

**COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE TRICHOPTERA  
(INSECTA) EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL, EN EL MUNICIPIO DE ANDES  
(ANTIOQUIA), COLOMBIA**

**CARLOS ALBERTO PÉREZ VERA**

**Trabajo de grado para optar al título de Biólogo**

**ASESOR**

**FERNANDO JESÚS MUÑOZ-QUESADA**

**Ph.D., Instituto de Biología, Universidad de Antioquia**

**Autor:**

**Carlos Alberto Pérez Vera**

**Coautor:**

**Fernando Muñoz-Quesada, Ph.D.**

**INSTITUTO DE BIOLOGÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
MEDELLÍN-COLOMBIA**

**2011**

## AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mis más sinceros agradecimientos al grupo de investigación “LimnoBase y Biotamar” de la Universidad de Antioquia, por facilitar el préstamo de los equipos, materiales y el espacio necesario para la realización de este estudio.

Agradezco de manera especial al profesor Fernando Muñoz Quesada, asesor de este trabajo, por despertar mi interés en los insectos acuáticos, por su paciencia, por enseñarme y educarme; más que un asesor, un amigo. Al profesor Álvaro Duque de la Universidad Nacional, por asesorarme en la elaboración del diseño experimental. A José Andrés Posada, por sus sugerencias para la elaboración del trabajo y la corroboración taxonómica de las larvas de tricópteros, y a Magnolia Longo, por sus indicaciones para el análisis de la información.

Igualmente, a Cornelio Bota, mi hermano Andrés y mi primo Daniel, por su colaboración en las jornadas de colecta en el municipio de Andes. Le doy las gracias a mis amigos y profesores del grupo “LimnoBase y Biotamar”, por todo su apoyo durante este tiempo y por permitirme compartir con ellos tantos momentos agradables.

A Doña Judith Carvajal, por iniciar mi proceso de formación académica cuando niño y por animarme a seguir siempre adelante. María Angélica por su amor, y su constante apoyo y motivación. A mis amigos de toda la vida, en particular a Mauro, Alejo y Andrés, por estar siempre firmes conmigo en los buenos y los malos momentos.

Y la mayor gratitud para toda mi familia, mis padres, mi hermano, mi tía Angela, y en especial mi abuela, ellos han sido y serán el soporte e incentivo durante mi vida.

## CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
1. MARCO TEÓRICO	11
1.1 Generalidades del orden Trichoptera (Insecta)	12
1.2 Aspectos biológicos	13
1.2.1 Inmaduros	13
1.2.2 Adultos	15
1.3 Aspectos taxonómicos	15
1.4 Relaciones filogenéticas	17
1.5 Importancia ecológica del orden Trichoptera	18
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
3. HIPÓTESIS	22
4. OBJETIVOS	22
4.1 Objetivo general	22
4.2 Objetivos específicos	22
5. JUSTIFICACIÓN	23
6. MATERIALES Y MÉTODOS	25
6.1 Área de estudio	25

6.2 Selección de sitios de muestreo	25
6.2.1 Estación 1	26
6.2.2 Estación 2	27
6.2.3 Estación 3	28
6.3 Muestreo	29
6.3.1 Colecta de individuos	29
6.3.2 Medición de variables físicas y químicas	30
6.4 Análisis estadístico de los datos	30
6.4.1 Distribución de las abundancias	31
6.5 Composición y estructura de la comunidad de Trichoptera	32
6.5.1 Estimación de la riqueza	32
6.5.1.1 Riqueza específica ( <b>S</b> )	32
6.5.1.2 Índice de Diversidad de Margalef ( <b>D<sub>Mg</sub></b> )	33
6.5.2 Estimación de la estructura	33
6.5.2.1 Índice de Dominancia de Simpson ( <b>λ</b> )	33
6.5.2.2 Coeficiente de Similaridad de Jaccard ( <b>I<sub>j</sub></b> )	33
6.6 Análisis de variables físicas y químicas	34
7. RESULTADOS	35
7.1 Distribución de la abundancia	35
7.1.1 Distribución a escala espacial	38
7.1.1.1 Estación 1	39
7.1.1.2 Estación 2	39
7.1.1.3 Estación 3	40
7.1.2 Distribución a escala temporal	42
7.2 Riqueza y estructura de la comunidad de Trichoptera	45
7.3 Variables físicas y químicas	48
8. DISCUSIÓN	52
8.1 Distribución espacial	52
8.1.1 Estación 3	52

8.1.2 Estación 2	54
8.1.3 Estación 1	56
8.2 Distribución temporal	59
9. CONCLUSIONES	60
10. RECOMENDACIONES	61
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
12. ANEXOS	74

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.** Prueba de Kruskal-Wallis para los índices ecológicos entre las 3 estaciones de muestreo de la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 45
- Tabla 2.** Valores de los índices de diversidad y estructura de la comunidad de Trichoptera en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 45
- Tabla 3.** Prueba de Kolmogorov-Smirnov para verificar variación en los índices ecológicos entre las épocas de altas y bajas precipitaciones en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 46
- Tabla 4.** Valores de las variables físicas y químicas a nivel espacial y temporal en las tres estaciones de muestreo de en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 48
- Tabla 5.** ANOVA a escala espacial y temporal de las variables físicas y químicas medidas en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 48

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Ubicación geográfica del municipio de Andes (Antioquia), Colombia y de las tres estaciones de muestreo 25
- Figura 2.** Estación 1 (E 1), quebrada La Cañaverala, municipio de Andes (Antioquia), Colombia 26
- Figura 3.** Estación 2 (E 2), quebrada El Balso, municipio de Andes (Antioquia), Colombia 27
- Figura 4.** Estación 3 (E 3), quebrada Chorro Blanco, municipio de Andes (Antioquia), Colombia 28
- Figura 5.** Distribución de los valores de abundancia de larvas de tricópteros de la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia, de acuerdo al modelo de distribución de Log-normal 35
- Figura 6.** Abundancia relativa (%) de los géneros de Trichoptera encontrados en las tres estaciones de muestreo en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 36
- Figura 7.** Abundancia relativa (%) de las familias de Trichoptera encontradas en las tres estaciones de muestreo en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 36
- Figura 8.** Estimadores de riqueza *esperada* y *observada* en las tres estaciones de muestreo en la microcuenca La Cañaverala 37
- Figura 9.** Abundancia relativa (%) de los géneros de Trichoptera por estación de muestreo (E 1, E 2 y E 3) en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 40

- Figura 10.** Abundancia relativa (%) de las familias de Trichoptera por estación de muestreo en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 40
- Figura 11.** Variación de la abundancia relativa (%) para las familias más representativas en tres estaciones de muestreo en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 41
- Figura 12.** Registro de la precipitación en la estación experimental meteorológica “El Rosario” (CENICAFE) para los años 2010 y 2011, municipio de Venecia (Suroeste antioqueño), Colombia 42
- Figura 13.** Variación de la abundancia absoluta por género entre las épocas de altas precipitaciones y bajas precipitaciones, en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 43
- Figura 14.** Variación temporal de las cinco familias más representativas en cuanto a abundancia absoluta en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 44
- Figura 15.** Variación temporal de algunos índices ecológicos en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 45
- Figura 16.** Similitud entre estaciones de muestreo en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia, con base en la composición de géneros de Trichoptera de cada una de éstas 46
- Figura 17.** Distribución altitudinal de los géneros de Trichoptera en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 48
- Figura 18.** Comportamiento de las variables físicas y químicas a escala espacial y temporal en las tres estaciones de muestreo en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 50

## LISTA DE ANEXOS

**Anexo 1.** Número de individuos y listado de los géneros y familias del orden Trichoptera (Insecta) recolectados en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia 74

## RESUMEN

Este estudio buscó conocer la composición y estructura de la comunidad larval de Trichoptera (Insecta) en un gradiente altitudinal de la microcuenca La Cañaverala, municipio de Andes (Antioquia), Colombia. Se seleccionaron tres estaciones de muestreo a diferentes altitudes: **E 1**, 1.250 m; **E 2**, 1.548 m; y **E 3**, 1.938 m. En cada estación se realizaron tres muestreos en época de alta pluviosidad (abril-mayo de 2010) y tres en época de baja pluviosidad (enero-febrero de 2011). Para la recolecta de larvas se utilizó una red Surber de 0,09 m<sup>2</sup> de área, tomando 5 réplicas en zona de pozas y 5 en zona de rápidos. En cada estación se midieron in situ: temperatura del agua, concentración de oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales (**SDT**). Se recolectaron 6.320 individuos, agrupados en 29 géneros y 11 familias. Se registra por primera vez para Antioquia la presencia de los géneros *Amphoropsyche* y *Notalina* (Leptoceridae) y *Banyallarga* (Calamoceratidae). No se encontraron diferencias significativas en las abundancias a escala espacial (Estadístico de Levene basado en la media = 0,512; p = 0,6) y temporal (ANOVA: F = 0,99, p = 0,325). Los valores de riqueza (**S**), diversidad (**D<sub>Mg</sub>**) y dominancia (**λ**) de géneros, variaron significativamente en el espacio [K-W (H), p < 0,05] pero no el tiempo (K-S, p > 0,1). El mayor porcentaje de similaridad (**I<sub>j</sub>**) en la composición de géneros se observó entre la **E 1** y la **E 2** (70,0%), y el menor entre la **E 1** y la **E 3** (48,2%). Se encontró que las estaciones con menor heterogeneidad de hábitat (**E 1** y **E 2**) producto del impacto de la intensa actividad cafetera en la zona, son más similares en su composición de géneros, y exhiben menor riqueza (**S**) y diversidad (**D<sub>Mg</sub>**) en comparación con la estación que presenta menor impacto de esta actividad (**E 3**). Sin embargo, a lo largo del gradiente estudiado aún se encuentran larvas de tricópteros pertenecientes a diferentes gremios tróficos como, depredadores, raspadores, trituradores, recolectores y filtradores. Por tal razón, se deduce que la composición y estructura de la comunidad larval de Trichoptera en el área estudiada, está afectada por la variación en la heterogeneidad del hábitat (diversidad de recursos bióticos y abióticos disponibles), la cual está generada por la intervención antrópica de la actividad cafetera.

## 1. MARCO TEÓRICO

Colombia es uno de los países con mayor diversidad biológica a nivel mundial, condición determinada por su ubicación en el extremo noroccidental de Suramérica, lo que le permite tener condiciones climáticas razonablemente estables a lo largo del año, con periodos de bajas y/o altas precipitaciones que son particulares a las subregiones. Por otro lado, lo diverso del relieve topográfico y en especial, el orográfico (extensas cadenas montañosas, valles, sabanas y zonas litorales), propicia la formación de pisos térmicos y el desarrollo de una gran variedad de ecosistemas, entre ellos los acuáticos (Espinal 1990).

El recurso hídrico en Colombia es bastante abundante, encontrándose una amplia variedad de ecosistemas lóticos y lénticos (o leníticos) a lo largo y ancho del territorio. Los primeros ecosistemas están conformados por pequeños arroyos, quebradas y ríos (*aguas con corriente*), mientras que los lénticos por lagos, lagunas y embalses (*aguas con mínima corriente*). Ambos tipos de ecosistemas poseen características biológicas, físicas y químicas propias, que dependen de factores como la ubicación geográfica, geología y la interacción de variables climáticas (Ramírez y Viña 1998, Roldán y Ramírez 2008). La heterogeneidad de variables físicas y químicas presentes en los diferentes ambientes, está en consonancia con la diversidad de organismos que habitan tales ecosistemas como: vertebrados, invertebrados, protozoos, algas, plantas y bacterias.

En los ecosistemas dulceacuícolas colombianos —tanto lénticos como lóticos—, es común la presencia de insectos acuáticos con sus respectivas etapas de desarrollo y que son en alguna medida dependientes del agua. Entre los órdenes de estos insectos se pueden nombrar los: Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Odonata, Plecoptera y Trichoptera. Las diferentes adaptaciones ecológicas, morfológicas, fisiológicas y conductuales que todos estos organismos presentan contribuyen a la dinámica y productividad del ecosistema, debido a los diferentes roles — generalistas y específicos— que cada uno cumple dentro del medio ambiente acuático (McCafferty 1998, Merritt y Cummins 1996, Wiggins 1996, 2004).

La importancia de los insectos acuáticos y en especial de los Trichoptera, radica en las diversas funciones o roles que éstos desempeñan dentro del ecosistema. Algunos, por ejemplo, contribuyen al ciclaje y reciclaje de nutrientes por medio de las actividades alimenticias, resuspensión de sedimentos o bioturbación, excreción, mineralización y filtración de material suspendido en la columna de agua (partículas de materia orgánica gruesa [PMOG] y partículas de materia orgánica fina [PMOF])(Merritt et al. 1984). Dentro de la red trófica, los insectos acuáticos son importantes como consumidores primarios — filtradores, colectores, raspadores, trituradores—, de plantas, microorganismos, algas, hidrofitas y partículas de material orgánico y como depredadores de invertebrados pequeños (copépodos, cladóceros e individuos inmaduros de otros insectos), e inclusive ninfas de Odonata y Hemiptera pueden llegar a depredar larvas pequeñas de peces (Lamberti y Moore 1984, Merritt et al. 2008, Peckarsky 1984).

De igual manera, los insectos acuáticos son importantes dentro de la dinámica de colonización de nuevos hábitats por medio de la movilización de individuos inmaduros y adultos, ya sea dentro del cauce húmedo en el caso de los primeros, o a través de la vegetación de ribera en el caso de los segundos, contribuyendo además a la polinización de muchas especies vegetales ribereñas (Bilton et al. 2001, Sheldon 1984, Wiggins 2004). Los insectos acuáticos, tanto en sus etapas inmadura como adulta, constituyen un componente fundamental en la dieta de muchas especies de peces y otros macroinvertebrados acuáticos (Healey 1984).

### **1.1 Generalidades del orden Trichoptera (Insecta)**

El orden Trichoptera fue inicialmente establecido por Kirby en 1813, luego de percatarse que dentro de los insectos clasificados por Linnaeus en 1758 como neurópteros del género *Phryganea*, habían algunos con una presencia notable de pelos en las alas, por lo que los trasladó a un nuevo grupo (u orden) que denominó **Trichoptera** (del griego *trichos*: pelos y *pteron*: alas)(Holzenthal et al. 2007b).

Los Trichoptera son un orden de insectos holometábolos relacionado filogenéticamente con Lepidoptera y ambos conforman el superorden Amphiesmenoptera (“alas vestidas o cubiertas”), clado que ha sido reconocido como un grupo monofilético (Kristensen 1981, 1991, 1997). A diferencia de los Lepidoptera, que poseen las alas cubiertas por pequeñas estructuras denominadas escamas, los Trichoptera por su parte tienen las alas cubiertas por pelos. También es característico de los Trichoptera la modificación de las piezas bucales en los adultos formando un *haustellum* (Crichton 1957, 1991, 1993), mientras que en la mayoría de los Lepidoptera las partes bucales están modificadas en una larga *probóscide* o *espirotrompa* (Kristensen 1984, 1999). Los Trichoptera poseen antenas largas y filiformes, que incluso en ciertos grupos, pueden llegar a tener una longitud mayor a la del cuerpo; por lo general, cuando los individuos descansan, es característico la posición de las alas en forma de techo o de “V” invertida (Holzenthall et al. 2007b, Morse y Holzenthall 2008, Wiggins 2004, Wiggins y Currie 2008).

## 1.2 Aspectos biológicos

Por ser insectos holometábolos, el ciclo de vida de los tricópteros presenta tres etapas de desarrollo en la fase inmadura; y luego, una etapa en la fase adulta con madurez reproductiva.

*1.2.1 Inmaduros.* La fase de inmadurez reproductiva comprende las etapas de huevo, larva y pupa. Estas etapas se desarrollan en los diferentes ecosistemas dulceacuícolas lóticos y lénticos. Las hembras depositan los huevos sobre el agua, pero en algunas especies éstas se sumergen para ovopositar. Los huevos pueden ser depositados en una matriz denominada “espumalina” que los protege de la desecación y se hidrata al contacto con el agua (Hinton 1981).

**Larvas.** Éstas son similares a las orugas de lepidópteros, con cabeza, tórax y abdomen bien desarrollados (Wiggins 1987, 1996, 2004). La cabeza un poco aplanada dorso-ventralmente, mandíbulas bien desarrolladas, presencia de ocelos, antenas inconspicuas, y con una glándula bucal productora de seda utilizada principalmente en la elaboración de la

casa larval. Los tres segmentos torácicos pueden ser o no esclerotizados dorsalmente y cada uno cuenta con un par de extremidades bien desarrolladas. El abdomen con nueve segmentos, presencia de agallas en posición ventral en algunos grupos y el último segmento o segmento anal, se caracteriza por la presencia de un par de propatas con una uña terminal cada una. Las larvas exhiben diferentes comportamientos en la elaboración del refugio y la casa larval en los tres subórdenes existentes (Holzenthall et al. 2007b, Mackay y Wiggins 1979, McCafferty 1998, Wiggins 1996, 2004).

La larva perteneciente al suborden Annulipalpia construye un refugio, el cual es fijo al sustrato y puede ser de piedrecillas, granos de arena y otros materiales orgánicos e inorgánicos; al lado del refugio son incorporadas redes de seda fina elaborada por la misma larva para captura de alimento.

La larva del “suborden Spicipalpia” es de vida libre en los primeros estadios larvales y desarrolla diferentes estrategias para la construcción de una casa portátil generalmente en los últimos estadios. Las especies de la familia Hydrobiosidae son de vida libre durante toda la etapa larval, es decir, nunca construyen una casa ni un refugio larval y son depredadoras; las de Glossosomatidae construyen una casa para cada etapa larval utilizando granos de arena, se alimentan de diatomeas y otras algas que raspan de la superficie de los sustratos; y las de Hydroptilidae construyen una casa portátil en su última etapa larval, a partir de partículas finas de detritus, granos de arena y algas filamentosas, se alimentan de partículas de materia orgánica y algas que raspan de la superficie de las rocas.

Las larvas del suborden Integripalpia construyen casas portátiles en forma de tubo con diferentes tipos de materiales [seda, materiales orgánicos (vegetal) e inorgánicos (piedrecillas y granos de arena)] y combinación de éstos.

