

Trichoptera del Santuario de Iguaque (Boyacá, Colombia) y su relación con la calidad del agua

Trichoptera of the Santuario de Iguaque (Boyacá, Colombia) in relation to water quality

FRANCISCO MEDELLÍN C.¹, MÓNICA RAMÍREZ O.¹, MARÍA EUGENIA RINCÓN²

Revista Colombiana de Entomología 30 (2): 197-203 (2004)

Resumen. Se presentan los resultados obtenidos durante la investigación realizada en algunos de los principales cuerpos de agua del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, Boyacá: Quebradas Carrizal, Mamarramos Colorada y río Cane, donde se analizaron aspectos físico-químicos y composición de la trichopteroфаuna bajo la técnica de recolección de coriotopos, durante los meses de septiembre de 2001 a abril de 2002. Se realizaron tres muestreos cubriendo temporadas de alta y baja precipitación, con el fin de analizar algunos aspectos físico-químicos y la composición de la trichopteroфаuna. Se encontró que el régimen pluviométrico incide sobre las condiciones biológicas y físico-químicas ocasionando disminución en la abundancia de la comunidad de tricópteros durante los meses de alta precipitación (abril-mayo) y un aumento de la abundancia cuando disminuyen las lluvias. En todos los sistemas se registraron 3.281 individuos distribuidos en 10 familias y 19 géneros, se destacan por su abundancia los géneros *Contulma* y *Ochrotrichia*, con 45,68 y 16,36%, respectivamente. Se informaron como registros nuevos para la zona a los géneros *Culoptila* y *Metrichia*. De otro lado, son considerados como posibles bioindicadores para la zona algunas especies de los géneros: *Contulma*, *Ochrotrichia*, *Helicopsyche* y *Mortoniella*.

Palabras clave: Insectos acuáticos. Distribución espacio-temporal. Diversidad. Bioindicación.

Summary. Results are presented that were obtained during research conducted in some of the main bodies of water in the Iguaque Fauna and Flora Sanctuaries, Boyacá: Carrizal, Mamarramos, Colorada mountain streams and the Cane River. The physical-chemical characteristics and composition of the trichopteran fauna were studied using the choriotope sampling technique during the months from September 2001 to April 2002. Three samples were taken covering periods of high and low precipitation in order to analyze some physical and chemical elements and composition of trichopteran fauna. It was found that rain regime had an influence on the biological and physical chemical conditions causing a reduction in the abundance of the trichopteran community during the months of high precipitation (April-May) and an increase in abundance when rains decreased. In all of the systems, 3,281 individuals distributed in 10 families and 19 genera were recorded. The genera *Contulma* and *Ochrotrichia* were predominant, with 45,68 and 16,36%, respectively. *Culoptila* and *Metrichia* were reported as new records for the zone. On the other hand, some species of the genera *Contulma*, *Ochrotrichia*, *Helicopsyche* and *Mortoniella* are considered as possible bioindicators for the zone.

Key words: Aquatic insects. Spatial and temporal distribution. Diversity. Bioindication.

Introducción

Los sistemas acuáticos continentales presentan una diversidad amplia de insectos acuáticos, dentro de la cual se encuentran organismos del orden Trichoptera que se han venido utilizando como indicadores de calidad de agua y donde se precisa el avance en su conocimiento en aspectos taxonómicos y ecológicos. Para la región neotropical, el catálogo de especies más actualizado es el de Flint *et al.* (1999) quienes registran 205 especies válidas para Colombia. Posteriormente, Muñoz (2000) publica un listado del grupo recopilando los registros existentes en Colombia, así informa de 210 especies válidas (una subespecie) clasificadas en 45 géneros y 13 familias. Respecto a la ecología del orden, se destacan los trabajos de Quintero y Rojas (1987) en el Valle de Cauca, Correa *et al.* (1981) en el departamento de Antioquia, Garavito (2002), González *et al.* (2001), Ruiz (2001) en el departamento de Cundinamarca.

Los trabajos de bioindicación se han realizado en el Valle del Cauca por Zúñiga y Rojas (1994), estudios orientados a la evaluación de la calidad de agua, donde presentan el índice de calidad de agua (ICA). Otros estudios de calidad de agua han estado a cargo de Morales (1984) para el río Medellín, Rojas (1991) para el río Cauca, Valle y Risaralda. Escobar (1989) estudia las comunidades macrobénticas del río Manzanares, sus principales afluentes y su relación con la calidad del agua. De otro lado, Roldán (1999) propone la adaptación del sistema de bioindicación para aguas contaminadas BMWP, con aplicaciones para el departamento de Antioquia. Posteriormente, Riss y Ospina (2002) realizan una nueva adaptación de este índice con base en los macroinvertebrados de la Sabana de Bogotá.

Para el Santuario de Iguaque se encuentran estudios como los de La Rotta (1989) quien publica el primer listado de tricóp-

teros de la zona, Paez *et al.* (1996) y Rincón (1996) quienes centran sus estudios en la bioecología de la comunidad de insectos en especial del orden Trichoptera; Rincón (2002) estudia la quebrada Mamarramos, ubicada en este mismo lugar donde caracteriza la composición de la comunidad de Insectos acuáticos.

