | 239 | 2,49 |
|                   |                 | ChirMt1            | 0  | 0  | 4  | 0  | 5  | 0  | 0   | 0   | 18  | 0  | 7   | 1  | 35  | 0,36 |
|                   |                 | ChirMt2            | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 20  | 0  | 21  | 0,22 |
|                   |                 | Pentaneura         | 4  | 2  | 7  | 2  | 61 | 1  | 143 | 3   | 115 | 2  | 12  | 1  | 353 | 3,67 |
|                   |                 | Paraheptagyia      | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0  | 1   | 0,01 |
|                   |                 | Cricotopus         | 0  | 0  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 13  | 0  | 21  | 0,22 |
|                   |                 | Orthocladius       | 3  | 14 | 7  | 5  | 37 | 37 | 42  | 9   | 3   | 7  | 2   | 3  | 169 | 1,76 |
|                   |                 | Parametricnemus    | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0  | 1   | 0,01 |
|                   |                 | Thienemanniella    | 9  | 4  | 0  | 1  | 1  | 3  | 0   | 8   | 10  | 4  | 17  | 25 | 82  | 0,85 |
|                   |                 | OrthoMt1           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1   | 0   | 0   | 0  | 2   | 0  | 3   | 0,03 |
|                   |                 | OrthoMt2           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 15  | 0  | 15  | 0,16 |
|                   |                 | aff.Paraccladius   | 19 | 0  | 0  | 0  | 48 | 13 | 22  | 13  | 4   | 2  | 58  | 4  | 183 | 1,90 |
|                   |                 | Corynoneura        | 3  | 0  | 0  | 0  | 5  | 0  | 0   | 0   | 3   | 1  | 15  | 4  | 31  | 0,32 |
|                   |                 | TanypMt1           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 39  | 0  | 4   | 0  | 43  | 0,45 |
|                   |                 | TanypMt2           | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3   | 1   | 0   | 0  | 19  | 1  | 29  | 0,30 |
|                   |                 | Ablabesmyia        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 8   | 0  | 8   | 0,08 |
|                   |                 | Lopescladius       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1   | 2   | 81  | 0  | 23  | 2  | 109 | 1,13 |
|                   |                 | aff.Thienemmania   | 26 | 22 | 3  | 6  | 13 | 13 | 4   | 3   | 8   | 7  | 0   | 8  | 113 | 1,18 |
|                   |                 | TanytarMt1         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 2   | 0  | 2   | 0,02 |
|                   |                 | Oniconeura         | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 5  | 6   | 0,06 |
|                   |                 | Chironomus         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 5   | 0  | 5   | 0,05 |
|                   | Ceratopogonidae | Probezzia          | 7  | 0  | 6  | 1  | 1  | 0  | 47  | 0   | 29  | 0  | 44  | 1  | 136 | 1,41 |
|                   |                 | Alluaudomyia       | 4  | 0  | 5  | 0  | 16 | 0  | 22  | 0   | 4   | 0  | 0   | 0  | 51  | 0,53 |
|                   |                 | Stilobezzia        | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 2   | 0   | 6   | 0  | 2   | 0  | 12  | 0,12 |
|                   |                 | Atrichopogon       | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0  | 2   | 0,02 |
|                   |                 | CeraMt1            | 0  | 0  | 0  | 0  | 5  | 0  | 0   | 0   | 4   | 0  | 1   | 0  | 10  | 0,10 |
|                   | Dolichopodidae  | DoliMt1            | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1   | 0   | 0   | 0  | 0   | 3  | 6   | 0,06 |
|                   | Empididae       | Hemerodromia       | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 2   | 0   | 1   | 0  | 1   | 0  | 6   | 0,06 |
|                   |                 | Chelifera          | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0  | 1   | 0,01 |
|                   | Muscidae        | MuscMt1            | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0  | 3   | 0,03 |
|                   | Psychodidae     | Maruina            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 1   | 0  | 0   | 0  | 1   | 0,01 |
|                   |                 | PsychoMt1          | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0  | 2   | 0,02 |
|                   | Simuliidae      | Simulium           | 18 | 13 | 9  | 3  | 0  | 11 | 5   | 23  | 1   | 56 | 17  | 77 | 233 | 2,42 |
|                   | Stratiomyidae   | StratMt1           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 1   | 1  | 0   | 0  | 2   | 0,02 |
|                   | Tabanidae       | Tabanus            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 2   | 0  | 4   | 0  | 6   | 0,06 |
|                   |                 | TabaMt1            | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0  | 1   | 0,01 |
|                   |                 | Limonia            | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0  | 1   | 0,01 |
|                   | Tipulidae       | Tipula             | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0  | 1   | 0,01 |
|                   |                 | TipuMt1            | 1  | 1  | 1  | 0  | 3  | 0  | 0   | 0   | 12  | 0  | 2   | 0  | 20  | 0,21 |
|                   |                 | TipuMt2            | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 0  | 1   | 0,01 |
|                   |                 | Hexatoma           | 0  | 6  | 2  | 1  | 15 | 1  | 51  | 0   | 16  | 7  | 4   | 0  | 103 | 1,07 |
|                   | Dixidae         | Dixella            | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 1   | 0  | 0   | 0  | 2   | 0,02 |

Continuación Anexo 4..