**Pupas.** Se desarrollan dentro de un pupario o *cocoon* de seda dentro del medio acuático. El pupario puede ser una modificación de la casa (“Spicipalpia”, Integripalpia) o del refugio larval (Annulipalpia) o puede ser una nueva construcción.

1.2.2 *Adultos*. Los adultos son de hábitos terrestres y no buenos voladores. Se pueden encontrar cerca al cauce de los cuerpos de agua, posados sobre la vegetación ribereña durante el día, o sobre rocas, troncos, etc. Son principalmente de hábitos crepusculares y nocturnos, aunque en Colombia se han encontrado algunas especies diurnas pertenecientes a los géneros *Atanotica*, *Xiphocentron* y a la familia Hydroptilidae (Muñoz-Quesada 2004). En el trópico son multivoltinos y de vida corta. En general son de tamaño pequeño (aunque algunos individuos pueden alcanzar hasta 40 mm); presentan coloración oscura, parda, gris, y algunos pocos grupos presentan colores llamativos como: rojo, blanco, azul, amarillo, plata, entre otros (figuras 7-10 de Holzenthal et al. 2007b); en Colombia algunos géneros exhiben colores vistosos como: *Nectopsyche*, *Oecetis* y *Phylloicus* (Muñoz-Quesada 2004). Poseen mandíbulas reducidas, con palpos maxilares de cinco segmentos bien desarrollados y palpos labiales de tres segmentos, además la fusión de piezas bucales para formar el *haustellum*, que les permite absorber líquidos (Crichton 1957, 1991, 1993, Holzenthal et al. 2007b). El análisis de las estructuras genitales de los machos adultos es imprescindible para la identificación de los individuos a nivel de especie.

### 1.3 Aspectos taxonómicos

El orden Trichoptera se encuentra distribuido en todas las regiones biogeográficas del mundo, excepto en la Antártica. A escala mundial se han reconocido cinco regiones biogeográficas para Trichoptera: Afrotropical, Australiana, Oriental, Neártica, Neotropical y Paleártica (de Moor e Ivanov 2008, Hozenthal et al. 2007b, Morse 1997, Wiggins 2004).

A julio de 2006, eran reconocidas y clasificadas 12,627 especies, 610 géneros y 46 familias vivientes, y 488 especies, 78 géneros y siete familias fósiles (de Moor e Ivanov 2008). Para diciembre de 2009, los datos fueron: 13,574 especies, 608 géneros y 47 familias vivientes, y 680 especies, 127 géneros y 12 familias fósiles (Morse 2009). En los trópicos, este orden alcanza una mayor diversidad de especies que en las otras regiones biogeográficas, siendo las regiones Oriental y Neotropical las más diversas conteniendo aproximadamente entre 47-77% de las especies de tricópteros (de Moor e Ivanov 2008). La región Neotropical con

2,100 especies y 168 géneros (de Moor e Ivanov 2008), ha sido subdividida en: Subregión Brasileña y Subregión Chilena. Colombia se ubica dentro de la Subregión Brasileña.

Respecto a Colombia, la tricopterofauna se encuentra pobremente estudiada, tanto en aspectos bio-ecológicos e historia natural como en términos de taxonomía.

Entre las investigaciones más recientes se encuentra la de Flint et al. (1999) para la región Neotropical, en la que informan para Colombia de 205 especies reconocidas en la literatura (incluyendo una subespecie), en 45 géneros y 13 familias. Posteriormente, Muñoz-Quesada (2000) publica el primer listado taxonómico de especies del orden Trichoptera conocidas para Colombia, con un total de 210 especies (incluida una subespecie), 45 géneros y 13 familias. En el 2004, Muñoz-Quesada presentó, entre otros aspectos, una actualización del listado del año 2000, con 211 especies (incluida una subespecie), agrupadas en los mismos 45 géneros y 13 familias.

Para el departamento de Antioquia (Colombia), en un estudio sobre aspectos ecológicos y taxonómicos del orden Trichoptera a nivel de género realizado por Correa et al. (1981), comunicaron 20 géneros y 12 familias. En 1988, Correa publicó una clave ilustrada para la identificación de las familias y algunos géneros para el mismo departamento, basada en los reportes del estudio previo de Correa et al. (1981), en la que trabajó con 21 géneros y 12 familias. Posteriormente, Flint (1991) dio a conocer el primer listado taxonómico de tricópteros para el departamento, con 124 especies, 37 géneros y 14 familias. Más recientemente, Posada-García y Roldán-Pérez (2003), con base en un estudio de las larvas de Trichoptera en diferentes localidades y pisos altitudinales del departamento, elaboraron una clave ilustrada de identificación de las larvas de los 33 géneros y 13 familias encontrados.

Algunos otros estudios en otros aspectos en los que se ha utilizado a los tricópteros en Antioquia son: Caicedo y Palacio (1998), Matthias y Moreno (1983), Pérez y Roldán (1978) en calidad del agua; Machado y Roldán (1981), Montoya (2008), Posada et al. (2000), Ramírez y Roldán (1989), Roldán et al. (1984), sobre caracterización biótica y

abiótica de sistemas acuáticos; Rúa y Roldán (2008) y Wolff et al. (1988), acerca de emergencia de insectos acuáticos.

#### **1.4 Relaciones filogenéticas**

Estudios cladísticos de los últimos 25 años de las relaciones filogenéticas al interior del orden Trichoptera, han dado como resultado un desacuerdo en cuanto al carácter monofilético de las relaciones entre los tres subórdenes “reconocidos”: Annulipalpia, “Spicipalpia” e Integripalpia (Holzenthall et al. 2007b).

Ross (1956, 1967) sin métodos cladísticos reconoció 2 subórdenes monofiléticos: Annulipalpia e Integripalpia. Posteriormente, Weaver (1984) utilizando los conceptos de la metodología cladística, reconoció al suborden Spicipalpia como monofilético y a Annulipalpia como su grupo hermano. En 1989, Wiggins y Wichard propusieron una hipótesis filogenética alternativa del orden basada en las características del capullo pupal, ubicando a Spicipalpia como grupo basal y Annulipalpia e Integripalpia como grupos derivados y hermanos. Morse (1997), presentó un resumen sobre las hipótesis filogenéticas hasta ese momento. Luego, Ivanov presentó evidencia morfológica cuestionando el carácter monofilético del suborden Spicipalpia a parafilético (Ivanov 1997, Ivanov y Sukatcheva 2002). En el 2002, Ivanov consideró a Hydroptilidae + Glossosomatidae de “Spicipalpia” como aliados a Integripalpia, mientras que Rhyacophilidae e Hydrobiosidae de “Spicipalpia” como grupo hermano de Annulipalpia (figuras 53-56 de Holzenthall et al. 2007b; figura 39 de Wiggins 2004).

Kjer et al. (2001, 2002) utilizando caracteres moleculares y morfológicos, obtuvieron resultados que apoyan la monofilia de y entre los subórdenes Annulipalpia e Integripalpia, mientras que “Spicipalpia” resultó no ser parafilético. Una actualización de la filogenia de Trichoptera por Holzenthall et al. (2007a) con base en el análisis Bayesiano y Parsimonioso de cuatro bases de datos independientes (rRNA nuclear, EF-1 $\alpha$ , COI y morfológica) y utilizando 210 taxones que representan todas las familias de Trichoptera (excepto, Antipodoeciidae), mostró el carácter no monofilético de “Spicipalpia” y sus familias como

aliados a Integripalpia. Este último suborden y Annulipalpia como grupos monofiléticos (figuras 2 y 6 en Holzenthal et al. 2007a, figura 57 en Holzenthal et al. 2007b).

### 1.5 Importancia ecológica del orden Trichoptera

Las larvas de tricópteros se encuentran en mayor diversidad en sistemas lóticos bien oxigenados que en ecosistemas lénticos. En cuerpos lóticos colombianos, los Trichoptera constituyen uno de los órdenes de insectos acuáticos más importantes, debido a su mayor abundancia, diversidad y distribución, así como por su desempeño en diferentes roles ecológicos en conjunto con los demás órdenes de insectos acuáticos (Mackay y Wiggins 1979, Wiggins 1996, 2004). Las larvas de Trichoptera son componentes importantes en la red trófica: a nivel de **herbivoría** se presentan grupos como *raspadores* de diatomeas y perifiton, *trituradores* de plantas vasculares e hidrofitas, y *perforadores* que succionan o chupan los fluidos internos de plantas vasculares e hidrofitas; a nivel de **detritívoros** se encuentran *colectores filtradores* de partículas de materia orgánica fina (**PMOF**), *colectores recogedores* de fragmentos de plantas, heces de otros insectos y partes corporales de invertebrados, y *trituradores* de partículas de materia orgánica gruesa (**PMOG**), madera y tejido descompuesto; y finalmente, los **depredadores** (tejido animal vivo de pequeños invertebrados y carroñeros) (Cummins 1973, 1974, Cummins y Klug 1979, Cummins et al. 2008). De igual manera, los adultos de Trichoptera revisten gran importancia ecológica debido a sus hábitos de dispersión y forrajeo en las zonas riparias, lo que los convierte en presas de pájaros, murciélagos e invertebrados (e. g., arañas, insectos) en tierra, y de peces, crustáceos, anfibios, entre otros, en el agua (Huryn et al. 2008).

Los Trichoptera, junto con otros miembros de órdenes de insectos acuáticos forman parte de los denominados macroinvertebrados acuáticos (individuos de tamaño corporal > 0.5 mm), los cuales han sido implementados en programas de biomonitoreo de calidad de aguas, debido a su sensibilidad a los cambios biológicos, hidrológicos, físicos y químicos del medio acuático, ya sean de origen antrópico o natural. Otras razones que se pueden mencionar por las cuales dichos organismos son utilizados en tales programas son: su alto número de especies y géneros ofrece un amplio espectro de respuestas a nivel de especie o

género, su ciclo de vida en los trópicos permite tener varias generaciones al año (multivoltinos) permitiendo la detección a largo plazo de las perturbaciones en el ambiente, respuestas específicas (alteraciones morfo-fisiológicas) de las especies a determinados tipos de contaminación, su naturaleza sedentaria ofrece facilidad para estudios espacio-temporales, y son de fácil muestreo (Alba-Tercedor 1996, Bonada et al. 2006, Hauer y Resh 2007, Resh 1993, 1995, Resh y Rosenberg 1984, Resh y Unzicker 1975, Roldán 2003, Rosenberg y Resh 1993, Rosenberg et al. 2008).

Entre los factores espacio-temporales que ejercen influencia sobre las variables físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas lóticos está el gradiente altitudinal, ya que provoca variaciones en la dinámica ecológica de la composición y estructura de las comunidades acuáticas, desde la zona alta hasta la baja de los ríos. Por tal motivo, las comunidades de tricópteros exhiben diferencias en su composición y estructura a lo largo de los gradientes altitudinales (Graf et al. 2008, Ross y Wallace 1982, Vannote et al. 1980, Whittaker 1975).

Sin embargo, a pesar de la significativa influencia que ejerce el gradiente altitudinal sobre la composición y estructura de las comunidades de tricópteros, los conocimientos existentes acerca de este aspecto son aún escasos en el departamento de Antioquia y en Colombia. Algunos de los trabajos realizados en Colombia acerca de la distribución altitudinal de larvas de tricópteros, son los hechos en Boyacá y otras zonas de la cordillera Oriental por Rincón (1996, 1999); en Tolima por Guevara et al. (2005) y Vásquez-Ramos (2010); y en Antioquia por Correa et al. (1981) y Posada-García y Roldán-Pérez (2003).

## 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La variación del gradiente altitudinal de los ecosistemas lóticos desde una zona alta de cabecera hacia una baja de desembocadura, provoca cambios en la composición y estructura de las comunidades biológicas —como la de los Trichoptera— que habitan en ellos. Estos cambios son la respuesta del acoplamiento y la tolerancia de las especies a tal variación altitudinal del medio a través de las relaciones biológicas (disponibilidad de recursos alimenticios, depredación, competencia, etc.). Asimismo, la variación altitudinal también repercute en las variables abióticas del medio como las físicas y químicas del agua (concentración de oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, etc.), y otras como: patrones de flujo de la corriente, tipos de sustrato y diversidad de microhábitats (Closs et al. 2004, Jacobsen et al. 2003, Vannote et al. 1980).

Sin embargo, los factores que afectan el medio ambiente acuático no son únicamente de origen natural como los anteriormente mencionados. Actividades de origen antrópico como la agricultura ejercen presiones directas sobre ecosistemas acuáticos y terrestres, causando fragmentación del hábitat y pérdida de la biodiversidad. En Colombia, un ejemplo de esta situación se observa en el cultivo del café, ya que la actividad cafetera se desarrolla en zonas que se caracterizan por presentar alta diversidad biológica y endemismos (Guhl 2009, Donald 2004, Sánchez et al. 2008). Por tal razón, se hace necesario conocer la biodiversidad existente en regiones donde se encuentran establecidos cultivos de café y comprender las dinámicas ecológicas de la biota allí existente, con el fin de crear y promover estrategias que contribuyan a su conservación.

Por otro lado, a pesar de la alta diversidad biológica que presentan los ecosistemas dulceacuícolas en Colombia, poco se conoce aún acerca de las dinámicas ecológicas que presentan las comunidades de insectos acuáticos en respuesta al efecto del gradiente altitudinal, en particular las comunidades del orden Trichoptera. Como se detalló anteriormente, las comunidades de este orden de insectos acuáticos desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas lóticos debido a su amplia distribución, diversidad y abundancia, a su rol fundamental en la red trófica, en el

transporte de energía, en la productividad del ecosistema y como bioindicadores en programas de manejo ambiental para la detección y evaluación de disturbios o alteraciones y restauración del medio ambiente (Alba-Tercedor 1996, Buss et al. 2004, Houghton 2007, Wiggins 1996).

A partir de las circunstancias anteriormente enunciadas, se pretendió entonces con este trabajo determinar la composición y estructura de la comunidad larval de tricópteros en un gradiente altitudinal entre los 1.250 y los 1.938 m, ubicado en la microcuenca La Cañaverala, en el municipio de Andes (Antioquia), Colombia.

### **3. HIPÓTESIS**

A lo largo del gradiente altitudinal del ecosistema lótico se presentan variaciones en la *heterogeneidad* del hábitat (cobertura vegetal ribereña, oferta de alimento, sustratos) y en las características físicas y químicas (temperatura del agua, concentración de oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales). Por lo tanto, existen diferencias en la composición y estructura de la comunidad de larvas de tricópteros en tres sitios ubicados a diferentes altitudes (1.250, 1.548 y 1.938 m).

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Conocer la composición y estructura de la comunidad de larvas de tricópteros en tres sitios ubicados a diferentes altitudes (1.250, 1.548 y 1.938 m), en la microcuenca La Cañaverala, municipio de Andes (Antioquia), Colombia.

#### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar la comunidad larval de tricópteros recolectados en la microcuenca La Cañaverala.
- Describir la composición y estructura de la comunidad larval de tricópteros con base a tres sitios ubicados a diferentes altitudes (1.250, 1.548 y 1.938 m).
- Comparar el grado de similitud de los tres sitios de muestreo (1.250, 1.548 y 1.938 m de altitud), a partir de la composición larval de su tricopterofauna.
- Analizar algunas variables físicas y químicas del agua a escala espacial y temporal y relacionarlas con la comunidad de larvas de tricópteros en los tres sitios de muestreo del gradiente altitudinal.

## 5. JUSTIFICACIÓN

La actividad cafetera constituye aún hoy día, uno de los renglones más importantes de la economía en Colombia. Sin embargo, esta actividad agrícola genera una serie de consecuencias adversas sobre el medio ambiente, entre las que se destacan la fragmentación del hábitat, pérdida del bosque a favor del monocultivo, disminución de la biodiversidad, y alteraciones del potencial y recurso hídrico por deforestación y contaminación (Guhl 2009, Zambrano e Isaza 1998).

El municipio de Andes (Antioquia) se caracteriza por su arraigada tradición de cultivar café, especialmente en la microcuenca La Cañaverala, por lo que ésta no ha escapado a dicha problemática ecológica (Arboleda 2004). La mayor parte del área forestal de la microcuenca se encuentra intervenida por cultivos de café, actividad que ha provocado alteraciones en la cobertura vegetal de las zonas ribereñas y contaminación de las quebradas al arrojar los residuos del beneficio y procesamiento del grano, particularmente en las cercanías al “Área de Reserva Forestal Protectora-Productora Chorros Blancos - La Negra”, un territorio importante para la región por su gran riqueza hídrica. Los tricópteros, como se ha mencionado anteriormente, son uno de los componentes biológicos fundamentales en los ecosistemas lóticos colombianos por sus roles ecológicos en el funcionamiento y equilibrio dinámico de estos ecosistemas. La utilización de estos organismos en otras regiones del mundo con fines de evaluación, monitoreo y restauración por los efectos de las actividades agroindustriales, han demostrado que son excelentes indicadores biológicos en programas de manejo de conservación de ecosistemas acuáticos (Dohet 2002, Houghton 2007, Resh 1993, Wiggins y Mackay 1978).