Este trabajo se realizó durante el segundo periodo del año 2001 y el primer periodo del año 2002, en algunas de las corrientes más importantes del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque: río Cane, y quebradas Colorada, Mamarramos y Carrizal. El Santuario se encuentra localizado en el departamento de Boyacá sobre la cordillera oriental (Garcés y de la Zerda 1994) (Fig. 1). El objetivo principal de esta investigación fue determinar la composición de la comunidad de Trichoptera y establecer cómo las variaciones físico-químicas inciden sobre ésta. Así mismo, se pretendió contribuir a consolidar un posible sistema

1 Licenciados en Biología Universidad Pedagógica Nacional. E-mail: franciscomedellin@hotmail.com

2 Autor para correspondencia: Profesora Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional. Av Cll. 80 No 73A-21. Apto. 538. E-mail: merincon01@starmedia.com

de bioindicación regional, basado en los anteriores estudios realizados en la zona, en el marco de la Línea de Investigación Biodiversidad y Conservación de los Sistemas Acuáticos de la Región Andina, de la Universidad Pedagógica Nacional.

Materiales y Métodos

Se realizaron tres muestreos entre los meses de septiembre de 2001, enero y abril de 2002, meses que corresponden a periodos de baja y alta precipitación respectivamente, según datos suministrados por la estación pluviométrica Arcabuco, localizada en el Municipio de Arcabuco.

Para las quebradas Mamarramos, Colorada y río Cane se estableció una estación de muestreo, en altitudes que oscilan entre los 2.500 msnm y los 2.800 msnm, ubicadas a su vez dentro de las zonas de vida bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) y bosque húmedo montano bajo (bh-MB) (Barrera y Acosta 1995).

Así mismo, en la quebrada Carrizal se seleccionaron tres estaciones sobre un gradiente altitudinal que osciló entre 2.900 msnm y 2.800 msnm, en la zona de vida correspondiente a bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), para evidenciar el posible impacto que sobre este cuerpo de agua tiene un desagüe proveniente del centro de visitantes. Para la se-

lección de las estaciones se tuvieron en cuenta criterios como: pendiente, altitud, uso del suelo, cobertura vegetal, tipo de sustrato, variables hidrológicas y diversidad de insectos acuáticos.

En cada muestreo se evaluaron las siguientes variables: descarga, pH, turbidez, conductividad y sólidos disueltos totales a través del uso de instrumentos electrónicos como Oxímetro YSI modelo S54, previamente calibrado a cada altitud; conductímetro Orion modelo 130, Turbidímetro H 193703 Range 0.00...1.000 FTU y pHmetro modelo Orion 250 A. De otra parte, en la quebrada Carrizal, por solicitud del Ministerio del Medio Ambiente Regional Boyacá-Casanare, además de las variables mencionadas, se hizo un análisis físico-químico más detallado que incluyó los parámetros de alcalinidad total, nitritos, nitratos, dureza total, fósforo total y DBO₅, mediante la toma de muestras de 1 L de agua en frascos esterilizados y oscuros. Este análisis se realizó en un laboratorio particular, teniendo en cuenta los parámetros de la APHA (1989).

La colecta de los organismos inmaduros se realizó en un área de 10 m², mediante la técnica de coriotopos propuesta por Rincón (1996). Cada coriotopo se muestreó en un área aproximada de 1 m² con ayuda de red de Thienneman. Los coriotopos seleccionados para cada estación fueron:

musgos y piedras en corriente rápida y lenta (MCL, MCR, PCL y PCR), cascada (CAS), hojarasca (HOJ), salpicadura (SAL) y ribera (RIB). Posterior a la colecta, los estados inmaduros de tricópteros y la fauna acompañante se conservaron en frascos con alcohol etílico al 70%, debidamente rotulados para su posterior limpieza en laboratorio. En cada una de las estaciones a su vez, se realizaron colectas directas de adultos, entre las 18:00 y las 21:00 h utilizando trampas de luz y alcohol.

Para la limpieza de las muestras y la separación de los organismos se utilizaron tamices de diferente poro y estereoscopio para la observación detallada de las mismas. Las determinaciones de la comunidad de inmaduros de Trichoptera se realizaron hasta el nivel de género, a través del uso de claves taxonómicas como las de Holzenthal y Flint (1995), Angrisano y Korob (2001), Merrit y Cummins (1996), Wiggins (1996), Roldán (1988), entre otras.

En el caso de los especímenes adultos de los tricópteros, las determinaciones se hicieron hasta el nivel de especie y fueron corroboradas por el Doctor Oliver Flint curador de este grupo en el Instituto Smithsonian de Washington.