|                  |             |                |              |               |                  |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|------------------|-------------|----------------|--------------|---------------|------------------|--------------|-----------|--------|-----|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|------|
| ARTHROPODA       | INSECTA     | HEMIPTERA      |              | HemipNN       | 0                | 0            | 0         | 0      | 0   | 1   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 1    | 0,01 |      |      |
|                  |             |                | Naucoridae   | Limnecoris    | 0                | 0            | 0         | 1      | 11  | 0   | 25   | 9   | 45   | 6   | 14   | 14  | 125  | 1,30 |      |      |
|                  |             |                |              | Pelocoris     | 0                | 0            | 3         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 10   | 0   | 13   | 0,14 |      |      |
|                  |             |                |              | Ambrysus      | 0                | 0            | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 1    | 0   | 1    | 0,01 |      |      |
|                  |             |                |              | NaucoMt1      | 0                | 0            | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 1    | 0   | 1    | 0,01 |      |      |
|                  |             |                | Aphididae    | AphiMt1       | 0                | 0            | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 2    | 0   | 2    | 0,02 |      |      |
|                  |             |                | Mesoveliidae | Mesoveloidea  | 0                | 0            | 0         | 1      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 2    | 1   | 4    | 0,04 |      |      |
|                  |             |                | Membracidae  | MembMt1       | 0                | 0            | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 1   | 1    | 0,01 |      |      |
|                  |             |                |              | MembMt2       | 0                | 0            | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 2   | 2    | 0,02 |      |      |
|                  |             |                | Corixidae    | Tenagobia     | 0                | 0            | 0         | 0      | 1   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 2    | 0   | 3    | 0,03 |      |      |
|                  |             |                | Veliidae     | Rhagovelia    | 5                | 0            | 4         | 2      | 13  | 10  | 9    | 2   | 13   | 5   | 1    | 28  | 92   | 0,96 |      |      |
|                  |             |                |              | Microvelia    | 0                | 0            | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 1    | 0   | 0    | 0   | 1    | 0,01 |      |      |
|                  |             |                | Gerridae     | Halobatopsis  | 0                | 0            | 0         | 0      | 0   | 0   | 1    | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 1    | 0,01 |      |      |
|                  |             |                | LEPIDOPTER A | Pyralidae     | PyraMt1          | 0            | 1         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 8   | 0    | 9    | 0,09 |      |
|                  |             |                |              |               | LepidNN          | 0            | 0         | 1      | 0   | 0   | 0    | 2   | 1    | 0   | 0    | 1   | 0    | 5    | 0,05 |      |
|                  |             |                | MEGALÓPTE RA | ODONATA       | Corydalidae      | Corydalus    | 0         | 0      | 11  | 1   | 4    | 20  | 10   | 30  | 7    | 6   | 10   | 5    | 104  | 1,08 |
|                  |             |                |              |               | Coenagrionidae   | Argia        | 0         | 0      | 0   | 0   | 1    | 1   | 2    | 0   | 4    | 1   | 14   | 1    | 24   | 0,25 |
|                  |             |                |              |               |                  | CoenaMt1     | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 3    | 3    | 0,03 |      |
|                  |             | CoenaMt2       |              |               |                  | 0            | 2         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 2    | 0,02 |      |
|                  |             | Calopterygidae |              |               | Hetaerina        | 0            | 0         | 2      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 4   | 0    | 6    | 0,06 |      |
|                  |             |                |              |               | CalopteryMt1     | 0            | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 3   | 0    | 3    | 0,03 |      |
|                  |             | Gomphidae      |              |               | Progomphus       | 1            | 0         | 8      | 0   | 0   | 0    | 1   | 0    | 9   | 4    | 4   | 2    | 29   | 0,30 |      |
|                  |             |                |              |               | Phyllogomphoides | 0            | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 3   | 0    | 3    | 0,03 |      |
|                  |             | Libellulidae   |              |               | LibelMt1         | 0            | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 2    | 1   | 1    | 4    | 0,04 |      |
|                  |             |                |              |               | Macrothemis      | 0            | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 4   | 0    | 4    | 0,04 |      |
|                  |             |                |              |               | LibelMt2         | 0            | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 3   | 0    | 3    | 0,03 |      |
|                  |             |                |              |               | Brechmorhoga     | 0            | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 1   | 1    | 0    | 2    | 0,02 |
|                  |             | Polithoridae   |              |               | Polithore        | 1            | 1         | 2      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 4    | 0,04 |      |
|                  |             | PLECOPTERA     |              |               | Perlidae         | Anacroneuria | 3         | 13     | 12  | 8   | 28   | 21  | 18   | 12  | 16   | 20  | 4    | 12   | 167  | 1,74 |
|                  |             |                |              |               |                  | AcarMt1      | 4         | 1      | 0   | 0   | 5    | 0   | 10   | 1   | 6    | 1   | 46   | 1    | 75   | 0,78 |
|                  |             | COLLEMBOL A    |              |               | ACARI            | AcarMt2      | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 8    | 0    | 8    | 0,08 |
|                  |             |                |              |               |                  | EntomoMt1    | 0         | 1      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 0    | 1    | 0,01 |
|                  |             |                |              |               | MALACOSTRA CA    | DECAPODA     | IsoMt1    | IsoMt1 | 0   | 1   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 0    | 0    | 1    |
|                  |             |                | DecaMt1      | 1             |                  |              |           | 4      | 1   | 0   | 0    | 1   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 7    | 0,07 |      |
|                  |             | ANELLIDA       |              | ISOPODA       | Isopoda          | IsopodNN     | 0         | 1      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 1    | 0,01 |      |
|                  |             |                |              |               |                  | Tubificidae  | TubiMt1   | 0      | 8   | 0   | 1    | 0   | 0    | 0   | 2    | 1   | 2    | 0    | 14   | 0,15 |
| PLANTH ELMINT ES | CLITELLATA  | HAPLOTAXID A   | Naididae     | NaidMt1       | 1                | 0            | 0         | 1      | 0   | 0   | 0    | 0   | 1    | 1   | 9    | 2   | 15   | 0,16 |      |      |
|                  |             |                |              | HaploNN       | 4                | 0            | 5         | 2      | 3   | 3   | 5    | 0   | 1    | 0   | 7    | 0   | 30   | 0,31 |      |      |
| MOLUSCA          | TURBELLARIA | TRICLADIDA     | Dugesidae    | Dugesia       | 2                | 2            | 0         | 0      | 0   | 1   | 0    | 56  | 0    | 4   | 0    | 65  | 0,68 |      |      |      |
|                  |             |                |              | BIVALVIA      | UNIONOIDA        | UnioNN       | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 1   | 0    | 2   | 0    | 0   | 0    | 3    | 0,03 |      |
|                  |             |                |              |               |                  | Planorbidae  | PlanorMt1 | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 1    | 0   | 0    | 0    | 1    | 0,01 |
|                  |             |                |              | GASTROPODA    | BASSOMATO PHORA  | Gyraulus     | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 1   | 0    | 1    | 0,01 |      |
|                  |             |                |              |               |                  | Physa        | 0         | 0      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 1   | 0    | 1    | 0,01 |      |
|                  |             |                |              | Total general | 463              | 486          | 585       | 290    | 750 | 419 | 1205 | 482 | 1557 | 506 | 2376 | 498 | 9617 | 100  |      |      |
|                  |             |                |              |               | N/miento Micos   |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | Micos Palestina  |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | Micos Floragaita |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | Castañal Micos   |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | Bahamón Micos    |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | D\dura Micos     |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2010           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               | M-2011           |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |
|                  |             |                |              |               |                  |              |           |        |     |     |      |     |      |     |      |     |      |      |      |      |