De tal modo, ante la problemática generada por la actividad cafetera en Andes debido a los impactos negativos que ésta ejerce en los ecosistemas acuáticos, se hace necesario la implementación de programas de evaluación, monitoreo y restauración de dichos ecosistemas en la microcuenca, lo que requiere en primera instancia la realización de estudios que arrojen información acerca de la composición y estructura ecológica de las comunidades biológicas que habitan la microcuenca La Cañaverala, en especial las del

orden Trichoptera, aportando a la vez al conocimiento de este orden en el municipio de Andes y el Suroeste del departamento de Antioquia.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Área de estudio

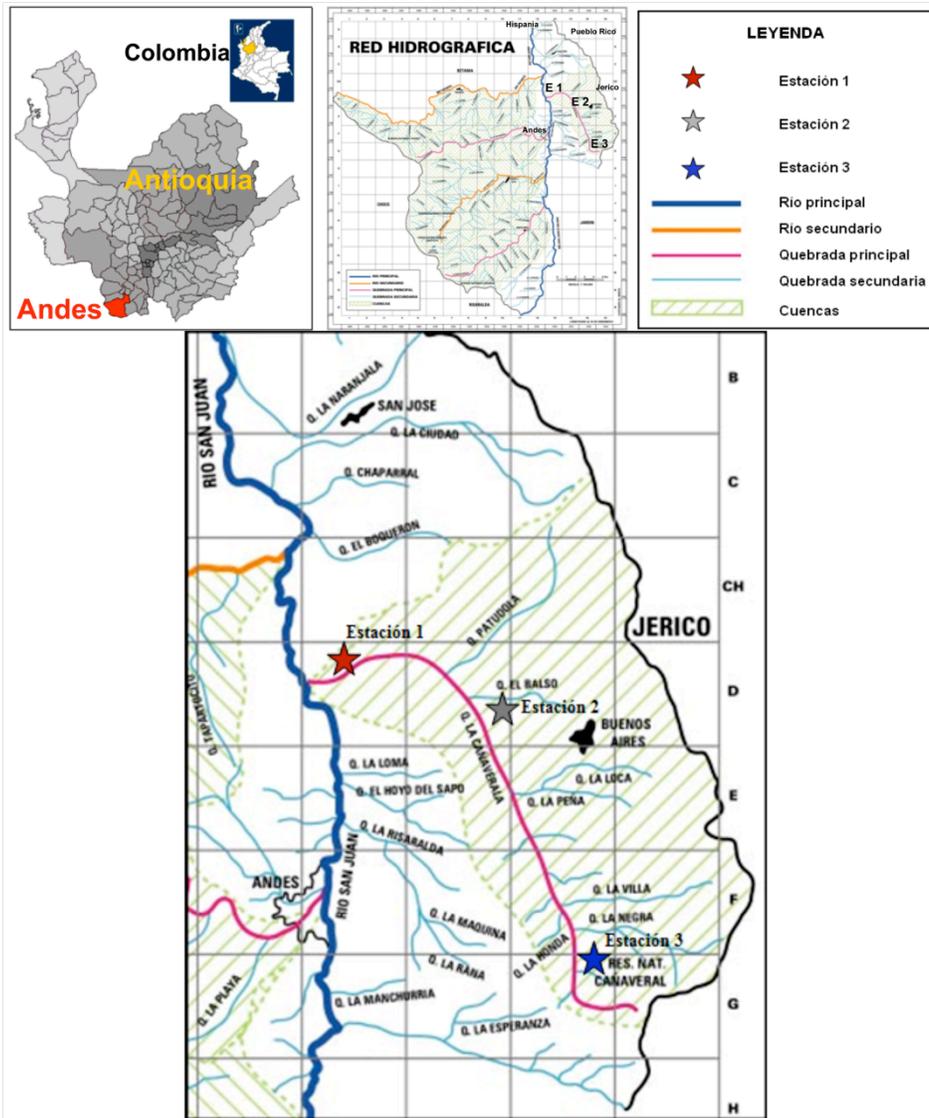
Este trabajo se realizó en la microcuenca La Cañaverala del municipio de Andes, ubicado en la subregión Suroeste del departamento de Antioquia (Colombia), sobre la vertiente oriental de la cordillera Occidental. Andes cuenta con una extensión de 444 km<sup>2</sup> y su área rural está dedicada casi exclusivamente al cultivo del café, por lo que se considera a este municipio como uno de los de mayor tradición cafetera en todo Colombia (MA 2010).

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge (1987), Andes cuenta con tres zonas de vida en su territorio: bosque muy húmedo premontano (**bmh-PM**), bosque pluvial montano bajo (**bp-MB**) y bosque muy húmedo montano bajo (**bmh-MB**). Su cabecera municipal se encuentra ubicada a 1.360 m.s.n.m., con un promedio anual de temperatura de 21 °C y pluviosidad de 2.092 mm. Por estar ubicado en la región Andina, la precipitación en el municipio exhibe un régimen bimodal, con un pico de lluvias durante los meses de abril-mayo y octubre-noviembre, y una temporada de menor precipitación durante los meses de enero-marzo y junio-septiembre (Jaramillo 2005).

El presente estudio se llevó a cabo en la microcuenca de la quebrada La Cañaverala (zona de vida **bh-PM** y **bmh-PM**), que forma parte de la cuenca del río San Juan. Esta quebrada cuenta con una longitud aproximada de 10,5 km, nace a una altitud de 2.400 m y desemboca en el río San Juan a 1.200 m, con un recorrido en sentido sur-norte en el municipio y con márgenes dominados en su mayoría por cultivos de café mezclado con plantas de plátano (Arboleda 2004).

### 6.2 Selección de sitios de muestreo

Mediante una visita previa al área de la microcuenca de la quebrada La Cañaverala, se establecieron tres estaciones de muestreo a 1.250, 1.548 y 1.938 m.s.n.m. (figura 1).



**Figura 1.** Ubicación geográfica del municipio de Andes (Antioquia), Colombia y de las tres estaciones de muestreo [*estrellas*; (E 1) 1.250, (E 2) 1.548 y (E 3) 1.938 m.s.n.m.] en la microcuenca de la quebrada La Cañaverala [fuente: mapa de la red hidrográfica de Andes (MA 2010)]

6.2.1 *Estación 1 (E 1)*. Localizada sobre la quebrada La Cañaverala, vereda La Bodega (05° 41' 29,7'' N; 75° 52' 32,4'' O), a una altitud de 1.250 m, es la estación que se encuentra más cerca a la desembocadura al río San Juan (figura 1). En esta estación, las aguas de La Cañaverala discurren por el lecho con poca pendiente y cauce amplio, con un bajo grado de cobertura vegetal natural de ribera, el margen derecho (en sentido aguas abajo) con una

angosta franja dominada por cañabrava [*Gynerium* sp. (Poaceae)], y el margen izquierdo presenta una angosta franja de cobertura vegetal natural ribereña y una extensa área cultivada con café [*Coffea arabica* (Rubiaceae)] y plátano [*Musa acuminata* (Musaceae)] (figura 2).



**Figura 2.** Estación 1 (E 1), quebrada La Cañaverala, municipio de Andes (Antioquia), Colombia

6.2.2 Estación 2 (E 2). Ubicada en la quebrada El Balso a una altitud de 1.548 m, a 350 m antes de la desembocadura de esta en la quebrada La Cañaverala, vereda La Venenosa (05° 41' 24,7'' N; 75° 50' 50,4'' O) (figura 1). En esta estación se presenta un lecho con baja pendiente (de aproximadamente 10 – 30°) y cobertura de vegetación natural ribereña moderada, en el margen derecho se encuentra un cultivo de café intercalado con plátano y en el izquierdo una pequeña zona de potreros (figura 3).



**Figura 3.** Estación 2 (E 2), quebrada El Balso, municipio de Andes (Antioquia), Colombia

6.2.3 Estación 3 (E 3). Se ubica en la quebrada Chorro Blanco a una altitud de 1.938 m ( $05^{\circ} 39' 04''$  N;  $65^{\circ} 49' 09''$  O) a  $\sim 1.000$  m antes de la desembocadura de esta en la quebrada La Cañaverala, vereda Alto Cañaveral (figura 1). Posee una buena cobertura de vegetación natural de ribera en ambos márgenes, sobre el margen derecho áreas de cultivo de café con plátano y yuca [*Manihot* sp. (Euphorbiaceae)], en el margen izquierdo potreros, y el cauce del lecho presenta moderada pendiente (de aproximadamente  $30 - 60^{\circ}$ ) (figura 4). A 75 m aguas arriba de esta estación se encuentra una de las bocatomas del Acueducto Multiveredal del municipio de Andes y empieza el “Área de Reserva Forestal Protectora-Productora Chorros Blancos – La Negra”, administrada por CORANTIOQUIA (Arboleda 2004).



**Figura 4.** *Estación 3 (E 3)*, quebrada Chorro Blanco, municipio de Andes (Antioquia), Colombia

### **6.3 Muestreo**

Para la recolección de las muestras biológicas y la medición de las variables físicas y químicas del agua, cada estación fue visitada en tres ocasiones con una periodicidad quincenal en época de alta pluviosidad (abril-mayo de 2010) y el mismo tratamiento en época de baja pluviosidad (enero-febrero de 2011), para un total de seis visitas por estación.

#### *6.3.1 Colecta de individuos*

La recolección de especímenes de las tres estaciones de muestreo (**E 1**, **E 2**, **E 3**) se realizó durante el mismo día, con el fin de procurar obtener la mayor homogeneidad posible de condiciones para la toma de datos. Se realizó un muestreo previo a los muestreos oficiales con el objetivo de probar el funcionamiento del diseño experimental propuesto y así corregir posibles errores durante la ejecución de la fase de campo.

Para la recolección de los individuos inmaduros se estableció en cada estación un *transecto* de 30 m de largo. Sobre dicho transecto fueron establecidos 2 *estratos*: **1**) zona de rápidos

(alta velocidad de la corriente) y 2) zona de pozas (baja velocidad de la corriente). Cada estrato se dividió en *cuadrículas* de 50 x 50 cm. En cada estrato fueron escogidas al azar cinco cuadrículas y sobre cada una de ellas se colocó una red Surber de 0,09 m<sup>2</sup> como área de muestreo. Se recolectaron los organismos con dicha red por un periodo de 3 min, la totalidad de individuos recolectados en cada cuadrícula se asumió y denominó como una *muestra*. El contenido de cada muestra con los respectivos datos de recolecta se depositó en una bolsa plástica de cierre hermético con alcohol al 70%. En total por estación se obtuvieron 10 muestras (5 muestras por zona de rápidos y 5 por zona de pozas). El total de muestras en cada jornada de trabajo por las tres estaciones fue de 30. Finalmente, las 30 muestras se transportaron al laboratorio de Limnología del Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, para la respectiva identificación y curación. La identificación de los tricópteros inmaduros se llevó hasta la categoría taxonómica de género, mediante la utilización de un estereoscopio ZEISS-Stemi VD4 y las claves taxonómicas de Correa (1988), Domínguez y Fernández (2009), Posada-García y Roldán-Pérez (2003), Merritt et al. (2008) y Wiggins (1996).

Una vez procesados, los tricópteros inmaduros se dispusieron en frascos PET de 30 ml, con alcohol al 70% y se depositaron en la Colección de Limnología de la Universidad de Antioquia (CLUA).

### 6.3.2 Medición de variables físicas y químicas

Previo a la recolección de los tricópteros inmaduros, en cada estación se midieron *in situ* las siguientes variables físicas y químicas del agua: temperatura, concentración de oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales (SDT).

## 6.4 Análisis estadístico de los datos

Los valores de abundancia absoluta de individuos por género para la microcuenca y para cada estación, así como los de las variables físicas y químicas, fueron sometidos a comprobación de los supuestos requeridos para el empleo de análisis paramétricos

(Guisande-González et al. 2006): prueba estadística de significancia de  $\chi^2$  ( $\chi^2$ ) y contraste de normalidad de Shapiro-Wilk (**S-W**) mediante el programa STATISTICA 6.0, con el fin de determinar si los datos se ajustaban al modelo de distribución normal. Para comprobar el supuesto de homogeneidad de varianza de los valores de abundancia y de las variables físicas y químicas entre las tres estaciones, se empleó la prueba del Estadístico de Levene basado en la media, con el programa SPSS versión 19.

#### 6.4.1 Distribución de las abundancias

**Escala espacial.** Un ANOVA de un factor (las estaciones) fue aplicado para determinar si existían diferencias significativas en las abundancias entre las tres estaciones de muestreo. Para analizar la variación de la abundancia relativa entre los datos obtenidos del número de individuos de cada género y cada familia en la microcuenca, se generaron gráficos de barras a partir de los valores observados para cada taxón, ordenándolos del más al menos abundante. Asimismo, se construyeron gráficos similares a los anteriores para analizar la variación de la abundancia relativa de cada taxón entre y dentro de las tres estaciones de muestreo.

Para evaluar la eficiencia del muestreo se aplicaron en cada una de las tres estaciones de muestreo los estimadores no paramétricos de riqueza esperada ACE, Chao 1, Coleman (o Rarefacción) y el de riqueza observada “S obs”, mediante el paquete estadístico STIMATES 8.2.0, ya que dichos estimadores son algunos de los más apropiados cuando se cuenta con datos de abundancia (Villareal et al. 2006). Para prevenir posibles anomalías en la forma de las curvas de riqueza debidas al orden en el que las muestras se adicionaron al total, los datos se aleatorizaron 50 veces antes de calcular los estimadores propuestos (Colwell y Coddington 1994). Con los resultados obtenidos se construyeron curvas de riqueza *observada* (número de géneros recolectados) y *esperada* (según los estimadores) acumulada a medida que se aumentaba el número de muestreos.

**Escala temporal.** Con el objetivo de comprobar si existían diferencias significativas entre las abundancias durante la época de mayor pluviosidad (*altas precipitaciones*) y menor

pluviosidad (*bajas precipitaciones*), también se realizó un ANOVA de un factor, asumiendo como factor las épocas. Por medio de gráficos de barra se analizó la variación en la abundancia por género en cada una de las dos épocas de muestreo. También se analizó el comportamiento de la abundancia en el tiempo (a lo largo de los seis muestreos) de las cinco familias que presentaron los mayores valores en dicha variable.

Ya que el municipio de Andes se encuentra situado en la zona cafetera Nor-occidental de Colombia (exactamente en el Suroeste antioqueño), los datos de precipitación utilizados para los análisis mencionados anteriormente fueron tomados de la red meteorológica de CENICAFE (2010 y 2011), estación experimental El Rosario, municipio de Venecia (Suroeste antioqueño), la más cercana al municipio de Andes.

## **6.5 Composición y estructura de la comunidad de Trichoptera**

La descripción de la estructura de la comunidad de tricópteros en cada estación se realizó según lo propuesto por Moreno (2001), a partir de la *diversidad alfa*, teniendo en cuenta métodos basados en riqueza (cuantificación del número de géneros) y en estructura (mediante las abundancias proporcionales de los géneros), ya que a partir de la información sobre la diversidad de una comunidad, se pueden evaluar posibles cambios en el ambiente.

La comparación de la composición de géneros de tricópteros entre las tres estaciones se realizó a partir de la *diversidad beta*, mediante una medida de similitud/disimilitud, aplicando el Coeficiente de Similitud de Jaccard (Moreno 2001). A partir de datos de presencia-ausencia, esta medición permite evaluar el cambio en la diversidad de las especies a lo largo de un gradiente (Wilson y Mohler 1983).

### **6.5.1 Estimación de la riqueza**

*6.5.1.1 Riqueza específica (S)*: corresponde al número total de géneros, obtenida ésta por medio del conteo de los géneros de tricópteros encontrados en la estación muestreada.

6.5.1.2 *Índice de Diversidad de Margalef* ( $D_{Mg}$ ): este supone una relación funcional entre el número de géneros y el número total de individuos, por lo cual, la diversidad de géneros también se estimó para cada estación mediante este índice.

$$DMg = \frac{S - 1}{\ln N}$$

donde:

$S$  = número de géneros

$N$  = número total de individuos

## 6.5.2 Estimación de la estructura

6.5.2.1 *Índice de Dominancia de Simpson* ( $\lambda$ ): en base a la abundancia proporcional de géneros, éste índice se calculó para cada estación, ya que toma en cuenta la representatividad de los géneros con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de los géneros (Moreno 2001). Este índice es calculado a partir de:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

donde:  $p_i$  es el número de individuos del género  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Para determinar si existían diferencias significativas en la riqueza, la diversidad y la equidad de géneros entre las tres estaciones, se aplicó un test de Kruskal-Wallis ( $H$ ).

6.5.2.2 *Coefficiente de Similaridad de Jaccard* ( $I_j$ ): se aplicó para comparar el grado de similitud en la composición de géneros entre las tres estaciones. Éste expresa el grado en el que dos estaciones son semejantes por los géneros presentes en ellas (Moreno 2001).

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

donde:

*a* = número de géneros presentes en el sitio A

*b* = número de géneros presentes en el sitio B

*c* = número de géneros presentes en ambos sitios A y B

## **6.6 Análisis de variables físicas y químicas**

Para comprobar si existían diferencias en las variables físicas y químicas del medio acuático, tanto a escala espacial (en las tres estaciones) como temporal (época de altas y bajas precipitaciones), se realizó un **ANOVA** de un factor con el programa SPSS versión 19, asumiendo las estaciones como factor. Con este mismo programa se realizaron regresiones lineales simples entre la abundancia (variable dependiente) y los de cada una de las variables físicas y químicas, con el objetivo de comprobar alguna relación de dependencia entre la primera y las últimas; un tratamiento similar se realizó para la riqueza, asumiéndola como variable dependiente. Adicionalmente, se construyeron gráficas para analizar el comportamiento de las variables físicas y químicas a escala espacial y temporal.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Distribución de la abundancia

El Log-normal es uno de los modelos más comúnmente utilizados en ecología, el cual presenta un patrón en el que las especies con abundancia intermedia son las más frecuentemente encontradas en la naturaleza y la aparición de especies raras puede estar limitada a interacciones con el ambiente (Magurran 1988). Este fue el modelo de distribución al cual se ajustaron mejor los valores de abundancia de los géneros de Trichoptera en la microcuenca La Cañaverala ( $\chi^2 = 2,68$ ,  $p = 0,26$ ,  $N = 30$ , S-W = 0,96,  $p < 0,39$ ) (figura 5).