El análisis e interpretación de los resultados físico-químicos mes a mes de la quebrada Carrizal se realizó con base en la técnica de ordenamiento (análisis de componentes principales) utilizando el programa Statistic Ecology. Además, se establecieron los índices de diversidad de Shannon-Weaver, dominancia de Simpson y equitatividad de Pielou a nivel de género, para cada uno de los sistemas estudiados.

La calidad del agua se evaluó mediante la aplicación del índice BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party), adaptado por Roldán (1999) para la evaluación de los ecosistemas acuáticos de montaña, asignando un puntaje que va entre 1 y 10 para las familias de los macroinvertebrados encontrados. Este método se basa en un diagnóstico cualitativo de presencia -ausencia de organismos. Igualmente, se compararon los valores de tolerancia media (*Tm*) asignados por Riss y Ospina (2002), a las familias de Trichoptera de la Sabana de Bogotá, como una primera aproximación para el neotrópico, esta nueva adaptación al índice BMWP/Col incluye familias como Helicopsychidae y Anomalopsychidae, esta última no valorada en el sistema anterior. Los valores de tolerancia media se asignan con base a la sensibilidad de los taxa a las variables físicoquímicas, estos valores van en una escala de 1 a 10, donde el máximo valor indica menor tolerancia al tensor.

Resultados y Discusión

Aspectos físico - químicos

La zona de estudio se caracteriza por presentar un régimen de precipitaciones de carácter bimodal, de acuerdo con los registros de la estación pluviométrica de

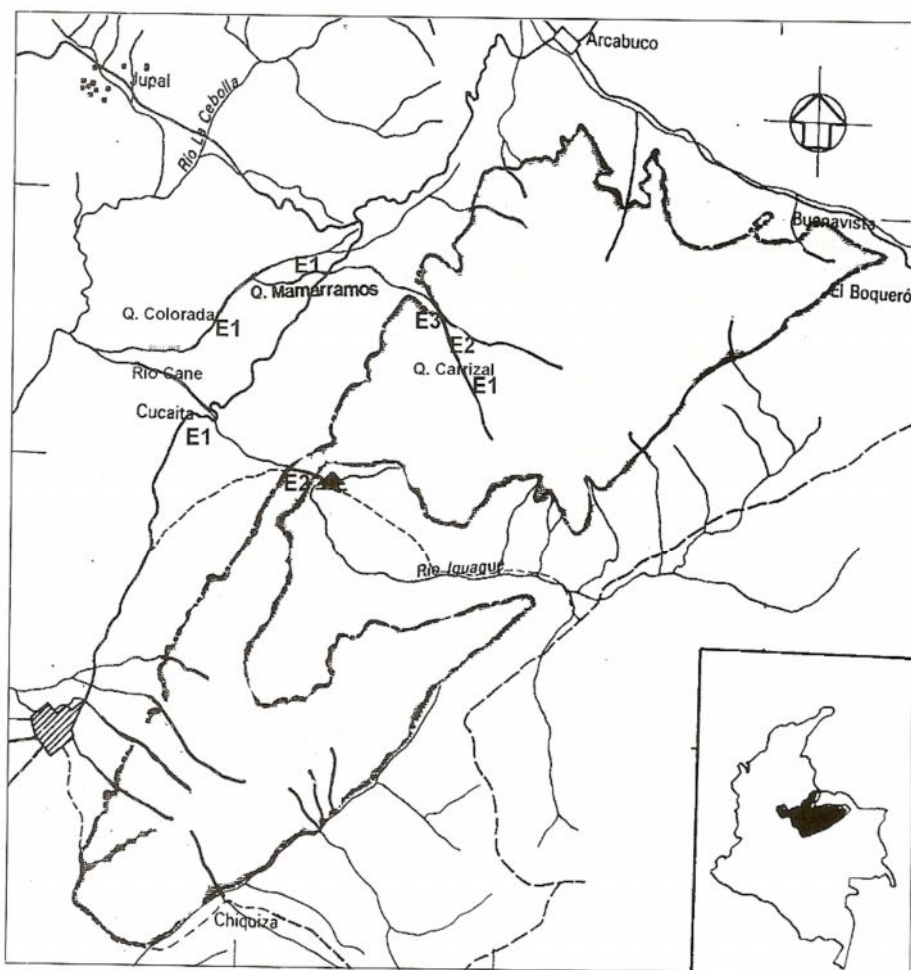


Figura 1. Mapa de la zona de estudio.

Arcabuco, ubicada en cercanías al Santuario, donde se destacan dos picos de precipitaciones altas en los meses abril-mayo y octubre-noviembre. En relación con las variables hidrológicas analizadas, se encontró que los valores mayores de descarga, para cada uno de los sistemas muestreados, están en el mes de abril, oscilando entre los 0,143 m³/seg y 1,032 m³/seg, este último valor se registró para el río Cane. Así mismo, el aumento en las variables conductividad y sólidos disueltos totales coincide con las precipitaciones bajas propias de los meses de septiembre y enero (Tabla 1), estos valores no superan los registrados para sistemas de alta montaña donde la alcalinidad y conductividad no son mayores de 50 mg/l y 20 mS/cm⁻¹, respectivamente (Roldán 1992).