ANEXO 5. TABLAS UTILIZADAS PARA EL CALCULO DEL INDICE DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA  
IBI

Correlación de Spearman de variables unimétricas en la quebrada Los Micos.

| Variables unimétricas       | Coefficientes no estandarizados |            | Coefficientes tipificados |
|-----------------------------|---------------------------------|------------|---------------------------|
|                             | B                               | Error típ. | Beta                      |
| (Constante)                 | -7,131                          | 0          |                           |
| Riqueza Ephemeroptera       | -4,361                          | 0          | -1,199                    |
| Riqueza Coleoptera          | 3,827                           | 0          | 0,782                     |
| Porcentaje de Ephemeroptera | 1,088                           | 0          | 1,550                     |
| Porcentaje de Coleoptera    | 0,922                           | 0          | 0,288                     |
| Porcentaje de Diptera       | 1,072                           | 0          | 0,982                     |
| Numero de Plecoptera        | 0,479                           | 0          | 0,350                     |
| Numero de Trichoptera       | 0,098                           | 0          | 0,970                     |
| Numero de Chironomidae      | 0,013                           | 0          | 0,133                     |
| Coleoptera /Chironomidae    | -28,420                         | 0          | -0,907                    |
| Baetidae /Ephemeroptera     | 17,786                          | 0          | 0,271                     |
| Raros                       | 0,684                           | 0          | 0,301                     |

En esta tabla, las variables indicadas en color verde son las seleccionadas para los posteriores cálculos del índice; se evidencia con mayor peso y relación negativa las variables: Coleóptera/Chironomidae, riqueza de Ephemeroptera, y porcentaje de abundancia de Ephemeroptera; mientras que con mayor peso y relación positiva: Baetidae /Ephemeroptera y riqueza de Coleoptera.

En las tablas siguientes se presentan los valores de los percentiles y de normalización que se dieron a las 5 variables seleccionadas, con las cuales se conformó el índice de Integridad Biótica I.B.I., para la quebrada Los Micos.

Percentiles de unidades unimétricas seleccionadas para el cálculo de IBI de los Micos

| Cuartiles                | Min  | Max  | 1er Cuartil | 2do Cuartil | 3er Cuartil | 4to Cuartil | Cero |
|--------------------------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| Riqueza Ephemeroptera    | 5    | 20   | 11          | 12          | 16          | 20          | 5    |
| Riqueza Coleoptera       | 5    | 15   | 7           | 9           | 14          | 15          | 5    |
| Coleoptera \Chironomidae | 0,2  | 1,5  | 0,3         | 0,5         | 1,3         | 1,5         | 0,2  |
| Baetidae \Ephemeroptera  | 0,1  | 1,0  | 0,4         | 0,5         | 0,7         | 1,0         | 0,1  |
| %Ephemeroptera           | 10,0 | 50,0 | 29,6        | 39,9        | 50,0        | 62,6        | 10,0 |

Escalas de valoración de calidad según unidades unimétricas seleccionadas

| <b>CALIDAD</b> |         |       | <b>Riqueza de<br/>Ephemeroptera</b> | <b>Riqueza de<br/>Coleoptera</b> | <b>Relación<br/>Coleoptera\<br/>Chironomidae</b> | <b>Relación<br/>Baetidae\<br/>Ephemeroptera</b> | <b>%<br/>Ephemeroptera</b> |
|----------------|---------|-------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|
| Mala           | Valor 1 | Rango | 0 a 11                              | 0 a 8                            | 0 a 0,3                                          | 0 a 0,4                                         | 0 a 29,9%                  |
| Aceptable      | Valor 2 | Rango | 12 a 14                             | 9                                | 0,4                                              | 0,5                                             | 30,0% a<br>36,1%           |
| Buena          | Valor 3 | Rango | 15                                  | 10                               | 0,5                                              | 0,6                                             | 36,2% a<br>45,4%           |
| Excelente      | Valor 4 | Rango | 16 en<br>adelante                   | 11 en<br>adelante                | 0,6 en<br>adelante                               | 0,7 en<br>adelante                              | 45,5 en<br>adelante        |