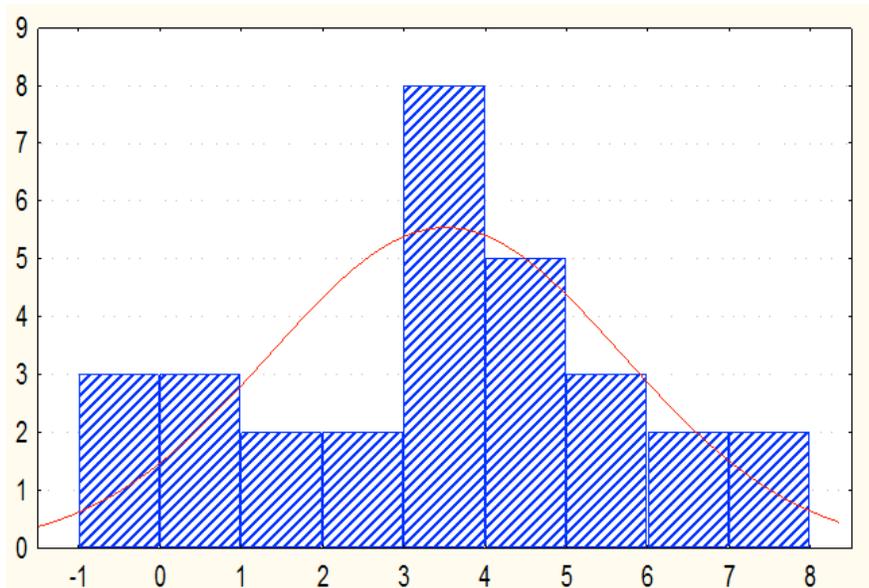
La prueba para verificar la homogeneidad de varianzas mostró que no hay diferencias significativas en las abundancias entre las tres estaciones de muestreo (estadístico de Levene basado en la media = 0,512;  $p = 0,6$ ). Una vez verificados los supuestos de distribución normal y homogeneidad de varianzas, se cumplen los requisitos para analizar los datos mediante la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas (Guisande-González et al. 2006).

La comunidad larval de Trichoptera de la microcuenca La Cañaverala estuvo representada por un total de 6.320 individuos, agrupados en 29 géneros y 11 familias (anexo 1). Se registra por primera vez para el departamento de Antioquia la larva de los géneros *Amphoropsyche* y *Notalina* (Leptoceridae) y *Banyallarga* (Calamoceratidae). Para la determinación taxonómica de la larva de *Amphoropsyche* se tuvo en cuenta la descripción hecha por Holzenthal (1986), para la de *Notalina* la descripción de Calor y Froehlich (2008); y para la de *Banyallarga* las descripciones de Botosaneanu y Flint (1982) y Flint y Angrisano (1985).

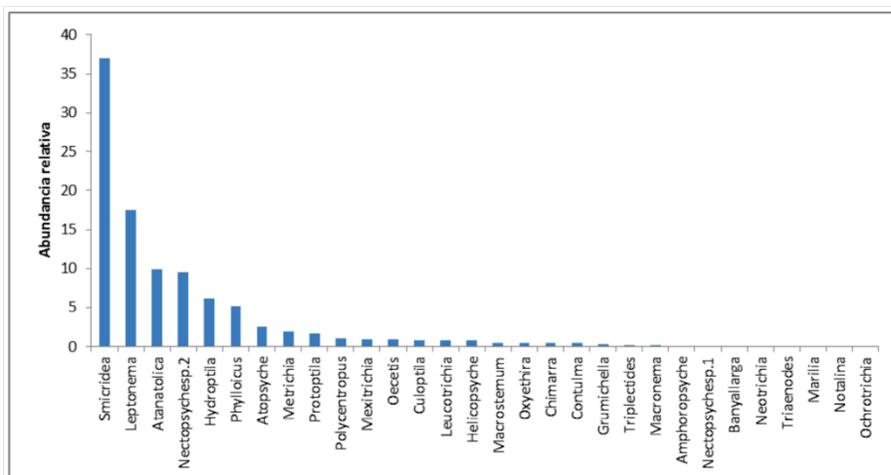
El género que presentó la mayor abundancia relativa fue *Smicridea* (Hydropsychidae) con 37,0% del total de los individuos recolectados, seguido por *Leptonema* (Hydropsychidae) con 17,0%, *Atanatolica* (Leptoceridae) con 9,9%, *Nectopsyche* sp. 2 (Leptoceridae) con

9,5% e *Hydroptila* (Hydroptilidae) con 6,2%. Por el contrario, los géneros *Marilia* (Odontoceridae), *Notalina* (Leptoceridae) y *Ochrotrichia* (Hydroptilidae), presentaron los valores más bajos de abundancia, cada uno con 0,02% (figura 6).

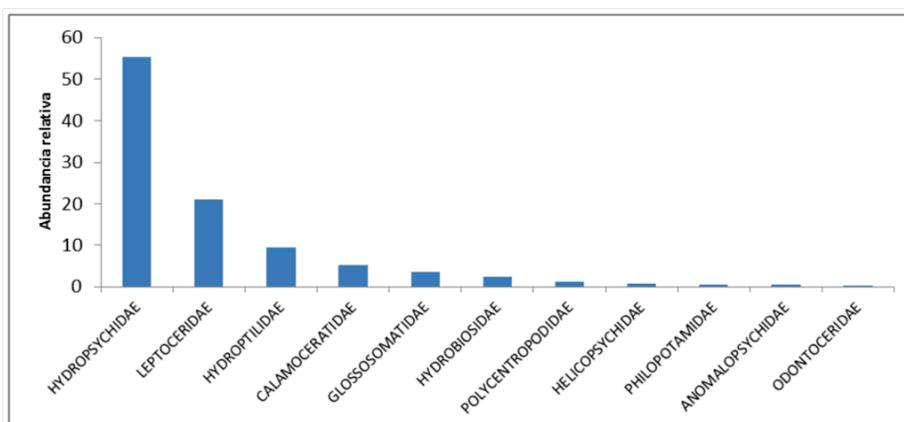
Los mayores valores de abundancia relativa a nivel de familia se observaron en Hydropsychidae con 55,2%, Leptoceridae 21,1% e Hydroptilidae 9,5%, mientras que los más bajos se observaron en las familias Philopotamidae y Anomalopsychidae con 0,41% cada una, y Odontoceridae con 0,02% (figura 7). De manera similar, las familias que presentaron la mayor riqueza genérica fueron: Leptoceridae (9 géneros), Hydroptilidae (6 géneros) e Hydropsychidae (4 géneros) (anexo 1).



**Figura 5.** Distribución de los valores de abundancia de larvas de tricópteros de la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia, de acuerdo al modelo de distribución de Log-normal

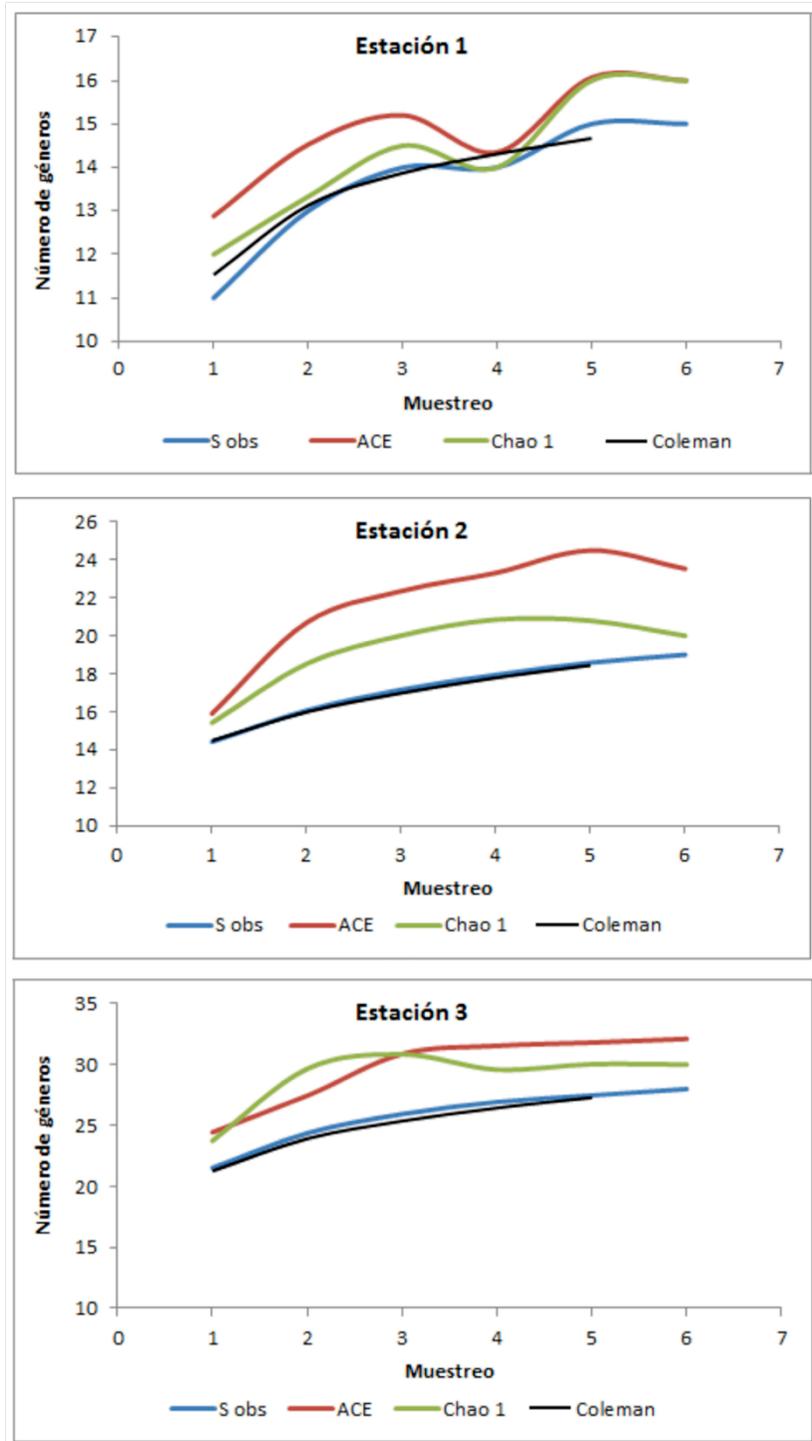


**Figura 6.** Abundancia relativa (%) de los géneros de Trichoptera encontrados en las tres estaciones de muestreo en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia



**Figura 7.** Abundancia relativa (%) de las familias de Trichoptera encontradas en las tres estaciones de muestreo en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia

Los estimadores para evaluar la riqueza esperada (ACE, Chao 1 y Coleman) mostraron valores cercanos a los de riqueza observada, así como valores similares entre ellos. El estimador de Coleman presentó el mejor ajuste con respecto a la riqueza observada, alcanzando una eficiencia del 100% en las tres estaciones de muestreo. Para la *estación 1*, el ACE y el Chao 1 mostraron una eficiencia del 93,75% cada uno; en la *estación 2*, el Chao 1 mostró una eficiencia del 95% y el ACE del 80,7%; para la *estación 3* la eficiencia del ACE fue de 87,2% y la del Chao 1 del 93,3% (figura 8).



**Figura 8.** Estimadores de riqueza *esperada* y *observada* en las tres estaciones de muestreo en la microcuenca La Cañaverala (S obs: número de géneros observados)

### 7.1.1 Distribución a escala espacial

En cuanto a los valores de abundancia entre las tres estaciones muestreadas, la prueba de ANOVA indicó que no existen diferencias significativas en esta variable ( $F = 0,194$ ,  $p = 0,824$ ).

*7.1.1.1 Estación 1 (E 1, figura 2).* Situada a más baja altitud (1.250 m), fue la que presentó la menor cantidad de individuos (1.327). Los valores más altos de abundancia relativa (%) para esta estación se observaron en los géneros *Nectopsyche* sp.2 (30,3%), *Leptonema* (28,8%), *Smicridea* (14,2%) e *Hydroptila* (8,5%), mientras que los más bajos se observaron en *Nectopsyche* sp.1 (0,38%), *Leucotrichia* (0,30%), *Chimarra* y *Triaenodes* (0,08% cada uno) (figura 9).

Las familias más representativas en cuanto a abundancia relativa (%) fueron: Hydropsychidae (9,0%), Leptoceridae (6,6%) y Glossosomatidae (2,4%); pero las familias que mostraron los valores más bajos fueron: Hydrobiosidae (0,89%), Helicopsychidae (0,09%) y Philopotamidae (0,02%) (figura 10).

*7.1.1.2 Estación 2 (E 2).* Estación de muestreo a una altitud de 1.528 m y con la mayor cantidad de individuos recolectados (3.175). El género con mayor abundancia relativa (%) de individuos fue *Smicridea* (64,3%), seguido por *Leptonema* (16,9%), *Nectopsyche* sp. 2 (5,8%) e *Hydroptila* (2,9%), mientras que los valores más bajos de abundancia relativa (%) de individuos se observaron en *Atanatolica* (0,19%), *Protoptila* (0,06%), *Macrostemum* (0,06%), *Polycentropus*, *Contulma* y *Nectopsyche* sp. 1 (los tres últimos, cada uno con 0,03%) (figura 9).

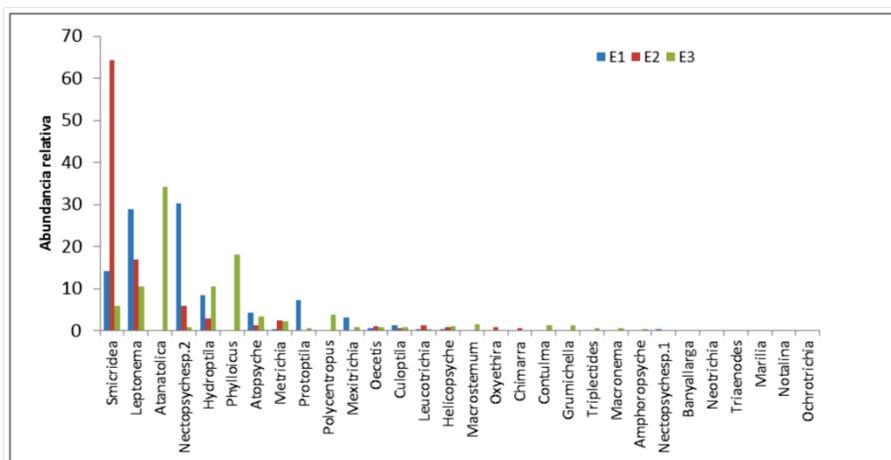
Las familias con mayor abundancia relativa (%) de individuos fueron: Hydropsychidae (40,9%), Hydroptilidae (3,8%) y Leptoceridae (3,6%); por otro lado las familias Helicopsychidae (0,38%), Philopotamidae (0,35%), Polycentropodidae y Anomalopsychidae (estas dos últimas con 0,02%), mostraron las abundancias relativas más bajas (figura 10).

7.1.1.3 Estación 3 (E 3). La estación a mayor altitud (1.938 m) y con 1.818 individuos recolectados, lo que corresponde al valor de abundancia relativa (%) de individuos intermedia con respecto a las otras dos estaciones (E 1 y E 2). Los géneros que presentaron la mayor abundancia relativa (%) fueron: *Atanatolica* (34,1%), *Phylloicus* (18,1%), *Leptonema* e *Hydroptila* (con 10,4%, cada uno); mientras que *Chimarra* (0,17%), *Banyallarga* (0,11%), *Neotrichia* (0,11%), *Triaenodes*, *Marilia*, *Notalina* y *Ochrotrichia* (cada uno con 0,06%), mostraron los más bajos valores de abundancia (figura 9).

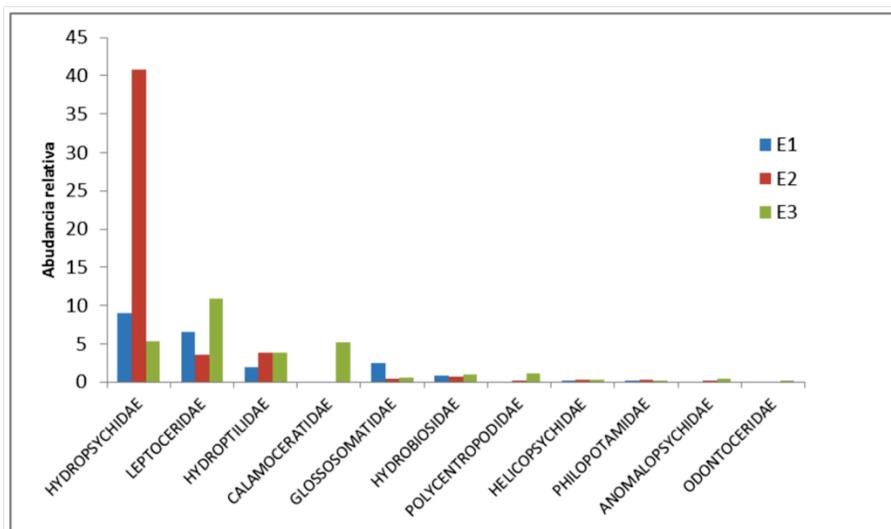
A diferencia de las dos primeras estaciones (E 1 y E 2), en donde Hydropsychidae fue la más representativa por su abundancia relativa, en la estación 3 la familia que ocupó el primer lugar en abundancia relativa fue Leptoceridae (10,9%), mientras que Hydropsychidae (5,3%) fue segunda, seguida por Calamoceratidae (5,2%); y en sentido contrario, las familias con los valores más bajos de abundancia relativa Helicopsychidae (0,3%), Philopotamidae (0,05%) y Odontoceridae (0,02%) (figura 10).

Los géneros con mayor abundancia relativa como *Smicridea*, *Leptonema*, *Hydroptila* y *Nectopsyche* sp. 2, resultaron ser los más representativos ya que estuvieron presentes a lo largo de todo el gradiente altitudinal, es decir, en las tres estaciones. Por otro lado, se observó que las larvas de *Atanatolica* (Leptoceridae) se encontraron únicamente en las estaciones 2 y 3 (a 1.548 y 1.938 m de altura, respectivamente). *Smicridea* fue más abundante en la E 2 que en la E 1 y la E 3 (figura 9).

La mayor abundancia para *Leptonema* se presentó también en la E 2, aunque no tuvo una diferencia marcada con respecto a E 1 y E 3. El género *Nectopsyche* sp. 2 mostró un descenso progresivo en su abundancia con respecto al aumento en la altitud; situación contraria se observó para *Atanatolica* que al no estar presente en la estación 1, pasó a mostrar unos cuantos individuos en la E 2 y a ser el más abundante en la E 3. Por su parte, *Hydroptila*, mantuvo un valor similar en abundancia relativa a lo largo de las tres estaciones (figura 9).