El comportamiento de la quebrada Carrizal no presenta mayores variaciones en los parámetros físico-químicos analizados, con respecto a anteriores estudios realizados en la zona (Páez *et al.* 1996; Rincón 1996). La figura 2 muestra las variaciones de dureza total, ortofosfatos y DBO5, en cada una de las tres estaciones muestreadas, encontrando una posible dilución en la concentración de iones de calcio y magnesio para la dureza total, como resultado de un aumento en el caudal en la temporada de precipitaciones altas, correspondiente al mes de abril. De igual forma durante este mismo mes, aumentaron los valores de ortofosfatos, superando los 0,001 mg/L PO₄, propios de sistemas altoandinos. En el caso de las estaciones 2 (E2) y 3 (E3), este aumento se relaciona posiblemente con el aporte de un vertimiento de aguas servidas, proveniente del centro de visitantes, que ocurre cuando aumentan las lluvias.

La demanda biológica de oxígeno presenta valores entre 1 y 2 mg/L, aguas con estas características de DBO se ubican dentro

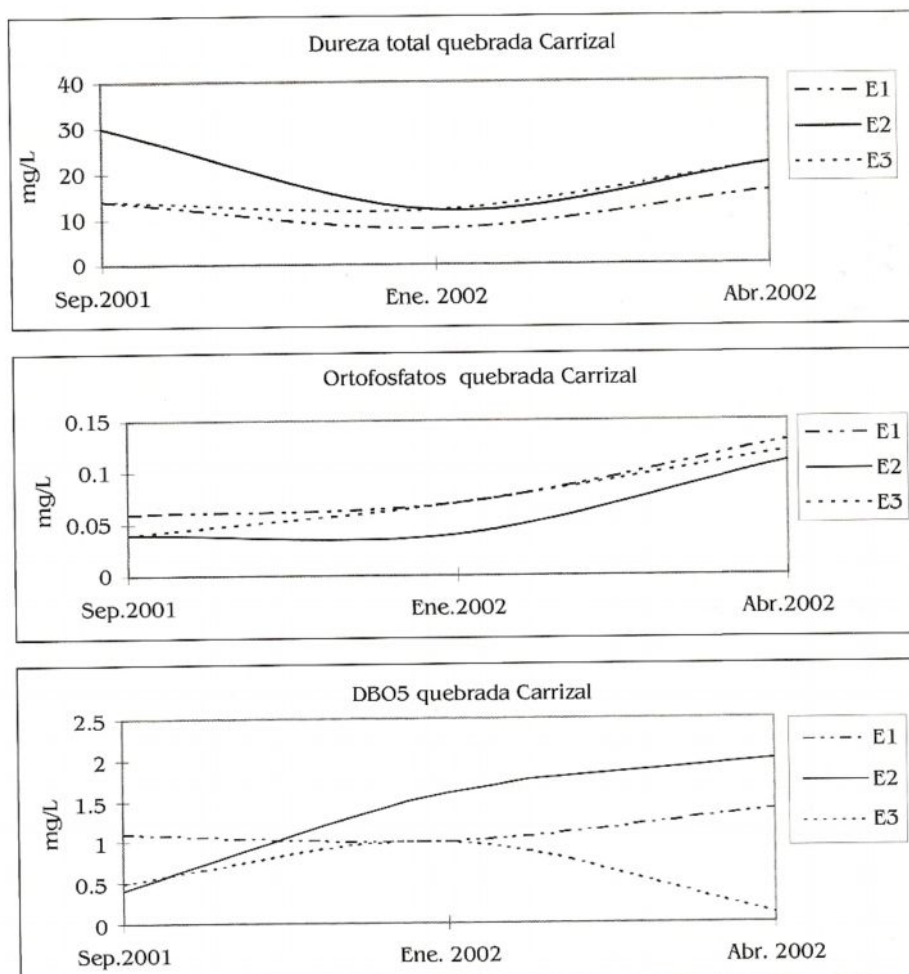


Figura 2. Caracterización físico-química de la quebrada Carrizal.

de una situación aceptable (Ramírez y Viña 1998). El valor mayor de este parámetro se obtuvo en la estación 2 durante el aumento de las lluvias en el mes de abril, lo que ocasiona un rebosamiento del des-

agüe (Tabla 2). En cuanto a la estación 1 se encuentra que el valor de DBO es igual a 1,4 mg/L y se asocia con la descomposición de materia orgánica, producto del aporte de material vegetal proveniente del

Tabla 1. Intervalo de variación de los parámetros físico-químicos de los cuerpos de agua estudiados septiembre de 2001 a abril 2002

Parámetros	Q. Mamarramos		Q. Colorada		Q. Carrizal		Río Cane	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	4,45	8,83	2,18	2,8	3	6	11,5	14,05
Sólidos totales mg/L	2	4	9	20	1	3	5	6
Turbidez (FTU)	0,6	1,3	0,1	0,7	0	1,31	12,06	13,5