Calidad del agua, clases y rangos para el IBI de los Micos.

| CALIDAD   | CLASE     | RANGO   |
|-----------|-----------|---------|
| Excelente | Clase I   | 16 a 20 |
| Buena     | Clase II  | 11 a 15 |
| Aceptable | Clase III | 6 a 10  |
| Mala      | Clase IV  | 0 a 5   |

ANEXO 6. VALORES DE INDICES DE CONTAMINACIÓN, CALIDAD DEL AGUA Y DEL HABITAT DE LA QUEBRADA LOS MICOS

| INDICES              | Nacimiento Micos | Micos de Vda Palestina | Micos de Vda Floragaita | Confluencia Q. Castañal | Confluencia Q. San Rafael Bahamón | Desembocadura Micos |
|----------------------|------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| ICOMI 2010           | 0,07             | 0,47                   | 0,65                    | 0,75                    | 0,78                              | 0,82                |
| ICOMI 2011           | 0,09             | 0,45                   | 0,86                    | 0,65                    | 0,76                              | 0,86                |
| ICOMO 2010           | 0,17             | 0,07                   | 0,11                    | 0,11                    | 0,14                              | 0,13                |
| ICOMO 2011           | 0,51             | 0,47                   | 0,5                     | 0,42                    | 0,5                               | 0,51                |
| ICOSUS 2010          | 0,04             | 0,11                   | 0,17                    | 0,12                    | 0,14                              | 0,2                 |
| ICOSUS 2011          | 0,03             | 0,08                   | 0,05                    | 0,04                    | 0                                 | 0                   |
| ICOTRO 2010          | 0,03             | 0,05                   | 0,05                    | 0,05                    | 0,04                              | 0,04                |
| ICOTRO 2011          | 0,1              | 0,1                    | 0,1                     | 0,1                     | 0,2                               | 0,1                 |
| WQI 2010             | 81               | 82                     | 78                      | 81                      | 83                                | 78                  |
| WQI 2011             | 56               | 69                     | 61                      | 66                      | 59                                | 67                  |
| IBI 2010             | 9                | 13                     | 9                       | 10                      | 17                                | 19                  |
| IBI 2011             | 14               | 16                     | 7                       | 11                      | 22                                | 17                  |
| Calidad Hábitat 2010 | 14,8             | 13,8                   | 12,9                    | 10,5                    | 10,91                             | 10,1                |
| Calidad Hábitat 2011 | 14,7             | 13,25                  | 13                      | 10,1                    | 10,31                             | 10,1                |

## ANEXO 7. FOTOGRAFIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA QUEBRADA LOS MICOS

### EPHEMEROPTERA



Familia: Baetidae  
Género: *Cloeodes*



Familia: Baetidae  
Genero: *Fallceon*



Familia: Baetidae  
Género: *Varipes*



Familia: Baetidae  
Género: *Zelus*



Familia: Leptohyphidae  
Género: *Tricorythodes*



Familia: Leptohyphidae  
Género: *Vacupernius*



Familia: Leptophlebiidae  
Género: *Hydrosmilodon*



Familia: Leptophlebiidae  
Género: *Traverella*



Familia: Euthyplociidae  
Género: *Euthyplocia*

Fotos tomadas por: Yeisson Gutierrez, Biólogo U.Caldas.



Familia: Leptohyphidae  
Género: *Leptohyphes*



Familia: Baetidae  
Género: *Americabaetis*



Familia: Baetidae  
Género: *Guajirolus*



Familia: Baetidae  
Género: *Nanomis*



Familia: Baetidae  
Género: *Prebaetodes*



Familia: Oligoneuriidae  
Género: *Lachlania*

## TRICHOPTERA



Familia: Philopotamidae  
Género: *Chimarra*



Familia: Hydroptilidae  
Género: *Ochrotrichia*



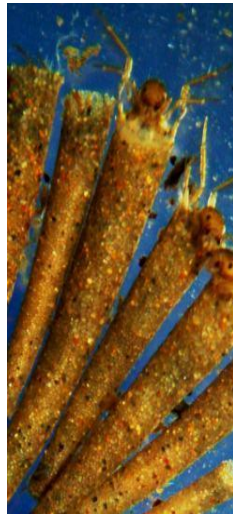
Familia: Calamoceratidae  
Género: *Phylloicus*