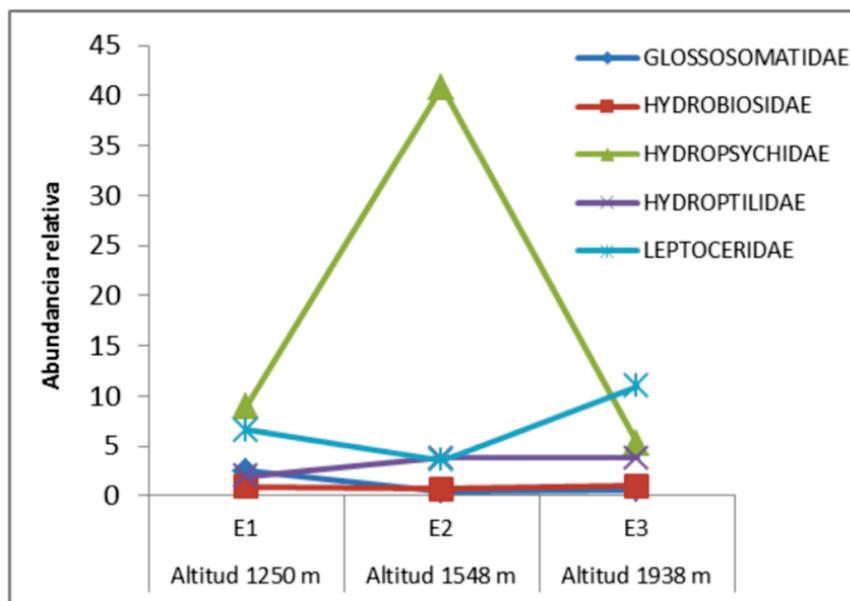


**Figura 9.** Abundancia relativa (%) de los géneros de Trichoptera por estación de muestreo (E 1, E 2 y E 3) en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia



**Figura 10.** Abundancia relativa (%) de las familias de Trichoptera por estación de muestreo (E 1, E 2 y E 3) en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia

Las cinco familias con mayor abundancia relativa no mostraron cambios considerables en esta variable a lo largo del gradiente altitudinal, a excepción de Hydropsychidae, la cual varió drásticamente al pasar de una abundancia relativa del 9,0% en la E 1, a 40,9 % en la E 2 y 5,3% en la E 3 (figura 11). Aunque Calamoceratidae estuvo dentro de las más abundantes, su ocurrencia sólo se limitó a la E 3 (a 1.938 m).



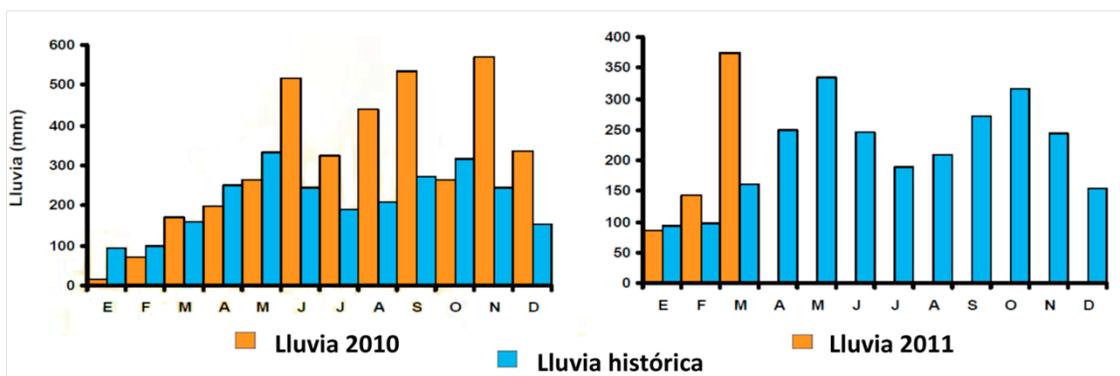
**Figura 11.** Variación de la abundancia relativa (%) para las familias más representativas en tres estaciones de muestreo [(E 1) 1.250, (E 2) 1.548 y (E 3) 1.938 m.s.n.m.] en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia

### 7.1.2 Distribución a escala temporal

Los valores de abundancia absoluta de los géneros de Trichoptera no mostraron variaciones significativas a escala temporal, es decir, durante la época de alta y baja precipitación (ANOVA:  $F = 0,99$ ,  $p = 0,325$ ), aunque según los registros la pluviosidad en la región varió entre las dos épocas. De los 6.320 individuos colectados, 3.320 (52,5%) corresponden a la época de altas precipitaciones (mayo-junio de 2010) y los 3.000 restantes a la de bajas precipitaciones (enero-febrero de 2011). Para el periodo mayo-junio de 2010, los valores de precipitación registrados se asemejan a los reportados para fechas históricas durante el mes de mayo, ubicándose en el orden de los 300 mm. Sin embargo, para el mes de junio se observa un incremento de la pluviosidad en la región, pasando de un histórico de alrededor de 250 mm, a 500 mm de lluvia durante el mes de junio de 2010 (figura 12).

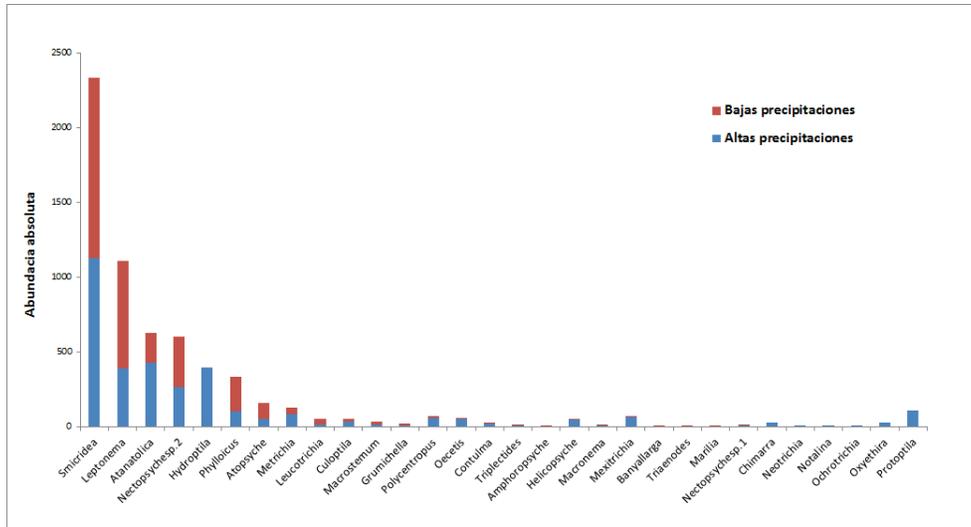
Los valores de precipitación registrados durante el mes de enero de 2011 concuerdan aproximadamente con los reportes históricos de lluvia para ese mismo mes, los cuales se ubican en el orden de los 90 mm. Una situación diferente se presentó durante el mes de

febrero de 2011, en el cual se realizaron dos de las tres jornadas de muestreo correspondientes a la época de bajas precipitaciones, en donde se observó un aumento en los niveles de precipitación, pasando de alrededor de los 100 mm según los reportes históricos, a casi 150 mm de lluvia en el año 2011 (figura 12).



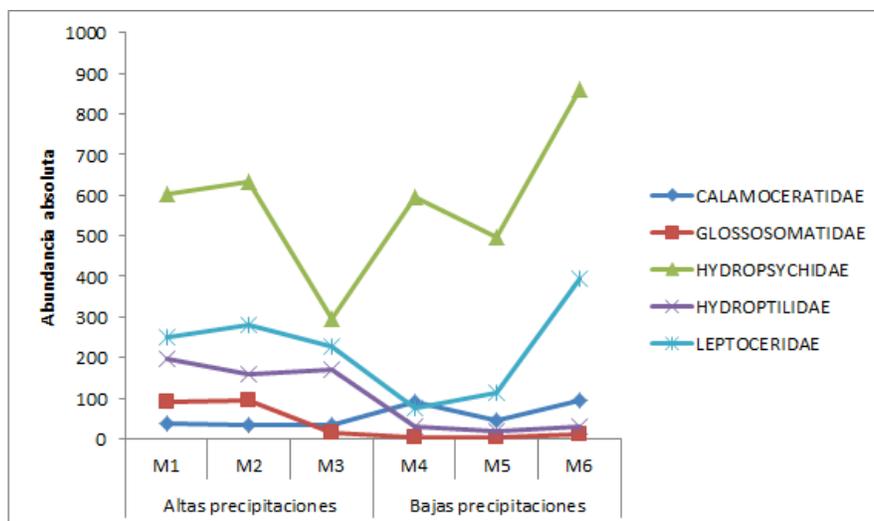
**Figura 12.** Registro de la precipitación en la estación experimental meteorológica “El Rosario” (CENICAFE) para los años 2010 y 2011, municipio de Venecia (Suroeste antioqueño), Colombia

La abundancia absoluta de géneros como *Smicridea*, *Leptonema*, *Nectopsyche* sp.2 y *Atanatica*, no presentó una variación marcada entre las épocas de alta y baja precipitación. Sin embargo, géneros poco abundantes como *Chimarra*, *Hydroptila*, *Oxyethira* y *Protoptila*, sólo se observaron durante la época de altas precipitaciones (figura 13).



**Figura 13.** Variación de la abundancia absoluta por género entre las épocas de altas precipitaciones y bajas precipitaciones, en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia

De las cinco familias con mayor abundancia absoluta, cuatro no mostraron un patrón definido a escala temporal. Solamente Calamoceratidae presentó cierta homogeneidad a lo largo de los seis muestreos. En Hydroptilidae y Glossosomatidae se observó de abril-mayo a enero-febrero (época de altas a bajas precipitaciones) disminución en la abundancia, mientras que Hydropsychidae y Leptoceridae presentaron variaciones a lo largo de los seis muestreos (figura 14).



**Figura 14.** Variación temporal de las cinco familias más representativas en cuanto abundancia absoluta en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia (**M** = muestreo)

Para la **E 2** y **E 3** se observaron los mayores valores de abundancia absoluta durante la época de altas precipitaciones, con 1.660 y 1.081 individuos, respectivamente. La **E 1**, en la cual se registraron las abundancias más bajas, mostró un comportamiento contrario al observado en las otras dos, siendo durante la época de bajas precipitaciones donde se observaron los mayores valores, con 748 individuos.

## 7.2 Riqueza y estructura de la comunidad de Trichoptera

Los índices de riqueza (**S**), diversidad de Margalef (**D<sub>Mg</sub>**) y dominancia de Simpson (**λ**), presentaron variación significativa entre las estaciones de muestreo (tabla 1). La **E 3** presentó la mayor riqueza (**S**) y diversidad (**D<sub>Mg</sub>**), así como la menor dominancia (**λ**). La **E 2** mostró la mayor dominancia, aunque valores de riqueza y diversidad intermedios comparados con los de la **E 1** y **E 3**. Por su parte, la **E 1** exhibió la riqueza y diversidad más bajas, así como el valor intermedio de dominancia (tabla 2).

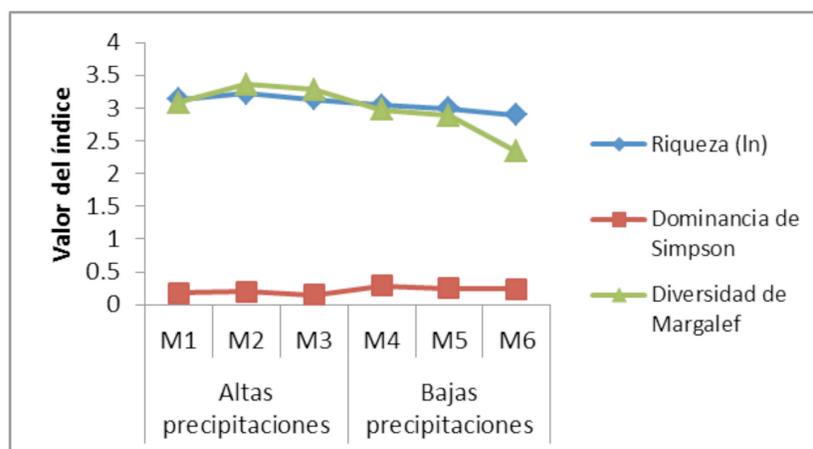
**Tabla 1.** Prueba de Kruskal-Wallis para los índices ecológicos entre las 3 estaciones de muestreo de la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia (**g l**: grados de libertad; si  $p \leq 0,05$ , se asumen diferencias significativas en los índices entre las estaciones)

Índices	Valor Kruskal-Wallis H	g l	Valor p
Riqueza (S)	11,73012	2	0,0028
Diversidad	11,41520	2	0,0033
Dominancia	10,43275	2	0,0054

**Tabla 2.** Valores de los índices de diversidad y estructura de la comunidad de Trichoptera en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia

Índices	Estaciones		
	E 1	E 2	E 3
Riqueza (S)	15,00	19,00	28,00
Diversidad de Margalef ( $D_{Mg}$ )	1,94	2,23	3,59
Dominancia de Simpson ( $\lambda$ )	0,21	0,44	0,17

La riqueza y la dominancia no presentaron diferencias significativas entre las épocas de alta y baja precipitación (test de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras independientes:  $p > 0,1$ ), mientras que la diversidad sí presentó variación entre las épocas ( $p < 0,05$ ) (tabla 3). La riqueza y la dominancia se comportaron de forma estable a lo largo de los seis muestreos, mientras que la diversidad disminuyó levemente para la época de bajas precipitaciones (figura 15).

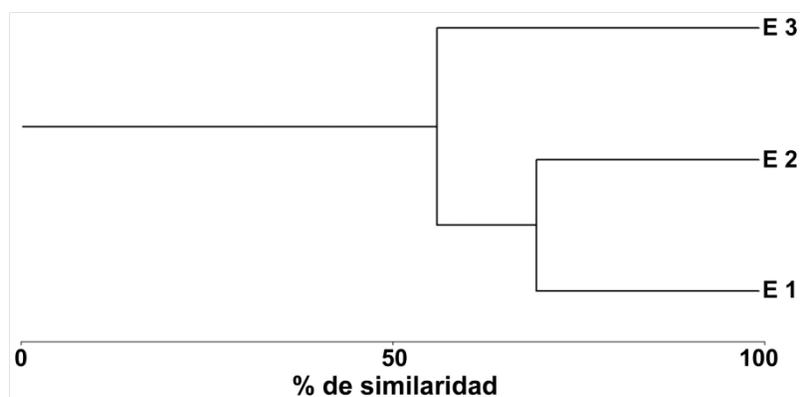


**Figura 15.** Variación temporal de algunos índices ecológicos en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia (**M** = muestreo)

**Tabla 3.** Prueba de Kolmogorov-Smirnov para verificar variación en los índices ecológicos entre las épocas de altas y bajas precipitaciones en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia (si  $p < 0,05$ , se asumen diferencias significativas para los índices entre las épocas)

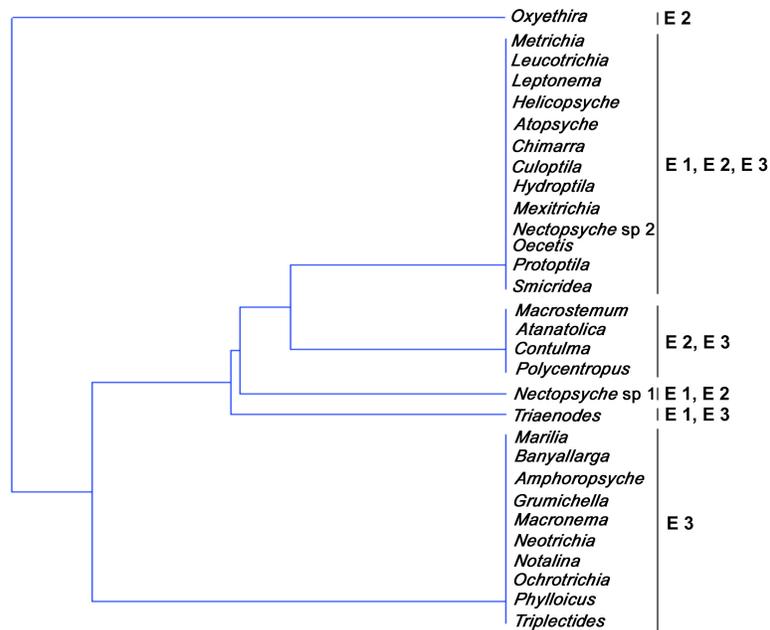
Índices	Kolmogorov-Smirnov
Riqueza (S)	$p > 0,1$
Diversidad	$p < 0,05$
Dominancia	$p > 0,1$

El coeficiente de similitud de Jaccard (**Ij**) mostró que existe diferencia en cuanto a la composición de géneros entre estaciones. Hubo una similitud del 70,0% entre la **E 1** y **E 2**, 56,6% entre la **E 2** y la **E 3**, y 48,2% entre la **E 1** y la **E 3** (figura 16).



**Figura 16.** Similitud entre estaciones de muestreo (**E 1**: 1.250 m; **E 2**: 1.548 m; **E 3**: 1.938 m) en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia, con base en la composición de géneros de Trichoptera de cada una de éstas

En cuanto a la composición por estación, la mayoría de los géneros estuvieron presentes en las tres estaciones. Sin embargo, diez géneros presentaron distribución restringida a la **E 3**; el género *Oxyethira* solamente estuvo presente en la **E 2**. Los demás géneros fueron comunes a las tres estaciones o a dos de éstas (figura 17; anexo 1).



**Figura 17.** Distribución altitudinal de los géneros de Trichoptera en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia (**E 1:** 1.250 m; **E 2:** 1.548 m; **E 3:** 1.938 m)

### 7.3 Variables físicas y químicas

Los valores de las variables físicas y químicas se ajustaron a la distribución normal (Shapiro – Wilk con valor  $p \geq 0,05$  para todas las variables) y presentaron homogeneidad de varianzas (estadístico de Levene basado en la media con  $p \geq 0,05$  para todos los casos). La temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), la conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y los sólidos disueltos totales (**SDT** en **mg/l**), variaron significativamente en el espacio (entre estaciones) pero no en el tiempo (época de altas y bajas precipitaciones), mientras que la concentración de oxígeno y el pH variaron significativamente en el tiempo pero no en el espacio.