Tabla 2. Caracterización físico-química de la quebrada Carrizal septiembre 2001 a abril de 2002

Parámetro analizado	Septiembre 2001			Enero 2002			Abril 2002		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
PH	7,3	8,3	7,7	6,7	6,7	6,6	6,6	6,4	6,1
Alcalinidad Total mg/L CaCO ₃	12,0	14,0	14,0	8,0	12,0	10,0	6,0	8,0	6,0
Dureza Total mg/L CaCO ₃	14,0	30,0	14,0	8,0	12,0	12,0	16,0	22,0	22,0
Oxígeno Disuelto mg/L	9,7	8,8	8,7	7,8	7,4	8,0	8,5	7,9	8,9
DBO5 mg/L	1,1	0,4	0,5	1,0	1,6	1,0	1,4	2,0	0,1
Ortofosfatos mg/L PO ₄	0,006	0,04	0,04	0,07	0,004	0,07	0,13	0,11	0,12
Nitritos mg/L N	0,002	0,002	0,002	0,001	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001
Nitratos mg/L N	0,01	0,01	0,01	0,13	0,1	0,1	0,01	0,01	0,1
Amonio mg/L N	0,2	0,14	0,09	0,06	0,006	0,04	0,15	0,39	0,38

bosque andino aledaño. La temperatura registrada en los puntos de muestreo de este sistema oscila entre 8°C y 10°C, temperatura que contribuye con el retraso de estos procesos oxidativos.

Los valores registrados para nitratos y amonio, no muestran grandes variaciones durante el tiempo en el que se realizó el estudio, los datos obtenidos presentan valores menores que 1 mg/L para nitratos y entre 0,09-0,39 mg/L para amonio, condición propia de los sistemas altoandinos (Roldán 1992). Las variaciones de pH no son amplias, valores que se encuentran en un rango de 6 a 7, permiten identificar el sistema con una tendencia ligeramente ácida, en concordancia con los rangos establecidos para otros sistemas de la zona como la quebrada Mamarramos (Rincón 2002).

El comportamiento del oxígeno disuelto en la quebrada Carrizal es constante con oscilaciones entre los 8 y 9 mg/L (Tabla 2). Teniendo en cuenta la temperatura del sistema, la cual no supera los 12°C, puede decirse que la solubilidad del oxígeno es la esperada de acuerdo con la altitud en la que se ubican las estaciones, según la escala propuesta por Ramírez y Viña (1998) para calcular el valor del oxígeno correlacionando temperatura y altitud.

Los resultados obtenidos a partir del análisis de componentes principales (Fig. 3), permiten ver la formación de tres grupos de acuerdo con las variaciones en los parámetros físico-químicos analizados en la quebrada Carrizal, confirmando su relación con la precipitación. El grupo I corresponde al muestreo realizado durante septiembre de 2001 (M1), mes de transición sequía lluvia, donde los parámetros alcalinidad, dureza, amonio y SDT aumentan, para cada una de las tres estaciones (E1, E2, E3) en relación con la concentración de iones, resultado de las precipitaciones bajas. En contraste, en el grupo III, abril de 2002 (M3), los parámetros anteriormente enunciados disminuyen su concentración por efecto de la dilución que ocasionan las precipitaciones altas en este mes. Finalmente, en el grupo II correspondiente al periodo de sequía, mes de enero de 2002 (M2), los parámetros que aumentan son turbidez, conductividad y SDT. La relación entre las variaciones en los parámetros físico-químicos y las precipitaciones describe el comportamiento típico para sistemas acuáticos neotropicales (Ramírez y Viña 1998).

Aspectos biológicos

Se encontraron 3.281 individuos del orden Trichoptera distribuidos en 10 familias y 19 géneros, donde las familias más representativas fueron: Anomalopsychidae con la especie *Contulma spinosa* Holzenthal y Flint, 1991, con una abundancia relativa de 45,68% y la familia Hydroptilidae con el género *Ochrotrichia* con 16,36%. Con abundancias menores se señalan los géneros *Helicopsyche* (Helicopsychidae) con

6,67%, *Phylloicus* (Calamoceratidae) con 5,36%, *Mortoniella* (Glossosomatidae) con 6,21% y *Nectopsyche* (Leptoceridae) con 4,38%. Géneros como *Smicridea*, *Marilia*, *Atanotolca*, *Leucotrichia* y *Triplectides* se hallan por debajo del 1% (Tabla 3).

Con relación a los adultos colectados, se registraron, para la totalidad de sistemas, 14 especies como *Atopsyche yupanqui* y *Atopsyche tampurimac* (Hydrobiosidae), *Contulma bacula* (Anomalopsychidae) y *Leptonema stigmatum* (Hydropsychidae), a su vez se encontraron 3 nuevas especies de los géneros *Helicopsyche*, *Marilia* y *Oecetis* (Tabla 4).