Familia: Hydropsychidae  
Género: *Leptonema*



Familia: Odontoceridae  
Género: *Marilia*



Familia: Leptoceridae  
Género: *Nectopsyche*



Familia: Calamoceratidae  
Género: *Phylloicus*



Familia: Hydrobiosidae  
Género: *Atopsyche*



Familia: Glossosomatidae

Género: *Mortoniella*



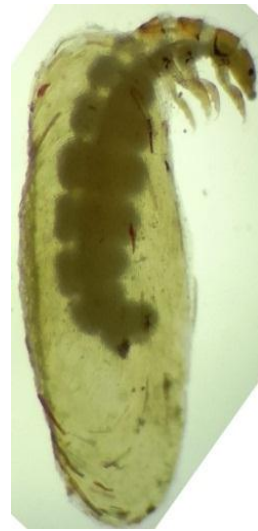
Familia: Leptoceridae

Género: *Grumichella*



Familia: Leptoceridae

Género: *Atanaticia*



Familia: Hydroptila

Género: *Metrichia*



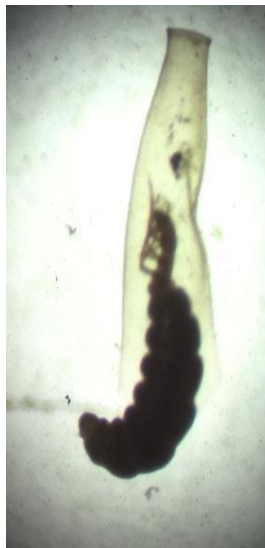
Familia: Hydroptilidae

Género: *Hydroptila*



Familia: Leptoceridae

Género: *Oecetis*



Familia: Hydroptilidae

Género: *Oxyethira*



Familia: Polycentropodidae

Género: *Polycentropus*

## COLEOPTERA



Familia: Elmidae

Género: *Cylloepus*



Familia: Elmidae

Género: *Austrolimnius*



Familia: Chrysomelidae



Familia: Gyrinidae



Familia: Elmidae  
Género: *Heterelmis*



Familia: Elmidae  
Género: *Macrelmis*



Familia: Elmidae  
Género: *Macronichus*



Familia: Elmidae  
Género: *Microcylloepus*



Familia: Elmidae  
Género: *Neoelmis*



Familia: Psephenidae  
Género: *Acneus*



Familia: Psephenidae  
Género: *Psephenops*



Familia: Ptylodactilidae  
Género: *Anchytarsus*



Familia: Elmidae  
Género: *Stenelmis*



Familia: Staphilinidae  
Género: *Stenus*



Familia: Elmidae  
Género: *Phanocerus*.



Familia: Elmidae  
Género: Aff. *Ancyronyx*

## ODONATA



Familia: Gomphidae

Género: *Progomphus*



Familia: Calopterygidae

Género: *Hetaerina*



Familia: Gomphidae

Género: *Phyllogomphoides*



Familia: Polythoridae

Género: *Polythore*

## DIPTERA



Familia: Ceratopogonidae

Género: *Alluaudomyia*

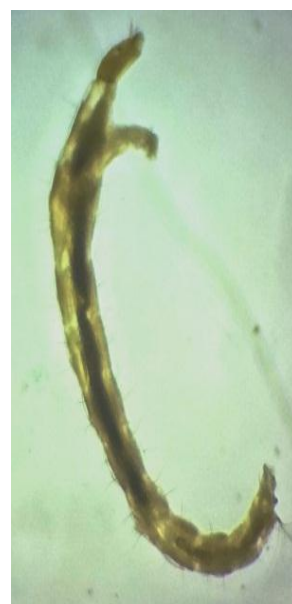


Familia: Ceratopogonidae

Género: *Atrichopogon*



Familia: Muscidae



Familia: Chironomidae

Género: *Oniconneura*



Familia: Tabanidae

Género: *Tabanus*



Familia: Stratiomyidae



Familia: Chironomidae

Género: *Orthocladius*



Familia: Chironomidae

Género: *Paracladius*



Familia: Tipulidae

Género: *Hexatoma*



Familia: Chironomidae

Género: *Pentaneura*



Familia: Tipulidae

Genero: *Limonia*

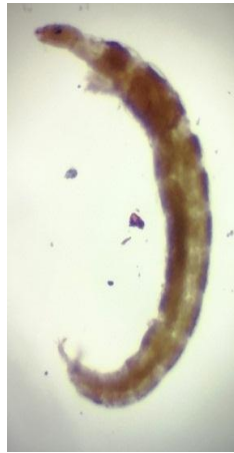


Familia: Chironomidae

Género: *Polipedium*



Familia: Chironomidae  
Género: Rhetantarsus



Familia: Chironomidae  
Género: aff. Thienemmaniella



Familia: Chironomidae  
Subfamilia: Tanipodinae



Familia: Chironomidae  
Género: aff. Thienemania



Familia: Dixidae  
Género: Dixella

# HEMIPTERA



Familia: Gerridae



Familia: Mesoveliidae

Género: *Mesoveloidea*



Familia: Veliidae

Género: *Microvelia*



Familia: Veliidae

Género: *Rhagovelia*



Familia: Naucoriidae

Género: *Ambrysus*



Familia: Naucoriidae

Género: *Pelocoris*



Familia: Corixidae

Género: *Tenagobia*

## TRICLADIDA



Familia: DugesIIDae

Género: *Dugesia*

## LEPIDOPTERA



Familia: Pyralidae

## DECAPODA



## MEGALOPTERA



Familia: Corydalidae

Género: *Corydalus*

## BASSOMATOPHORA



Familia: Planorbidae

## HAPLOTAXIDA



Familia: Tubificidae

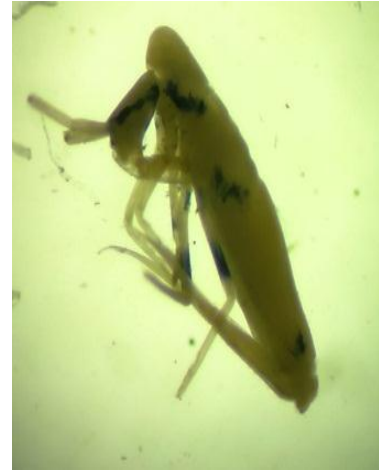
## ACARI



## UNIONOIDEA



## COLLEMBOLA



## PLECOPTERA



Familia: Perlidae

Género: *Anacroneuria mt.1*



Familia: Perlidae

Género: *Anacroneuria Mt. 3*



Familia: Perlidae

Género: *Anacroneuria Mt.4*

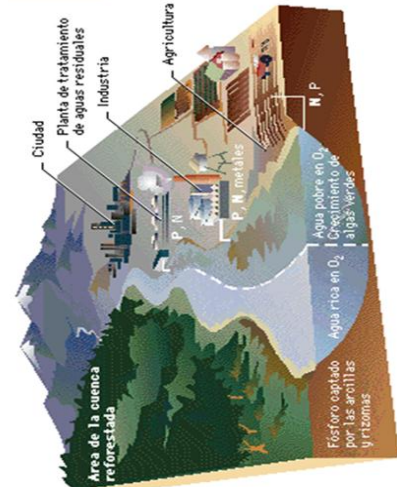
## GESTION DE CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LOS MICOS, NEIVA HUILA

El agua es el elemento más abundante del planeta; constituye no solamente las 2/3 partes de la Tierra, sino que conforma al ser humano en un 65-75% agua; y en otros reinos, hace parte en un casi 100%.