**Tabla 4.** Valores de las variables físicas y químicas a nivel espacial y temporal en las tres estaciones de muestreo de en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia  
[\* = no se obtuvieron datos; del muestreo 6 (M 6) no hay datos]

Variables	E	Épocas de precipitación				
		Alta			Baja	
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5
% de saturación de oxígeno	E 1	63,10	71,80	55,60	101,60	111,30
	E 2	58,10	71,50	54,80	102,40	*
	E 3	54,80	70,30	54,90	95,40	100,10
Concentración de oxígeno (mg/l)	E 1	5,74	5,65	4,47	8,27	8,84
	E 2	5,17	5,45	4,05	7,83	*
	E 3	5,27	5,40	4,20	7,91	7,81
Conductividad (µS/cm)	E 1	68,21	89,90	89,00	104,40	107,20
	E 2	53,70	73,90	68,40	75,20	*
	E 3	25,00	41,80	42,10	46,40	47,40
pH	E 1	*	7,76	7,47	7,86	8,01
	E 2	*	7,51	7,40	7,97	*
	E 3	*	6,85	7,13	7,84	8,03
SDT (mg/l)	E 1	*	91,00	89,00	103,00	105,00
	E 2	*	73,00	69,00	74,00	*
	E 3	*	42,00	42,0	45,00	47,00
Temperatura (°C)	E 1	20,00	20,10	19,20	18,50	20,00
	E 2	21,00	20,50	21,10	19,80	*
	E 3	17,40	17,30	16,10	15,70	14,50

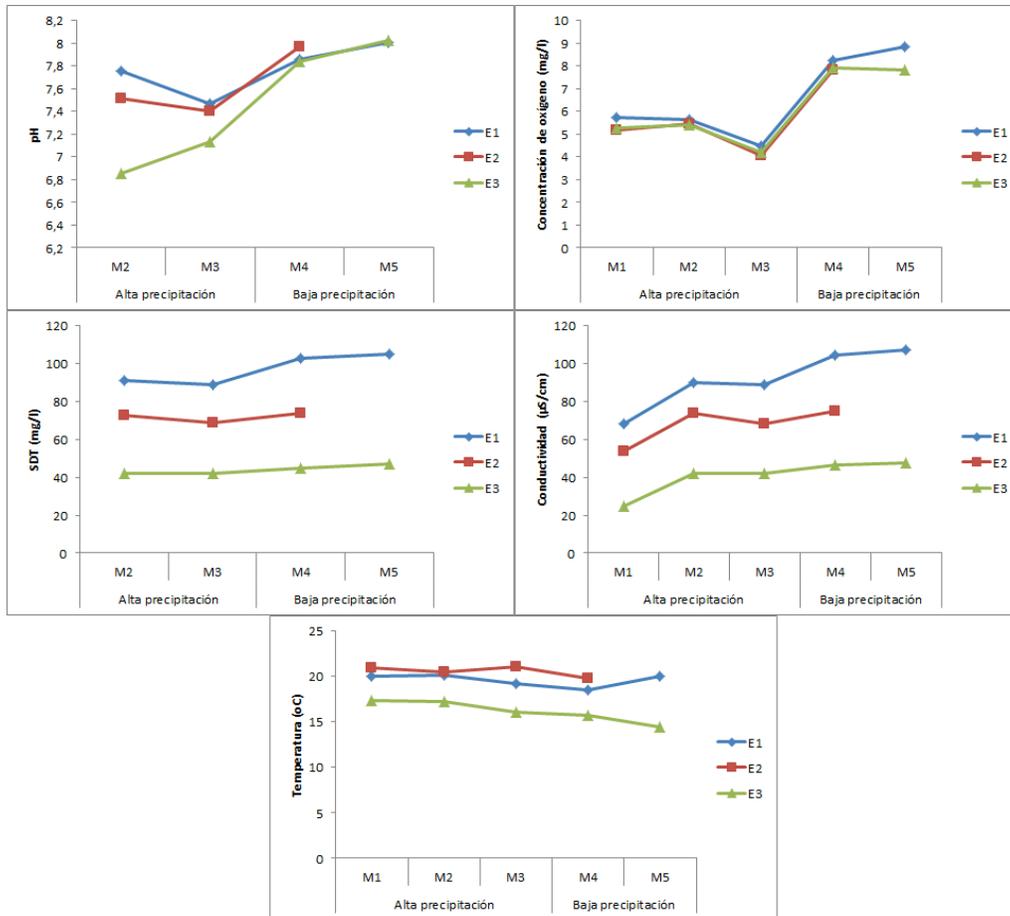
**Tabla 5.** ANOVA a escala espacial y temporal de las variables físicas y químicas medidas en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia [si  $p \leq 0,05$  hay diferencias significativas (Dfs)]

variables	Anova espacial			Anova temporal		
	F	p	Dfs	F	p	Dfs
Temperatura	30,8800	0,0000	si	1,676	0,2198	no
Oxígeno	0,3537	0,7098	no	91,822	0,0000	si
Conductividad	22,8150	0,0001	si	1,133	0,3080	no
pH	0,6070	0,5684	no	15,77	0,0032	si
SDT	96,947	0,0000	si	0,2185	0,6512	no

Los valores más bajos de concentración de oxígeno se observaron durante la época de altas precipitaciones para la **E 2** y la **E 3**, con un marcado aumento de éstos para la época de bajas precipitaciones, y similar comportamiento para el pH (figura 18; tabla 4). La **E 2** presentó los valores de temperatura más altos, la **E 3** los más bajos, mientras que la **E 1** presentó valores intermedios en comparación con los de la **E 2** y la **E 3**; además, esta variable mostró un comportamiento constante a través del tiempo. La conductividad y los SDT también fueron constantes en el tiempo, pero disminuyeron con el aumento de la altitud (figura 18).

La regresión lineal simple entre la abundancia y cada una de las variables físicas y químicas medidas, indicó que no existe relación significativa entre la primera y las últimas (ANOVA de la regresión lineal con valor  $p > 0,05$  en todos los casos).

Los valores de riqueza (**S**) observados en cada estación durante los seis muestreos presentaron una correlación significativa negativa con dos de las variables físicas y químicas: la temperatura ( $F = 4,788$ ;  $r = 0,534$ ;  $p < 0,049$ ) y la conductividad ( $F = 42,165$ ;  $r = 0,882$ ;  $p < 0,000$ ), en donde al aumentar los valores de estas dos variables, disminuyó la riqueza.



**Figura 18.** Comportamiento de las variables físicas y químicas a escala espacial y temporal en las tres estaciones de muestreo (E 1: 1.250 m; E 2: 1.548 m; E 3: 1.948 m), en la microcuenca La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia (M = muestreo; SDT = sólidos disueltos totales)

## 8. DISCUSIÓN

La *heterogeneidad* del hábitat de ecosistemas acuáticos [entendida como la sumatoria de múltiples variables bióticas y abióticas, y su compleja red de interacciones (tales como: cobertura vegetal ribereña, variedad de microhábitats, diversidad y disponibilidad de alimento, sustratos y otras muchas variables más)] es el factor de mayor influencia y determinación en la composición, abundancia y distribución de las poblaciones de organismos de insectos acuáticos (Bispo et al. 2006, Buss et al. 2004, Vannote et al. 1980). En específico, para las formas inmaduras de los insectos del orden Trichoptera, Mackay y Wiggins (1979) señalaron que la riqueza de géneros y especies de este orden está favorecida por la capacidad de producir seda por parte de las larvas y por la *heterogeneidad* del hábitat, expresada a través de factores como: la riqueza de recursos bióticos y diversa red de interacciones bioecológicas, así como a factores de disponibilidad de nicho, temperatura, oxígeno disuelto, flujo de corriente y tipo de sustrato, entre otros factores abióticos. Asimismo, las adaptaciones morfológicas, conductuales y ecológicas que presentan las larvas de Trichoptera, les permiten aprovechar de forma eficiente los recursos bióticos y abióticos disponibles en el lugar donde habitan.

Con base en los conceptos anteriores, se observó cómo la composición y estructura de la comunidad larval de Trichoptera en los tres puntos de muestreo en la microcuenca La Cañaverala, está influenciada por la heterogeneidad del hábitat de cada sitio, la cual a su vez es directamente afectada por los impactos negativos de la actividad antrópica a lo largo del gradiente altitudinal.

### 8.1 Distribución espacial

#### 8.1.1 Estación 3 (1.938 m de altitud)

En este sitio (quebrada Chorro Blanco) se observaron aguas limpias y transparentes, variedad de microhábitats (zonas de rápidos, de pozas con acumulación de hojarasca, de salpicaduras y de vegetación de ribera) y sustratos (rocas, cantos, gravas, arenas y material vegetal), además poca evidencia de intervención antrópica en comparación con las otras

dos estaciones de muestreo (figura 4). Alrededor de la estación se observó amplia franja de cobertura vegetal ribereña (con una gran diversidad de especies vegetales, y una estructura conformada por rastrojos, arbustos y árboles), lo que aminora los impactos negativos que puedan generar los cultivos de café asentados hacia la margen derecha de la quebrada, y a la vez aporta material vegetal (hojas, ramas, troncos) que forma parte del recurso alimenticio y la oferta de microhábitat para los diferentes grupos de tricópteros. De igual manera, a esta altura del cauce de la quebrada no se observaron descargas de material de origen antrópico, debido a que aguas arriba del sitio de muestreo comienza la “Reserva Forestal Protectora-Productora Chorros Blancos – La Negra área”, declarada área de reserva por Corantioquia con el objetivo de garantizar el sostenimiento del recurso hídrico para la zona (Arboleda 2004).

Los mayores valores de riqueza (**S**), diversidad (**D<sub>Mg</sub>**) y menor dominancia (**λ**) de géneros de tricópteros observados en esta estación (tabla 2), son resultado de la alta heterogeneidad del hábitat y la baja perturbación, que en conjunto con la baja temperatura del agua, alta concentración de oxígeno, pH cercano a la neutralidad, baja concentración de sólidos disueltos (**SDT**) y conductividad, propician las condiciones óptimas para la ocurrencia de diferentes taxones de tricópteros (tabla 4, figura 17).

En esta estación, la alta abundancia de larvas del género *Atanotica* (Leptoceridae) (figura 9) se debe a la disponibilidad de material vegetal (hojas, ramas) en el cauce que es triturado por las larvas, y a la materia orgánica (**PMOF**) adherida a la superficie de diferentes sustratos que también es raspada por éstas para obtener su alimento, se presentan además, zonas de rápidos, salpicaduras y caídas de agua las cuales constituyen un hábitat muy propicio para su desarrollo (Holzenthall 1988). De igual manera, la poca variación en el caudal, sumado a la disponibilidad de partículas de materia orgánica gruesa (**PMOG**), permiten la formación de pozas o remansos con hojarasca, hábitat óptimo para las larvas del género *Phylloicus* (Calamoceratidae), las cuales habitan zonas de corriente reducida con acumulación de hojarasca, en donde trituran material vegetal y algas filamentosas para la construcción de sus casas portátiles y para alimentarse (Correa et al. 1981, Wiggins 2004).

En esta estación también se observaron valores considerables de abundancia en larvas de otros géneros como *Smicridea* y *Leptonema* (Hydropsychidae), debido a la disponibilidad de partículas de materia orgánica fina (**PMOF**), las cuales son filtradas y recolectadas por las larvas de esta familia para alimentarse. De manera similar, la presencia de plantas con raíces expuestas en las orillas del cauce, así como algunas hidrófitas, representan el principal recurso alimenticio para las larvas de *Hydroptila* (Hydroptilidae), otro de los géneros abundantes en la estación, cuyos individuos perforan y succionan el contenido celular de los tejidos de la corteza de dichas plantas (figura 9).

Además de los géneros mencionados anteriormente con hábitos principalmente trituradores y colectores, la amplia gama de recursos bióticos y abióticos presentes en el lugar aportan variedad de recursos alimenticios, lo que permite la presencia de larvas con otros hábitos tróficos pertenecientes a géneros como (figura 9): los depredadores *Atopsyche* (Hydrobiosidae), *Oecetis* (Leptoceridae) y *Polycentropus* (Polycentropodidae), quienes depredan individuos de tricópteros y otros insectos acuáticos; los raspadores de perifiton y materia orgánica *Culoptila* y *Mexitrichia* (Glossosomatidae), *Metrichia* (Hydroptilidae), *Helicopsyche* (Helicopsychidae); y los colectores-raspadores *Contulma* (Anomalopsychidae) y *Grumichella* (Leptoceridae) (Cummins 1973, 1974, Cummins y Klug 1979, Flint et al. 1999, Wiggins 1996, 2004).

### **8.1.2 Estación 2 (1.548 m de altitud)**

A medida que se descende en el gradiente altitudinal de la microcuenca se observa una mayor alteración del hábitat (heterogenidad) en las quebradas, como consecuencia de las actividades de origen antrópico. La **E 2**, ubicada en la quebrada El Balso, se caracteriza por presentar una franja amplia de cobertura vegetal de ribera en el margen derecho y una pequeña zona de potreros en el margen izquierdo (figura 3). Los cultivos de café se establecen después de la franja de vegetación ribereña y se intensifican en las zonas aledañas aguas arriba del sitio de muestreo. Hacia la parte alta del lugar también se encuentra la desembocadura de varios afluentes, los cuales descargan constantemente grandes cantidades de materia orgánica, las cuales llegan a los cauces por escorrentía desde las áreas establecidas en cultivos de café.

Los menores valores de riqueza (**S**) y diversidad (**D<sub>Mg</sub>**) de géneros de Trichoptera obtenidos en esta estación (tabla 2), en comparación con los observados para la **E 3**, son el reflejo de una menor disponibilidad de recursos en términos de variedad de recursos alimenticios, microhábitats y sustratos, resultado del aumento de la presión agrícola en la zona. Por otro lado, el aumento en la temperatura y en la conductividad [en relación directa con el incremento en la concentración de sólidos disueltos (**SDT**)] del agua debido probablemente a la descarga de desechos y a la menor heterogeneidad del hábitat, se convierten en tensores ambientales que contribuyen a que se disminuya la riqueza de géneros en la estación [correlación significativa negativa de la riqueza con la temperatura ( $F = 4,788$ ;  $r = 0,534$ ;  $p < 0,049$ ) y la conductividad ( $F = 42,165$ ;  $r = 0,882$ ;  $p < 0,000$ )].

Ross y Wallace (1982) señalaron a las variables tróficas (distribución y disponibilidad de partículas de materia orgánica: **PMOF** y **PMOG**) y de hábitat (temperatura y composición de sustrato) como los factores principales que influyen la distribución espacial de larvas de Hydropsychidae en un sistema lótico del Sur de Los Apalaches (Estados Unidos). Conforme a lo esperado, a partir de las características anteriormente mencionadas para la **E 2**, se puede afirmar que la alta carga de materia orgánica en suspensión [conformada por partículas de materia orgánica fina (**PMOF**) y en menor grado de (**PMOG**)] favorece una mayor disponibilidad de recursos alimenticios para individuos filtradores y recolectores como son las larvas de *Smicridea* y *Leptonema*, ambos de la familia Hydropsychidae (figura 17). Por lo tanto, la alta abundancia de individuos del género *Smicridea* en esta estación (figura 9), se podría deber a que la mayor abundancia de materia orgánica fina (**PMOF**) es aprovechada por las larvas de *Smicridea* como su principal recurso alimenticio. En consecuencia, la mayor dominancia ( $\lambda$ ) observada para el lugar, es causada por el alto número de individuos de dicho género.

Otra variable que favorece la presencia de los grupos mencionados anteriormente, es la disponibilidad de recursos abióticos para la construcción de los refugios larvales fijos con piedrecitas, granos de arena y material vegetal, el cual incorporan a la red de seda en donde

recolectan **PMOF**, e incluso otros invertebrados acuáticos derivantes que quedan atrapados en la red (Holzenthal et al. 2007b, McCafferty 1998, Wiggins 1996).

Todo este aprovechamiento eficiente de los recursos por parte de las larvas de hidropsíquidos, les permite presentar amplia distribución altitudinal en el área de la microcuenca La Cañaverala (figura 17), lo que también ha sido registrado por Correa et al. (1981) y Posada-García y Roldán-Pérez (2003) en otros sitios del departamento de Antioquia, y por Guevara et al. (2005) y Vásquez-Ramos et al. (2010) en el departamento del Tolima.

Además de los grupos taxonómicos con hábitos larvales filtradores-colectores mencionados anteriormente, la oferta de recursos (alimento, microhábitats y sustratos) disponibles en la estación, también favorece la presencia de otros géneros cuyas larvas exhiben otros hábitos alimenticios, dentro de los que cabe mencionar a los depredadores como *Atopsyche* (Hydrobiosidae), *Polycentropus* (Polycentropodiade) y *Oecetis* (Leptoceridae), colectores-raspadores como *Nectopsyche* sp. 2 (Leptoceridae), raspadores y succionadores de contenido tisular vegetal como *Hydroptila*, *Metricchia* y *Leucotrichia* (Hydroptilidae), y raspadores de perifiton y materia orgánica como *Culoptila*, *Mexitrichia* (Glossosomatidae) y *Helicopsyche* (Helicopsyche) (figura 17) (Cummins 1973, 1974, Cummins y Klug 1979, Flint et al. 1999, Wiggins 1996, 2004).

### **8.1.3 Estación 1 (1.250 m de altitud)**

En esta estación, ubicada sobre la quebrada La Cañaverala, se observó el mayor grado de intervención antrópica en comparación con las otras dos estaciones de muestreo. En ambos márgenes del cauce se presenta una angosta franja de cobertura vegetal ribereña bastante homogénea, conformada casi en su totalidad por plantas de “cañabrava” [*Gynerium* sp. (Poaceae)] (figura 2). Esta pérdida de la variabilidad de la estructura vegetal de la ribera del cauce, ha sido generada por el uso del terreno para el establecimiento de los cultivos de café. Además, debido a que el sitio de muestreo se ubica en la parte inferior de la quebrada cerca de su desembocadura, dicha quebrada ha recogido y absorbido el impacto de las aguas y las descargas de la actividad cafetera y de otras actividades humanas de todas las

partes superiores de la microcuenca, lo que provoca fuertes y frecuentes variaciones en el caudal.