Quebrada Carrizal

Los géneros *Contulma* y *Ochrotrichia* fueron los más abundantes y disminuyen de septiembre de 2001 a abril de 2002 de acuerdo con las variaciones de precipitación que ocurren en estos meses que ocasionan aumento en la descarga, la cual incide directamente en algunos coriotopos, lavándolos y originando que los organismos sean arrastrados. A su vez, los coriotopos más abundantes, para esta quebrada fueron los musgos y las piedras de corriente rápida y lenta (MCR, MCL, PCR,

PCL), presentando valores de abundancia entre 200 y 500 individuos, sustratos que representan estabilidad (Fig. 4). Holzenthal y Flint (1995) destacan la preferencia de las larvas del género *Contulma* para lugares rocosos y cubiertos de musgo en donde se refugian y alimentan de perifiton. Se destacan los géneros *Culoptila* y *Metrichia* como nuevos registros para la zona, en comparación con los estudios de La Rotta (1989), Rincón (1996) y Páez et al. (1996).

Respecto a la diversidad del orden Trichoptera para este sistema, la estación que presentó el mayor valor del índice de diversidad de Shannon-Weaver, es la estación 2 con 2,21 bits/Ind durante el muestreo correspondiente a abril de 2002 y una riqueza de 15 géneros. Así mismo, la menor diversidad 1,44 bits/ind, se encuentra en esta misma estación en el primer muestreo realizado en septiembre de 2001. La uniformidad en este punto para estos dos muestreos fue 0,86 y 0,54, respectivamente, la diferencia entre estos valores de uniformidad está dada por la dominancia que presenta la especie *Contulma spinosa* durante el primer muestreo.

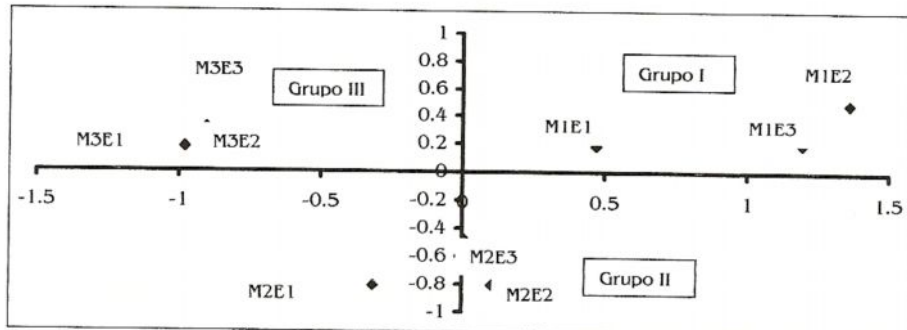


Figura 3. Análisis de componentes principales para los físico-químicos de las estaciones de muestreo en la quebrada Carrizal.

Tabla 3. Abundancia relativa de los géneros de Trichoptera para los cuatro cuerpos de agua muestreados

Géneros	Q. Carrizal %	Q. Mamarramos %	Q. Colorada %	Río Cane %
<i>Contulma spinosa</i>	27,4	59,82	1,20	0
<i>Smicridea</i>	2,09	0,36	3,61	1,48
<i>Leptonema</i>	2,24	0	6,02	9,40
<i>Phylloicus</i>	11,05	1,97	4,81	1,48
<i>Atopsyche</i>	2,31	1,17	6,02	4,45
<i>Marilia</i>	5,15	0,14	12,04	0
<i>Helicopsyche</i>	7,99	7,25	15,6	0
<i>Ochrotrichia</i>	23,0	18,25	28,91	6,43
<i>Metrichia</i>	1,12	0,95	0	0,99
<i>Leucotrichia</i>	2,68	3,95	3,61	1,98
<i>Neotrichia</i>	0,44	0,14	0	0
<i>Mortoniella</i>	5,82	0,43	0	58,9
<i>Culoptila</i>	0,29	0	0	0
<i>Atanotolca</i>	0,07	0	0	0
<i>Nectopsyche</i>	1,86	3,59	9,63	13,36
<i>Grumichella</i>	5,52	1,46	6,02	0,99
<i>Xiphocentron</i>	0,37	0,43	0	0
<i>Triplectides</i>	0,44	0	2,40	0
<i>Oxyethira</i>	0	0	0	0,01

Tabla 4. Listado de especies del orden Trichoptera encontradas en los sistemas muestreados

Puntos de muestreo	Familia	Especie
Q. Carrizal	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche yupanqui</i> Schmid o <i>Dolochorema</i>
	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i> sp.1 Flint, 1991
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i> n. sp.
	Anomalopsychidae	<i>Contulma bacula</i> Holzenthal & Flint
	Leptoceridae	<i>Grumichella flaveola</i> (Ulmer), 1991
	Odontoceridae	<i>Marilia</i> sp. ♀
Q. Mamarramos	Hydropsychidae	<i>Leptonema stigmatum</i> Ulmer, 1905
	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i> sp.1 Flint, 1991
Q. Colorada	Leptoceridae	<i>Oecetis</i> n.sp.
		<i>Oecetis knutsoni</i> Flint, 1981
	Hydropsychidae	<i>Triplectides flintorum</i> Holzenthal, 1988
		<i>Leptonema stigmatum</i> Ulmer, 1905
Río Cane	Odontoceridae	<i>Marilia</i> n. sp.
	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche tampurimac</i> Schmid, 1989
	Hydroptilidae (LARVA)	<i>Oxyethira</i>