Pero sólo una cantidad muy "modesta" del total del agua dulce es la "más accesible", y la que teóricamente está para ser utilizada, en forma inmediata, por una población mundial de alrededor de 7000 millones de habitantes!!!

La mayor cantidad de agua dulce se encuentra en los ríos. Lamentablemente, el agua dulce es un recurso cada vez más escaso, mientras que las necesidades de todos los seres humanos son cada vez mayores.



Las actividades humanas generan constantemente afectaciones al recurso hídrico, alterando por medio del ciclo hidrológico, además de sus propiedades físicas, químicas, la biota o los seres vivos; dentro de los cuales destacan los **MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**.



Por estas razones, es indispensable emprender acciones en pro de la conservación del agua, de su uso adecuado y racional, de sensibilizarnos sobre la necesidad de cuidarla y monitorear su calidad, su salud que es también la nuestra.

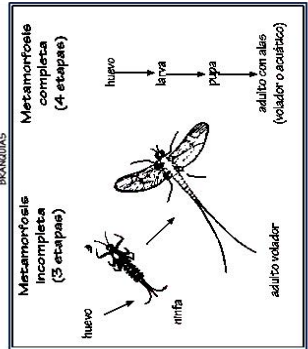
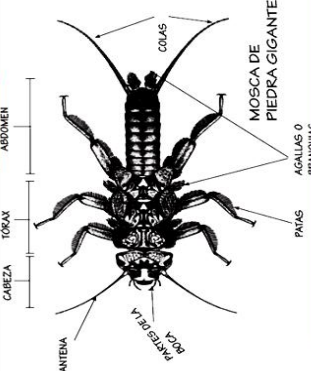
### Y cómo monitorear el agua?

A nivel biológico, se realiza con Organismos bioindicadores como es el caso de los **MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**:

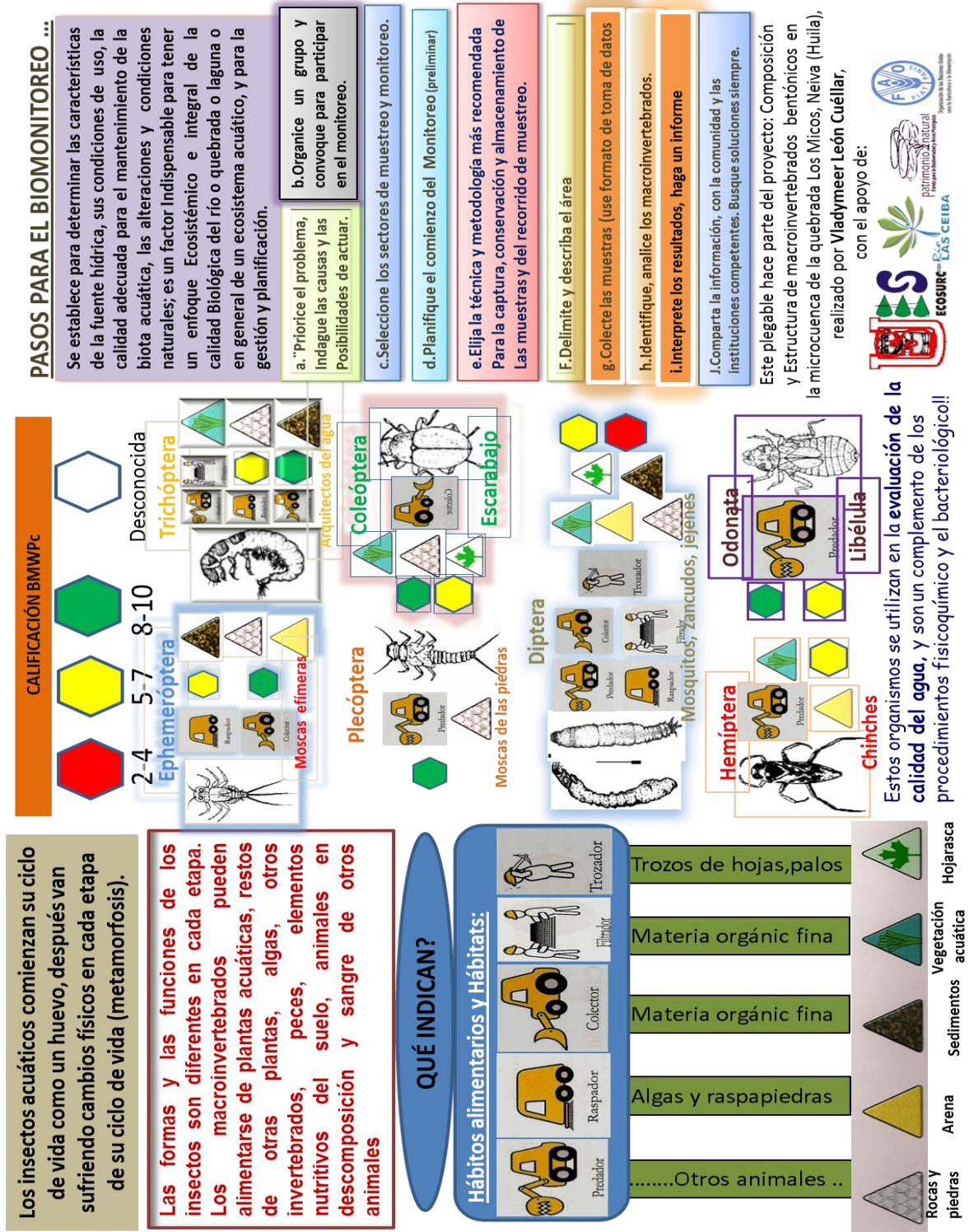
Se utilizan en el monitoreo de Ambientes acuáticos puesto que algunos son más tolerantes que otros a la contaminación o degradación de los hábitats.