Estudios como los realizados por Buss et al. (2004), Jacobsen y Encalada (1998) y Lake (2000), han demostrado que la pérdida de la heterogeneidad del hábitat acuático causada por presiones antrópicas (que disminuyen la variedad de sustratos) y por el aumento del caudal (que provoca desprendimiento de sustratos y arrastre de los organismos), generan una disminución considerable de la abundancia y diversidad de especies de macroinvertebrados dentro de los ecosistemas lóticos.

En esta estación, los bajos valores de riqueza (**S**) y diversidad (**D<sub>Mg</sub>**) para los géneros de tricópteros, así como la baja abundancia de individuos en comparación con lo observado en la **E 2** y la **E 3** (tabla 2, anexo 1), son consecuencia de: la reducida oferta en variedad de recursos alimenticios; la poca diversidad de microhábitats, los cuales están conformados por zonas de rápidos casi en su totalidad; y a la presencia casi única de sustratos de tipo rocoso, con remoción frecuente de estos por acción de la fuerza del agua. Por lo tanto, la disminución en la heterogeneidad del hábitat producto de la intensidad de las actividades humanas en la zona, hacen que en la estación se presenten condiciones menos favorables para los individuos inmaduros de Trichoptera.

De igual manera, condiciones menos favorables en las variables físicas y químicas del agua en esta estación, en comparación con lo observado para las otras dos estaciones de muestreo, conllevan a que se presente baja abundancia, riqueza y diversidad de tricópteros. Menor cobertura vegetal favorece el aumento de la temperatura del agua (en relación directa con el incremento de la temperatura del aire) lo que genera disminución de la concentración de oxígeno disuelto (**DO<sub>2</sub>**), y al incrementarse la carga de sedimentos como resultado de la erosión del agua sobre la ribera, del arrastre de material alóctono [(**PMOF** y **PMOG**) de origen natural o antrópico] con la precipitación pluvial, se aumenta la concentración de sólidos disueltos y la conductividad (Lewis 2008, Roldán y Ramírez 2008) (tabla 4).

Adicionalmente, la poca diversidad de recursos alimenticios y de microhábitats (zonas de pozas, de salpicaduras, de caídas de agua sobre rocas), sumado a la dominancia de sustratos rocosos, hacen que en este sitio el recurso trófico de mayor disponibilidad sean las partículas de materia orgánica en suspensión, por lo que la comunidad de larvas de tricópteros se encuentra representada en su mayoría por organismos de hábitos alimenticios recolectores y filtradores (Vannote et al. 1980). Por esta razón, los individuos del género *Nectopsyche* sp. 2 (Leptoceridae) presentaron alta abundancia, debido a la disponibilidad de partículas de materia orgánica fina que las larvas de este género recolectan e incorporan en su dieta, además de una variada oferta de recursos abióticos para la construcción de las casas larvales portátiles en forma de tubo con granos de arena, piedrecitas y ocasionalmente material vegetal, que les permite enfrentar condiciones hostiles que se puedan presentar (Angrisano y Sganga 2009, Holzenthal et al. 2007b). De igual manera, en el presente estudio *Nectopsyche* sp. 2 estuvo presente a lo largo de todo el gradiente altitudinal, coincidiendo con lo informado por Posada-García y Roldán-Pérez (2003), quienes encontraron a este género como el de mayor abundancia y uno de los de más amplia distribución en el departamento de Antioquia.

La alta disponibilidad de los recursos de sustrato y alimenticios (**PMOF**) mencionados anteriormente, favoreció también la alta abundancia de otros géneros (figura 9) y grupos tróficos, como: filtradores-colectores *Leptonema* y *Smicridea*. Por otro lado, también se observó una importante abundancia de larvas de los géneros *Culoptila*, *Mexitrichia* y *Protoptila* (Glossosomatidae) (raspadores-recolectores), ya que la ubicación de la estación en la parte baja del cauce de la quebrada favorece la penetración de luz y la disponibilidad de nutrientes en el agua, lo que propicia el crecimiento del perifiton, el cual es raspado de la superficie del sustrato por los individuos de esta familia. Por último, como se observó en la **E 2** y **E 3**, también fue notable la presencia de larvas depredadoras de los géneros *Atopsyche* y *Oecetis*, otro gremio trófico importante en la comunidad de tricópteros (Cummins 1973, 1974, Cummins y Klug 1979, Flint et al. 1999, Wiggins 1996, 2004).

## 8.2 Distribución temporal

El régimen pluviométrico determina las variaciones del caudal de los ecosistemas acuáticos, lo que incide fuertemente sobre las dinámicas ecológicas y poblacionales de las comunidades bénticas que allí habitan (Lewis 2008, Resh y Rosenberg 1984). Tal efecto fue analizado para ecosistemas lóticos andinos del Ecuador, donde se estudió el efecto del régimen pluviométrico en épocas de baja y alta precipitación, en donde se observó que el aumento del caudal provocó la disminución de la abundancia y la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos de estos ecosistemas, debido principalmente a la fuerza de arrastre que ejerce el agua sobre los organismos, a la remoción de material y sustratos, y a la inestabilidad y disminución de microhábitats (Jacobsen y Encalada 1998).

Sin embargo, dentro de la dinámica temporal de la microcuenca la Cañaverala, al parecer el régimen pluviométrico no ejerció variaciones significativas en el caudal de las quebradas estudiadas durante los periodos de muestreo (épocas de altas y bajas precipitaciones), ya que las evidencias estadísticas señalan que no se encontraron diferencias significativas en los valores de abundancia (ANOVA:  $F = 0,99$ ,  $p = 0,325$ ) y riqueza (S) (K-S:  $p > 0,1$ ) de las larvas de tricópteros, como consecuencia posiblemente de que se mantuvo un caudal alto durante las dos épocas de muestreo. Esta situación pudo ser debida a que durante el mes de febrero de 2011 (en el cual se realizaron dos de los muestreos correspondientes a la época de bajas precipitaciones), se presentó un aumento en la precipitación para la región (figura 12), lo que pudo haber causado aumentos súbitos en el caudal de las quebradas de la microcuenca y, por ende, condiciones de caudal similares a las que se presentan normalmente durante la época de altas precipitaciones.

El hecho de que la **E 1** y la **E 2** presentaron el mayor porcentaje de similaridad (**Ij**) en cuanto a la composición de géneros de larvas de Trichoptera (figura 16), se explica por las semejanzas encontradas entre éstas en cuanto a las condiciones del hábitat, ya que en ambas se presenta menor variedad de recursos alimenticios, de sustratos y de cobertura vegetal ribereña, como consecuencia de la actividad humana. Por el contrario, la **E 3** presentó un menor porcentaje de similaridad (**Ij**) con la **E 1** y la **E 2** en cuanto a la composición de

géneros, debido a que las buenas condiciones de hábitat de esta estación, propician el mantenimiento de una mayor riqueza de grupos taxonómicos de tricópteros.

## 9. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en este estudio, se concluye que la microcuenca La Cañaverala en el municipio de Andes, presenta una alta riqueza en términos de diversidad taxonómica de géneros de larvas de tricópteros. De lo registrado hasta la fecha para el departamento de Antioquia de acuerdo con el listado de Posada-García y Roldán-Pérez (2003), se registran en este estudio: de 13 familias 11 (84,6%) y de 33 géneros 29 (87,8%), en donde de esos 29 géneros 3 corresponden a nuevos registros [*Amphoropsyche*, *Notalina* (Leptoceridae) y *Banyallarga* (Calamoceratidae)] para el departamento.

A pesar del efecto negativo de las presiones antrópicas sobre el cauce de las quebradas de la microcuenca, aún se observa en la comunidad de larvas de tricópteros la presencia de diferentes gremios tróficos, como depredadores, raspadores, trituradores, recolectores y filtradores, siendo estos dos últimos los de mayor abundancia y amplia distribución, ya que se alimentan de partículas de materia orgánica (**PMOF**), recurso alimenticio disponible en todo el gradiente estudiado.

La composición y estructura de la comunidad de larvas de Trichoptera en el área de la microcuenca La Cañaverala, está afectada por el grado de intervención antrópica observada en cada estación de muestreo. Las estaciones con menor heterogeneidad de hábitat producto de la ampliación de la frontera agrícola (**E 1** y **E 2**), son más similares en su composición de géneros, y exhiben una menor riqueza y diversidad en comparación con la estación que presenta menor grado de intervención (**E 3**).

## 10. RECOMENDACIONES

Este estudio en el municipio de Andes, corroboró lo que es una necesidad urgente en el departamento de Antioquia y en toda Colombia: la ejecución de más estudios acerca de la composición y distribución de los organismos del orden Trichoptera y otros grupos de organismos acuáticos, ya que con el aumento del conocimiento se registra y documenta cada vez más la alta diversidad biótica del país y sus regiones, y finalmente de esta forma se pueden crear bases de datos que provean información para la implementación de planes de manejo eficientes y para la conservación biológica con propósitos de aprovechamiento sostenible de los recursos.

De igual manera, se requiere ampliar el conocimiento acerca de la influencia que ejercen las diferentes actividades antrópicas sobre las dinámicas de los hábitats de los ecosistemas lóticos en esta región, por ejemplo, en el caso de la microcuenca La Cañaverala del municipio de Andes, que se caracteriza por su alta riqueza hídrica y su intensa actividad cafetera.

Con base en la experiencia de este estudio, se considera necesario elaborar e implementar análisis y programas de aprovechamiento sostenible de los diferentes recursos asociados con los ecosistemas acuáticos, como son: suelos, cobertura vegetal, agua, recursos bióticos, etc., con el fin de evaluar en detalle y aminorar el impacto negativo de cada una de las diferentes actividades humanas en las quebradas de esta microcuenca.

Adicionalmente, urge la elaboración e implementación de un plan piloto de educación ambiental mediante campañas informativas, formativas y de sensibilización a las familias caficultoras, en donde se les muestre por medio de recorridos en campo y de material didáctico, la alta riqueza hidrobiológica existente en las quebradas de la microcuenca, con el objetivo de crear una mayor conciencia entre la comunidad acerca de la conservación del recurso hídrico, y poder extrapolar estas experiencias a otras zonas del municipio que presenten una problemática similar.

Mediante los resultados de los esfuerzos anteriormente mencionados, se podrán mejorar a mediano y largo plazo las condiciones naturales de las quebradas de la microcuenca, resaltando su alto valor paisajístico, y haciendo de éstas lugares agradables para el sano esparcimiento y la recreación de los habitantes, no sólo de esta zona, sino también del casco urbano y de las demás veredas que conforman el municipio de Andes.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba-Tercedor J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio de agua en Andalucía (SIAGA), Almería, 2: 203-213.
- Angrisano EB, Sganga JV. 2009. Trichoptera. En: Domínguez E, Fernández HR, editores. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Tucumán (Argentina): Fundación Miguel Lillo. p. 255-307.
- Arboleda JC. 2004. Plan de manejo del área de reserva forestal protectora-productora Chorros Blancos-La Negra, municipio de Andes-Antioquia. Medellín (Antioquia), Colombia: Corantioquia. Contrato N.º 6152 de 2003.
- Baptista DF, Buss DF, Dorvillé LFM, Nessimian JL. 2001. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé River basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 61(2): 249-258.
- Bilton DT, Freeland JR, Okamura B. 2001. Dispersal in freshwater invertebrates. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32: 159-181.
- Bispo PC, Oliveira LG, Bini LM, Sousa KG. 2006. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. *Brazilian Journal of Biology*, 66(2B): 611-622.
- Blahnik RJ, Holzenthal RW. 2009. Recolección y conservación de Trichoptera, con énfasis en el material montado. *Nectopsyche*, Neotropical Trichoptera Newsletter, suplemento número 1: 1-13. Home page: Insect Collection University of Minnesota. Fecha de consulta: marzo de 2010. Disponible en: <[http://www.entomology.umn.edu/museum/links/Suplemento\\_al\\_1.pdf](http://www.entomology.umn.edu/museum/links/Suplemento_al_1.pdf)>.
- Bonada N, Prat N, Resh V, Statzner B. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology*, 51: 495-523.
- Botosaneanu L, Flint OS Jr. 1982. On some Trichoptera from Northern Venezuela and Ecuador (Insecta). *Beaufortia*, 32(2): 13-26.

- Buss DF, Baptista DF, Nessimian JL, Egler M. 2004. Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 518: 179-188.
- Caicedo O, Palacio J. 1998. Los macroinvertebrados bénticos y la contaminación orgánica en la quebrada La Mosca (Guarne, Antioquia, Colombia). *Actualidades Biológicas*, 20 (69): 61-73.
- Calor AR, Froehlich CG. 2008. Description of the immature stages of *Notalina morsei* Holzenthal, 1986 (Trichoptera: Leptoceridae) and an updated key to larvae of Neotropical Leptoceridae genera. *Zootaxa*, 1779: 45-54.
- Closs G, Downes, Boulton A. 2004. Freshwater ecology, a scientific introduction. Victoria (Australia): Blackwell Publishing.
- Colwell RK, Coddington JA. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 345(1311): 101-118.
- Comportamiento del clima en la zona cafetera colombiana 2010 [Internet]. 2011. Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE). Fecha de acceso: 2011 abril 25. Disponible en:  
<[http://www.cenicafe.org/modules/News/documents/enso\\_dic31-10.pdf](http://www.cenicafe.org/modules/News/documents/enso_dic31-10.pdf)>.
- Comportamiento del clima en la zona cafetera colombiana 2011 [Internet]. 2011. Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE). Fecha de acceso: 2011 abril 25. Disponible en:  
<[http://www.cenicafe.org/modules/News/documents/enso\\_mar31-11.pdf](http://www.cenicafe.org/modules/News/documents/enso_mar31-11.pdf)>.
- Correa M, Machado T, Roldán G. 1981. Taxonomía y ecología del orden Trichoptera en el departamento de Antioquia a diferentes pisos altitudinales. *Actualidades Biológicas*, 10 (36): 35-48.
- Correa M. 1988. Orden Trichoptera. En: Roldán-Pérez G, editor. Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Bogotá (Colombia): Fondo FEN Colombia, Colciencias, Universidad de Antioquia. p. 145-170.
- Crichton MI. 1957. The structure and function of the mouth parts of adult caddis flies (Trichoptera). *Transactions of the Royal Entomological Society of London, Series B, Biological Science*, 241: 45-91.

- Crichton MI. 1991. A scanning electron microscope study of the mouth parts of adult *Phryganea grandis* (L.). En: Tomaszewski C, editor. Proceedings of the 6th International Symposium on Trichoptera. Poznan (Polan): Adam Mickiewicz University Press. p. 329-333.
- Crichton MI. 1993. A scanning electron microscope study of the mouth parts of some adult Limnephilidae (Trichoptera). En: Otto C, editor. Proceedings of the 7th International Symposium on Trichoptera. Leiden (The Netherlands): Backhuys Publishers. p. 45-48.
- Cummins KW. 1973. Trophic relations of aquatic insects. Annual Review of Entomology, 18: 183-206.
- Cummins KW. 1974. Structure and function of stream ecosystems. BioScience, 24 (11): 631-641.
- Cummins KW, Klug MJ. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. Annual Review of Entomology, 10: 147-172.
- Cummins KW, Merritt RW, Berg MB. 2008. Ecology and distribution of aquatic insects. En: Merritt RW, Cummins KW, Berg MB, editores. An introduction to the aquatic insects of North America. Fourth edition. Dubuque (U.S.A.): Kendall/Hunt Publishing Company. p. 105-122.
- de Moor FC, Ivanov VD. 2008. Global diversity of caddisflies (Trichoptera: Insecta) in freshwater. Hidrobiologia, 595: 393-407.
- Dohet A. 2002. Are caddisflies an ideal group for the biological assessment of water quality in streams. En: Mey W, editor. Proceedings of the 10th International Symposium on Trichoptera - Nova Supplementa. Entomologica Keltern, 15: 507-520.
- Domínguez E, Fernández HR, editores. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Tucumán (Argentina): Fundación Miguel Lillo. p. 656.
- Donald PF. 2004. Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. Issues in international conservation, Conservation Biology, 18(1): 18-38.
- Espinal LS. 1990. Zonas de Vida de Colombia. Medellín (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín. p.121.