La Rotta (1989) informa valores similares en esta misma altitud (2.820 msnm). Rincón (1996) señala que esta zona es la que presenta los mayores valores de diversidad de Shannon-Weaver 2,03 bits/ind en un gradiente altitudinal entre 2.600 y 3.400 msnm. De otro lado, se pudo evidenciar correspondencia en los valores de diversidad de la quebrada Carrizal con anteriores estudios (Rincón 1996), donde en general se describe al sistema como un cuerpo de agua con alta diversidad presentando un valor de 2,04 bits.

El índice de diversidad de Shannon para los coriotos muestreados osciló entre 1,6 y 2,04 bits/ind, los sustratos más diversos son piedras en corriente rápida y lenta (PCR, PCL) y musgo corriente lenta (MCL). A su vez, la equitatividad de Pielou osciló entre los 0,62 y 0,86. La diversidad de estos sustratos es mucho más alta en comparación con los registros realizados por Rincón (1996), valores que no superan los 1,74 bits. Los géneros más predominantes fueron *Helicopsyche*, *Mortoniella* y *Contulma*. La dominancia de Simpson es de 0,15, este valor es menor en comparación con otros sistemas del Santuario debido a la distribución equitativa de los géneros en esta quebrada.

Quebrada Mamarramos

Los coriotos que presentaron mayor abundancia de organismos durante todo el estudio, fueron musgo corriente rápida (47,3%), musgo corriente lenta (11,07%) y cascada (14%) y los de menor porcentaje piedra corriente rápida (8,28%) y piedra corriente lenta (7,62%). Los individuos que se ubican dentro de estos sustratos son: la especie *Contulma spinosa* con 59,8%, *Ochrotrichia* con 18,2% y *Helicopsyche* con 7,2% (Fig. 5). Estos resultados coinciden con los informados por Rincón (2002), donde estos mismos géneros son los dominantes para este tipo de coriotos. Flint (1991) describe la preferencia de estos géneros por los sustratos rocosos, teniendo en cuenta la solidez de los mismos y la disponibilidad de materia orgánica y algas filamentosas que estos raspan del sustrato. Los valores de diversidad de Shannon para este sistema fueron de 1,42 bits/ind en el mes de septiembre de 2001, 0,76 bits/ind en enero de 2002 y 1,76 bits/ind en el mes de abril de 2002, estos valores están relacionados directamente con el caudal de la zona, de acuerdo con las precipitaciones que inciden sobre la descarga. Por otra parte, la dominancia de Simpson igual a 0,41, es mayor en comparación con los demás cuerpos de agua muestreados, estos valores se relacionan con la abundancia alta de los géneros mencionados anteriormente como *Contulma* y *Ochrotrichia*.

Quebrada Colorada

Los coriotos con las mayores abundancias de organismos fueron: musgo corriente rápida (22,6%) y piedra corriente rápida (45,2%), durante el mes de enero de 2002,

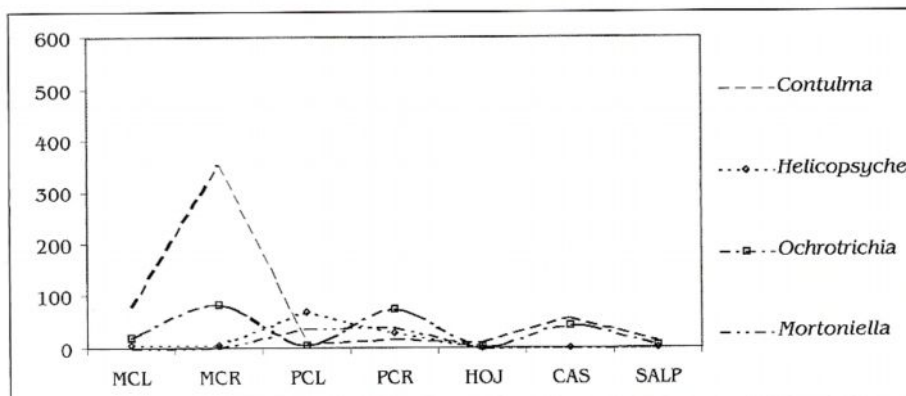


Figura 4. Distribución espacial de la comunidad de Trichoptera en la quebrada Carrizal septiembre 2001 a abril de 2002.