### Macroinvertebrados

Bajo este nombre se encuentran organismos Observables a simple vista o mediante lupa o Estereoscópio (250 micras en adelante), y reúne Grupos zoológicos como planarias, anélidos, Moluscos, artrópodos (dentro de estos los Más abundantes son los **INSECTOS**)



## Continuación ANEXO 8. Plegable Gestión de la calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Los Micos



## ANEXO 9. CANCION EXPRESO LAS CEIBAS...

**LETRA ADAPTADA por el investigador del presente estudio, de la canción EXPRESO AMAZONÍA grupo Aterciopelados.**

Llame ya, llame ahora,  
Venga y disfrute el expreso ceibas  
Contempla la natura,  
Siente la profundidad de la vida...

Bosques pluviales, selva espesa y única  
Paisajes verdes, agua y ceiba singular.

Cabalgue ya, cabalgue ahora,  
Siéntase extremo en medio de la bruma

Contempla la natura,  
Siente la profundidad de la vida...

El oso andino, tigrillos y dantas,  
Aves diversas, la silvestre fauna.

Llame ya, llame ahora,  
Venga y disfrute el expreso Las Ceibas ...

Contempla la natura,  
Siente la profundidad de la vida.

Robles gigantes, canelos y brisa,  
Cedros, cafetal, ganadería extensiva...

Deja ya la bravura, deja revegetalice el cauce,  
Riberas cuidando orillas,  
la fauna y flora  
Victoriosa y junta. BIS TODA LA CANCIÓN

*Canción utilizada como estrategia pedagógica en el componente de educación ambiental del proyecto: composición y estructura de macroinvertebrados bentónicos en La microcuenca de la Quebrada Los Micos, Neiva (Huila),*