- Flint OS Jr. 1991. Studies of Neotropical caddisflies, XLV: the taxonomy, phenology, and faunistics of the Trichoptera of Antioquia, Colombia. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 520: 1-113.
- Flint OS Jr., Angrisano EB. 1985. Studies of Neotropical Caddisflies XXXV: the immature stages of *Banyallarga argentinica* Flint (Trichoptera: Calamoceratidae). *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 98(3): 687-697.
- Flint OS Jr., Holzenthal RW, Harris SC. 1999. Catalog of the Neotropical Caddisflies (Insecta: Trichoptera). Columbus (Ohio): Ohio Biological Survey. p. 239.
- Gotelli NJ, Colwell RK. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4: 379-391.
- Graf W, Murphy J, Dahl J, Zamora-Muñoz C, López-Rodríguez MJ. 2008. Trichoptera, En: Schmidt-Kloiber A, Hering D, editors. *Distribution and ecological preferences of European freshwater organisms*. Bulgaria: Pensoft Publishers. vol. I. p. 1-388.
- Guevara G, Reinoso G, Villa F. 2005. Estudio del orden Trichoptera en su estado larval en la cuenca del río Coello departamento del Tolima. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 17: 59-70.
- Guhl A. 2009. Café, bosques y certificación agrícola en Aratoca, Santander. *Revista de Estudios Sociales*, 32:114-125.
- Guisande-González C, Barreiro-Felpeto A, Maneiro-Estraviz I, Riveiro-Alarcón I, Vergara-Castaño AR, Vaamonde-Liste A. 2006. Tratamiento de datos. Primera Edición. España: Ediciones Díaz de Santos. p. 356.
- Hauer FR, Resh VH. 2007. Macroinvertebrates. En: Hauer R, Lamberti G, editors. *Methods in stream ecology*. Second edition. San Diego (U. S. A.): Academic Press. p. 435-454.
- Healey M. 1984. Fish predation on aquatic insects. En: Resh VH, Rosenberg DV, editors. *The ecology of aquatic insects*. New York, U.S.A. Praeger Publishers. p. 255-288.
- Hinton HE. 1981. Trichoptera. En: Hinton HE, editor. *Biology of insect eggs*. 3 Vols. New York (U. S. A.): Pergamon Press. Vol. I. p. 192-196, + Vol. II. p. 710-711.
- Holdridge LR. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. San José (Costa Rica): Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

- Holzenthal RW, Blahnik RJ, Kjer KM, Prather AL. 2007a. An update on the phylogeny of caddisflies (Trichoptera). En: Bueno-Soria J, Barba-Álvarez R, Armitage B, editors. Proceedings of the XIIth International Symposium on Trichoptera. Columbus (Ohio): The Caddis Press. p. 143-153.
- Holzenthal RW, Blahnik RJ, Prather AL, Kjer KM. 2007b. Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. Zootaxa, 1668: 639-698.
- Holzenthal RW. 1986. Studies in Neotropical Leptoceridae (Trichoptera), a new species of *Amphoropsyche*, with a redescription of the immature stages of *A. insularis* (Flint). Annals of the Entomological Society of America, 79 (1): 251-255.
- Holzenthal RW. 1988. Studies in Neotropical Leptoceridae (Trichoptera), VIII: the genera *Atanatolica* Mosely and *Grumichella* Müller (Triplectidinae: Grumichellini). Transactions of the American Entomological Society, 114: 71-128.
- Houghton DC. 2007. The effects of landscape-level disturbance on the composition of Minnesota caddisfly (Insecta: Trichoptera) trophic functional groups: evidence for ecosystem homogenization. Environmental Monitoring Assessment, 135: 253-264.
- Hurn AD, Wallace JB, Anderson NH. 2008. Habitat, life history, secondary production and behavioral adaptations of aquatic insects. En: Merritt RW, Cummins KW, Berg MB, editores. An introduction to the aquatic insects of North America. Fourth edition. Dubuque (U.S.A.): Kendall/Hunt Publishing Company. p. 55-103.
- Ivanov VD. 1997. Rhyacophiloidea: A paraphyletic taxon. En: Holzenthal RW, Flint OS Jr, editors. Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera. Columbus (Ohio): Ohio Biological Survey. p. 189-193.
- Ivanov VD. 2002. Contribution to the Trichoptera phylogeny: new family tree with considerations of Trichoptera-Lepidoptera relations. Nova Supplementa Entomologica (Proceedings of the 10th International Symposium on Trichoptera), 15: 277-292.
- Ivanov VD, Sukatcheva ID. 2002. Order Trichoptera Kirby, 1813. The caddisflies (= Phryganeida Latreille, 1810). En: Rasnitsyn AP, Quicke DLJ, editors. History of Insects. Dordrecht (The Netherlands): Kluwer Academic Publishers. p. 199-222.
- Jacobsen D, Encalada A. 1998. The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian high-land streams in the wet and dry season. Archiv für Hydrobiologie, 142: 53-70.

- Jacobsen D, Rostgaard S, Vásconez JJ. 2003. Are macroinvertebrates in high altitude streams affected by oxygen deficiency? *Freshwater Biology*, 48: 2025-2032.
- Jaramillo A. 2005. *Clima andino y café en Colombia*. Chinchiná (Colombia): Cenicafé. p. 192.
- Kjer KM, Blahnik RJ, Holzenthal RW. 2001. Phylogeny of Trichoptera (caddisflies): characterization of signal and noise within multiple datasets. *Systematic Biology*, 50: 781-816.
- Kjer KM, Blahnik RJ, Holzenthal RW. 2002. Phylogeny of caddisflies (Insecta, Trichoptera). *Zoologica Scripta*, 31: 83-91.
- Kristensen NP. 1981. Phylogeny of the insect orders. *Annual Review of Entomology*, 26: 135-157.
- Kristensen NP. 1984. Studies on the morphology and systematics of primitive Lepidoptera. *Steenstrupia*, 10 (5): 141-191.
- Kristensen NP. 1991. Phylogeny of extant hexapods. En: CSIRO, editors. *The insects of Australia*. Second edition. 2 Vols. Ithaca (U.S.A.): Cornell University Press. p. 125-140.
- Kristensen NP. 1997. Early evolution of the Lepidoptera + Trichoptera lineage: phylogeny and the ecological scenario. En: Grandcolas P, editor. *The origin of biodiversity in insects: phylogenetic tests of evolutionary scenarios*. Mémoires du Muséum national d'histoire naturelle, 173: 253-271.
- Kristensen NP, editor. 1999. *Lepidoptera, moths and butterflies*. Handbook of Zoology. Berlin: Walter de Gruyter Publishers. Vol. 1 (Part 35: Evolution, Systematics, and Biogeography), Vol. 2 (Part 36: Morphology, Physiology, and Development).
- Lake PS. 2000. Disturbance, patchiness, and diversity in streams. *Journal of the North American Benthological Society*, 19(4): 573-592.
- Lamberti GA, Moore JW. 1984. Aquatic insects as primary consumers. En: Resh VH, Rosenberg DV, editor. *The ecology of aquatic insects*. New York (U.S.A.): Praeger Publishers. p. 164-195.
- Lewis WM. 2008. Physical and chemical features of tropical flowing waters. En: Dudgeon D, editor. *Tropical stream ecology*. San Diego (USA): Academic Press. p. 1-21.

- MA (Municipio de Andes). 2010. Sitio oficial de Andes en Antioquia, Colombia. Fecha de consulta: 28 de enero de 2010. Disponible en: <<http://www.andes-antioquia.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m111--&m=f>>.
- Machado T, Roldán-P G. 1981. Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. *Actualidades Biológicas*, 10 (35): 3-19.
- Mackay RJ, Wiggins GB. 1979. Ecological diversity in Trichoptera. *Annual Review of Entomology*, 24: 185-208.
- Magurran AE. 1988. *Diversidad ecológica y su medición*. Barcelona: Ediciones Vedra. p. 200.
- Matthias U, Moreno H. 1983. Estudio de algunos parámetros fisicoquímicos y biológicos en el río Medellín y sus principales afluentes. *Actualidades Biológicas*, 12 (46): 106-117.
- McCafferty WP. 1998. *Aquatic entomology: the fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives*. Boston (U.S.A.): Jones and Bartlett Publishers. p. 450.
- Medellín F, Ramírez M, Rincón ME. 2004. Trichoptera del Santuario de Iguaque (Boyacá, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Revista Colombiana de Entomología*, 30(2): 197-203.
- Merritt RW, Cummins KW, Berg MB, editores. 2008. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Fourth edition. Dubuque (U.S.A.): Kendall/Hunt Publishing Company. p. 1158.
- Merritt RW, Cummins KW, Burton TM. 1984. The role of aquatic insects in the processing and cycling of nutrients. En: Resh VH, Rosenberg DV, editors. *The ecology of aquatic insects*. New York (U.S.A.): Praeger Publishers. p. 134-163.
- Montoya Y. 2008. Caracterización de la biodiversidad acuática y de la calidad de las aguas de la quebrada Los Andes, El Carmen de Viboral, Antioquia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó*, 27 (1): 85-91.
- Moreno CE. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T - Manuales y Tesis SEA., Vol. 1. Zaragoza (España): CYTED, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), UNESCO. p. 84.

- Morse JC, Holzenthal RW. 2008. Trichoptera genera. En: Merritt RW, Cummins KW, Berg MB, editors. An introduction to the aquatic insects of North America. Fourth edition. Dubuque (IA, U.S.A.): Kendall/Hunt Pub Co. p. 481-552.
- Morse JC. 1997. Phylogeny of Trichoptera. Annual Review of Entomology, 42: 427-50.
- Morse JC. 2009. Trichoptera World Check List. Clemson University Homepage. Fecha de consulta: 17 de febrero de 2009. Disponible en: <<http://entweb.clemson.edu/database/trichopt/index.htm>>.
- Muñoz-Quesada, FJ. 2000. Especies del orden Trichoptera (Insecta) en Colombia. Biota Colombiana, 1 (3): 267-288.
- Muñoz-Quesada, FJ. 2004. El orden Trichoptera (Insecta) en Colombia, II: inmaduros y adultos, consideraciones generales. Volumen III. En: Fernández-C F, Andrade-C MG, Amat G, editores. Insectos de Colombia. Bogotá (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, Instituto Humboldt Colombia. p. 319-349.
- Peckarsky BL. 1984. Predator-prey interactions among aquatic insects. En: Resh VH, Rosenberg DV, editors. The ecology of aquatic insects. New York (U.S.A.): Praeger Publishers. p. 196-254.
- Pérez G, Roldán-P G. 1978. Niveles de contaminación por detergentes y su influencia en las comunidades bentónicas del río Negro (Antioquia). Actualidades Biológicas, 7 (24): 27-36.
- Posada JA, Roldán-P G, Ramírez J. 2000. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. Revista de Biología Tropical, 48 (1): 59-70.
- Posada-García JA, Roldán-Pérez G. 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el Nor-occidente de Colombia. Caldasia, 25 (1): 169-192.
- Ramírez A, Viña G. 1998. Limnología colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Bogotá (Colombia): BP Exploration Company (Colombia) Ltda., Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. p. 312.
- Ramírez JJ, Roldán-P G. 1989. Contribución al conocimiento limnológico y de los macroinvertebrados acuáticos de algunos ríos de la región del Urabá antioqueño. Actualidades Biológicas, 18 (66): 113-121.

- Resh VH, Rosenberg DM, editors. 1984. The ecology of aquatic insects. New York (U.S.A.): Praeger Publishers. p. 625.
- Resh VH, Unzicker JD. 1975. Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of species identification. *Journal Water Pollution Control Federation*, 47: 9-19.
- Resh VH. 1993. Recent trends in the use of Trichoptera in water quality monitoring. En: Otto C, editor. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium of the Trichoptera*. Umea, Sweden. Leiden (The Netherlands): Backhuys Pub. p. 285-291.
- Resh VH. 1995. Freshwater benthic macroinvertebrates and rapid assessment procedures for water quality in developing and newly industrialized countries. En: Davis WS, Simon TP, editors. *Biological assessment and criteria: tools for resource planning and making decision*. Boca Raton (E.U.A.): Lewis Pub. p. 167-180.
- Rincón ME. 1996. Aspectos bioecológicos de la quebrada Carrizal (Boyacá, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 22 (1): 53-60.
- Rincón ME. 1999. Estudio preliminar de la distribución altitudinal y espacial de los tricópteros en la cordillera Oriental (Colombia). En: Amat G, Andrade MG, Fernández F, editores. *Insectos de Colombia. Volumen II*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Colección Jorge Álvarez Lleras N.º 13. Bogotá, Colombia), p. 267-284.
- Roldán-P G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, uso del método BMWP/Col. Medellín (Colombia): Editorial Universidad de Antioquia. p. 170.
- Roldán-P G, Correa M, Machado T, Ramírez J, Velásquez F, Zuluaga F. 1984. Estudio limnológico de la represa de El Peñol. *Actualidades Biológicas*, 13 (50): 94-105.
- Roldán-P G, Ramírez JJ. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Segunda Edición. Medellín (Colombia): Editorial Universidad de Antioquia. p. 440.
- Rosenberg DM, Resh VH. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. London (England): Chapman and Hall. p. 488.
- Rosenberg DM, Resh VH. 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. En: Rosenberg DM, Resh VH, editors. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. NewYork (U.S.A.): Chapman & Hall. p. 1-9.

- Rosenberg DM, Resh VH, King RS. 2008. Use of aquatic insects in biomonitoring. En: Merritt RW, Cummins KW, Berg MB, editors. An introduction to the aquatic insects of North America. Fourth edition. Dubuque (Iowa): Kendall/Hunt Publ. p. 123-138.
- Ross DH, Wallace JB. 1982. Factors influencing the longitudinal distribution of larval Hydropsychidae (Trichoptera) in a southern Appalachian stream system (U.S.A.). *Hydrobiologia*, 96: 185-199.
- Ross HH. 1956. Evolution and classification of the Mountain caddisflies. Urbana (Illinois, U.S.A.): University of Illinois Press. p. 213.
- Ross HH. 1967. The evolution and past dispersal of the Trichoptera. *Annual Review of Entomology*, 12: 169-206.
- Rúa JC, Roldán G. 2008. Estudio de emergencia de insectos acuáticos en las zonas de bosque ripario, bosque plantado y pastos, Abejorral (Antioquia, Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 32 (122): 105-123.
- Sánchez LM, Durán SM, Vélez JG, García R, Botero JE. 2008. Estudios regionales de biodiversidad en las zonas cafeteras de Colombia. *Cenicafé, Avances Técnicos*, 378: 1-8.
- Sheldon AL. 1984. Colonization dynamics of aquatic insects. En: Resh VH, Rosenberg DV (eds.). *The ecology of aquatic insects*. New York (U.S.A.): Praeger Publishers. p. 401-429.
- Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 130-137.
- Vásquez-Ramos JM, Ramírez-Días F, Reinoso-Flórez G, Guevara-Cardona G. 2010. Distribución espacial y temporal de los Tricópteros inmaduros en la cuenca del río Totare (Tolima-Colombia). *Caldasia*, 32(1): 129-148.
- Villareal H, Álvarez M, Córdoba S, Escobar D, Fagua G, Gast F, Mendoza H, Ospina M, Umaña A. 2006. Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. En: *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Segunda edición. Programa de

- inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Weaver JS. 1984. The evolution and classification of Trichoptera. Part I: the groundplan of Trichoptera. En: Morse JC, editors. Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Symposium on Trichoptera. The Hague (The Netherlands): Dr. W. Junk. p. 413-419.
- Whittaker, RH. 1975. Communities and ecosystems. Second edition. New York (U.S.A.): Macmillan Publ. p. 385.
- Wiggins GB. 1987. Order Trichoptera. En: Stehr FW, editor. Immature insects. Dubuque (IA, U.S.A.): Kendall/Hunt Publishing Company. p. 253-287.
- Wiggins GB. 1996. Larvae of the North America caddisfly genera (Trichoptera). Second Edition. Toronto (Canada): University of Toronto Press. p. 457.
- Wiggins GB. 2004. Caddisflies, the underwater architects. Toronto (Canada): University of Toronto Press. p. 292.
- Wiggins GB, Mackay RJ. 1978. Some relationships between systematics and trophic ecology in Nearctic aquatic insects, with special reference to Trichoptera. Ecology, 59 (6): 1211-1220.
- Wiggins GB, Wichard W. 1989. Phylogeny of pupation in Trichoptera, with proposals on the origin and higher classification of the order. Journal of the North American Benthological Society, 8: 260-276.
- Wiggins GB, Currie DC. 2008. Trichoptera families. En: Merritt RW, Cummins KW, Berg MB (eds.). An introduction to the aquatic insects of North America. Dubuque (IA, U.S.A.): Kendall/Hunt Pub Co. p. 439-480.
- Wilson MV, Mohler CL. 1983. Measuring compositional change along gradients. Vegetatio, 54: 129-141.
- Wolff M, Matthias U, Roldán-PG. 1988. Estudio del desarrollo de los insectos acuáticos, su emergencia y ecología en tres ecosistemas diferentes en el departamento de Antioquia. Actualidades Biológicas, 17 (63): 2-27.
- Zambrano DA, Isaza JD. 1998. Demanda química de oxígeno y nitrógeno total, de los subproductos del proceso tradicional de beneficio húmedo del café. Cenicafé, 49 (4): 279-289.

## 12. ANEXOS

**Anexo 1.** Número de individuos y listado de los géneros y familias del orden Trichoptera (Insecta) recolectados en la microcuena La Cañaverala, Andes (Antioquia), Colombia (**E 1:** estación 1, 1.250 m; **E 2:** estación 2, 1.548 m; **E 3:** estación 3, 1.938 m; **A t:** abundancia absoluta; **A r:** Abundancia relativa).

SUBORDEN	Familia	Género	E 1	E 2	E 3	A t	A r (%)
ANNULIPALPIA	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	382	537	190	1.109	17,55
		<i>Macronema</i>	0	0	12	12	0,19
		<i>Macrostemum</i>	0	2	29	31	0,49
		<i>Smicridea</i>	188	2.044	105	2.337	36,98
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	1	22	3	26	0,41
	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	0	1	70	71	1,12
“SPICIPALPIA”	Glossosomatidae	<i>Culoptila</i>	16	21	15	52	0,82
		<i>Mexitrichia</i>	42	8	14	64	1,01
	Hydrobiosidae	<i>Protoptila</i>	96	2	10	108	1,71
		<i>Atopsyche</i>	56	43	61	160	2,53

	<i>Hydroptila</i>	113	91	190	394	6,23
	<i>Leucotrichia</i>	4	43	5	52	0,82
	<i>Metrichia</i>	6	79	41	126	1,99
<b>Hydroptilidae</b>	<i>Neotrichia</i>	0	0	2	2	0,03
	<i>Ochrotrichia</i>	0	0	1	1	0,02
	<i>Oxyethira</i>	0	29	0	29	0,46
<b>Anomalopsychidae</b>	<i>Contulma</i>	0	1	25	26	0,41
	<i>Banyallarga</i>	0	0	2	2	0,03
<b>Calamoceratidae</b>	<i>Phylloicus</i>	0	0	330	330	5,22
	<i>Helicopsyche</i>	6	24	19	49	0,78
	<i>Amphoropsyche</i>	0	0	6	6	0,09
<b>INTEGRIPALPIA</b>	<i>Atanatolica</i>	0	6	621	627	9,92
	<i>Grumichella</i>	0	0	22	22	0,35
<b>Leptoceridae</b>	<i>Nectopsyche</i> sp. 1	5	1	0	6	0,09
	<i>Nectopsyche</i> sp. 2	402	185	14	601	9,51
	<i>Notalina</i>	0	0	1	1	0,02

	<i>Oecetis</i>	9	36	15	60	0,95
	<i>Triaenodes</i>	1	0	1	2	0,03
	<i>Triplectides</i>	0	0	13	13	0,21
<b>Odontoceridae</b>	<i>Marilia</i>	0	0	1	1	0,02
	<b>TOTAL:</b>	<b>1.327</b>	<b>3.175</b>	<b>1.818</b>	<b>6.320</b>	<b>100,00</b>