# ANEXO 10. Precipitación histórica de la estación La Gironda -Los Micos

| ANEXO PRECIPITACIÓN SEGÚN SERIE HISTÓRICA DE ESTACIÓN LA GIRONDA -MICROCUCENCA LOS MICOS, NEIVA HUILA |     |     |       |         |       |       |       |       |       |        |         |         |        |           |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|--------|-----------|----------|
| AÑO                                                                                                   | EST | ENT | ENERO | FEBRE   | MARZO | ABRIL | MAYO  | JUNIO | JULIO | AGOST  | SEPTI   | OCTUB   | NOVIE  | DICIE     | VR ANUAL |
| 1983                                                                                                  | 2   | 1   |       |         |       |       |       |       | 38,5  | 15,2   | 20      | 180,6   | 162,9  | 176,9     | 594,1    |
| 1984                                                                                                  | 2   | 1   | 344,6 | 171,2   | 129,2 | 208,6 | 213,7 | 53,8  | 50,3  | 109    | 174,5   | 228,1   | 247,8  | 175,4     | 2106,2   |
| 1985                                                                                                  | 2   | 1   | 66,3  | 17,2    | 87,7  | 119,9 | 96,5  | 43,2  | 33    | 69,1   | 39,2    | 215,9   | 170,2  | 53,4      | 1011,6   |
| 1986                                                                                                  | 2   | 1   | 106   | 187,6   | 247   | 110,1 | 193,7 | 53,8  | 22,6  | 29,5   | 115,2   | 360,1   | 183,5  | 42,3      | 1651,4   |
| 1987                                                                                                  | 2   | 1   | 117   | 24,6    | 180,5 | 212,2 | 188   | 54,7  | 52,9  | 15     | 223,5   | 283,4   | 218,7  | 172,9     | 1743,4   |
| 1988                                                                                                  | 2   | 1   | 148,4 | 149,9   | 63,1  | 156,1 | 87,4  | 46,3  | 44,4  | 24,9   | 68,2    | 166,5   | 218,7  | 172,9     | 1346,8   |
| 1989                                                                                                  | 2   | 1   | 104,4 | 104,5   | 158,3 | 129   | 106,5 | 48,1  | 44,7  | 25     | 68,1    | 164,2   | 203,3  | 115,7     | 1271,8   |
| 1990                                                                                                  | 2   | 1   | 36,9  | 189,9   | 181,3 | 137,3 | 77,2  | 34    | 32,8  | 33     | 28,1    | 211,7   | 253,5  | 224,7     | 1440,4   |
| 1991                                                                                                  | 2   | 1   | 85,2  | 99,4    | 256   | 173,2 | 117,2 | 76,2  | 48,2  | 47,6   | 78,5    | 37,8    | 211,8  | 161,6     | 1392,7   |
| 1992                                                                                                  | 2   | 1   | 46,7  | 93      | 57,2  | 47,3  | 93,1  | 13,5  | 28    | 22,1   | 44,3    | 77,4    | 312,1  | 318,4     | 1153,1   |
| 1993                                                                                                  | 2   | 1   | 62,8  | 154,3   | 113,5 | 116,2 | 137,7 | 22    | 102,6 | 18,7   | 58,9    | 132,1   | 486,6  | 150,5     | 1555,9   |
| 1994                                                                                                  | 2   | 1   | 234,8 | 209,9   | 245,8 | 160   | 109,2 | 26,1  | 46,5  | 19,4   | 142,5   | 184,4   | 169,2  | 103,5     | 1651,3   |
| 1995                                                                                                  | 2   | 1   | 1,8   | 69,9    | 156,1 | 180,7 | 105,8 | 65,9  | 70,8  | 28,2   | 44,5    | 187,3   | 220,3  | 120,6     | 1251,9   |
| 1996                                                                                                  | 2   | 1   | 220,5 | 209,9   | 347,2 | 51,7  | 142,8 | 188,8 | 22,4  | 34,3   | 24,8    | 239,5   | 109,5  | 159,9     | 1751,3   |
| 1997                                                                                                  | 2   | 1   | 418,4 | 84,1    | 229,8 | 102,8 | 49    | 56,1  | 6,8   | 4,7    | 30,9    | 59,2    | 204,6  | 42,5      | 1288,9   |
| 1998                                                                                                  | 2   | 1   | 16,7  | 41,4    | 293,9 | 128,9 | 86    | 46,5  | 70,5  | 36,9   | 55,7    | 178,1   | 164,8  | 261,1     | 1380,5   |
| 1999                                                                                                  | 2   | 1   | 266,2 | 427,6   | 221,3 | 146,5 | 105,8 | 81,2  | 29    | 19,9   | 212,4   | 177,9   | 238,7  | 339,3     | 2265,8   |
| 2000                                                                                                  | 2   | 1   | 192,5 | 296     | 282,8 | 180,3 | 120,2 | 77,4  | 72,6  | 57,7   | 189,8   | 213,3   | 142,3  | 72,9      | 1897,8   |
| 2001                                                                                                  | 2   | 1   | 88    | 119,4   | 77,7  | 27,4  | 84,4  | 24,9  | 49,2  | 7,6    | 82,4    | 135,5   | 228,5  | 234       | 1159     |
| 2002                                                                                                  | 2   | 1   | 20,1  | 32,3    | 138,7 | 276,7 | 161,1 | 83,1  | 43,3  | 23,6   | 45,3    | 97      | 103,1  | 92,2      | 1116,5   |
| 2003                                                                                                  | 1   | 1   | 39    | 39,1    | 207,9 | 125,8 | 38,5  | 45,3  | 51,8  | 11,7   | 65,8    | 316,1   | 297,6  | 165,8     | 1404,4   |
| 2004                                                                                                  | 1   | 1   | 180,2 | 152,1   | 69,2  | 248,3 | 93,7  | 35,6  | 42    | 7,5    | 29,8    | 108,8   | 248,3  | 100,2     | 1315,7   |
| 2005                                                                                                  | 1   | 1   | 102,5 | 47,4    | 53,9  | 238,3 | 92,7  |       |       |        |         |         | 253,5  | 275,6     | 1063,9   |
| 2006                                                                                                  | 1   | 1   | 188,6 | 38,3    | 368,5 | 389,5 | 28,1  | 86,2  | 38,8  | 6,9    | 47,9    | 125,9   | 167,9  |           | 1486,6   |
| 2007                                                                                                  | 1   | 1   | 65,9  | 7,8     | 116,3 | 256   | 257,4 | 66    | 28,3  |        |         |         | 140,9  | 355,9     | 1294,5   |
| 2008                                                                                                  | 1   | 1   | 73    | 104,5   | 206,4 | 149,9 | 186,6 | 43,3  | 78,9  | 86,3   | 62,4    | 154,9   | 498,2  | 231,2     | 1955,6   |
| 2009                                                                                                  | 1   | 1   | 206,6 | 336     | 393,6 | 254,1 | 90,9  | 54    | 29,7  | 53,9   | 15,2    | 261,8   | 86,5   | 118,7     | 1901     |
| 2010                                                                                                  | 1   | 1   | 16    | 71      | 38,7  | 210,4 | 250,5 | 72    | 160   | 42,5   | 85,3    | 186     | 398,5  | 251,8     | 1782,7   |
| 2011                                                                                                  | 1   | 1   | 98,1  | 301,1   | 281   | 446,3 | 269,8 | 83,6  | 110,6 | 16,8   | 25,1    | 272,3   | 617,2  | 299,7     | 2821,6   |
| 2012                                                                                                  | 1   | 1   | 108,2 | 85,1    | 236,7 | 259,4 | 54,5  | 15,5  | 21,1  |        |         |         |        |           | 780,5    |
|                                                                                                       |     |     | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO  | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEM | OCTUBRE | NOVIEM | DICIEMBRE |          |
| MEDIOS                                                                                                |     |     | 126   | 133,3   | 190,3 | 180,8 | 125,4 | 56,2  | 50,3  | 31,5   | 75      | 188,5   | 239,5  | 177,9     | 1574,7   |
| MAXIMOS                                                                                               |     |     | 418,4 | 427,6   | 393,6 | 446,3 | 269,8 | 188,8 | 160   | 109    | 223,5   | 360,1   | 617,2  | 355,9     | 617,2    |
| MINIMOS.                                                                                              |     |     | 1,8   | 7,8     | 38,7  | 27,4  | 28,1  | 13,5  | 6,8   | 4,7    | 15,2    | 37,8    | 86,5   | 42,3      | 1,8      |
| FUENTE: IDEAM                                                                                         |     |     |       |         |       |       |       |       |       |        |         |         |        |           |          |