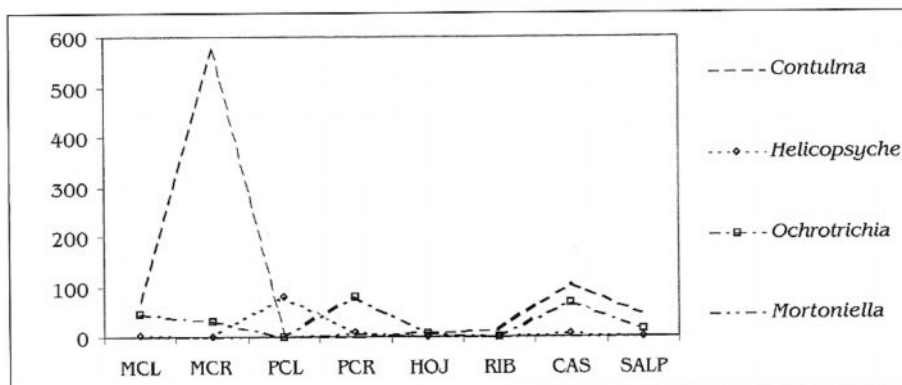


Figura 5. Distribución espacial de la comunidad de Trichoptera en la quebrada Mamarramos septiembre 2001 a abril 2002.

piedra corriente lenta (5,6%) y hojarasca (20,7%) durante abril de 2002. Los géneros más representativos fueron: *Ochrotrichia* en el coriotopo musgo corriente rápida y *Helicopsyche* en piedra corriente rápida, en menor abundancia están los géneros *Smicridea*, *Phylloicus* y *Triplectides*. Frecuentemente estos géneros se ubican en sustratos arenosos y rocosos de donde toman material para la construcción de sus refugios y su alimento constituido por algas filamentosas (Flint 1991). Este sistema presenta los mayores valores de diversidad de Shannon con 2,18 bits/ind. Esta situación ejemplifica una de las dificultades de aplicación del índice de Shannon-Weaver teniendo en cuenta que el índice de diversidad se modifica rápidamente con pocos géneros, y en forma cada vez más lenta cuando se incrementa la riqueza (Ramírez 1999). Esto indica que en comunidades pobres, como es el caso de la quebrada Colorada, la diversidad fluctúa más que en comunidades con número alto de géneros como es el caso de la quebrada Carrizal. De otro lado, la equitatividad y la dominancia de Simpson presentaron valores de 0,95 y 0,13, respectivamente, debido a la poca dominancia de los géneros encontrados en el sistema.

Río Cane

Los coriotosos con las mayores abundancias fueron: las piedras en corriente rápida y lenta (PCR y PCL) y hojarasca (HOJ); durante los dos muestreos realizados, se destacan por su abundancia los géneros *Leptonema*, *Phylloicus* y *Mortoniella*, donde este último presenta heterogeneidad espacial alta y se encuentra en la mayoría de sustratos.

El río, en la estación ubicada en cercanías a la carretera, aunque presenta la totalidad de los coriotosos trabajados durante este estudio, evidencia ausencia de organismos en los sustratos ribera, cascada, salpicadura y musgo corriente rápida, probablemente como resultado del uso del suelo por actividades ganaderas y agrícolas. Se resalta la presencia del género *Oxyethira*, encontrado en el sustrato piedra corriente rápida (PCR); a nivel local este género fue informado por La Rotta en 1989 para el Santuario de Iguaque. Las larvas de *Oxyethira* tienen preferencia por sustratos que acumulan algas y materia orgánica (Flint 1991).

La diversidad de este sistema fue de 1,4 bits/Ind, valor bajo en relación con los otros sistemas estudiados. La dominancia de Simpson fue de 0,37, valor relacionado con la dominancia del género *Mortoniella* en la mayoría de sustratos muestreados.

Bioindicación

Los resultados de la aplicación del índice BMWP/Col obtenidos fueron: 178 BMWP/Col para la quebrada Carrizal, 176 BMWP/Col para la quebrada Mamarramos, 151 BMWP/Col para la quebrada Colorada, lo cual categoriza estos sistemas como aguas muy limpias, no contaminadas. De otro

lado el río Cane, presentó en sus dos puntos de muestreo valores entre 67 y 69 BMWP/Col, con un significado de aguas ligeramente contaminadas.

De acuerdo con las características de un buen indicador biológico, tales como ciclos de vida largos que permitan la detección de cualquier alteración en el cuerpo de agua, distribución espacial, distribución altitudinal, abundancia y dominancia a través de todo el estudio, características también encontradas en anteriores estudios como los de Páez *et al.* (1996) y Rincón (1996, 2002), se considera que algunas especies de los géneros *Contulma*, *Ochrotrichia*, *Helicopsyche* y *Mortoniella* podrían incluirse como posibles bioindicadores a nivel regional, teniendo en cuenta a su vez que los valores de tolerancia media (Tm), asignados por Riss y Ospina (2002), para las familias de los géneros citados anteriormente son: Anomalopsychidae 8,6, Hydroptilidae 6,1, Helicopsychidae y Glossosomatidae 6,9.

Conclusiones

- Los parámetros físicoquímicos analizados y las variaciones en la abundancia y distribución de la comunidad de Trichoptera para los cuerpos de agua estudiados presentan relación con estudios anteriores de la zona y con el régimen pluviométrico, donde este último ocasiona disminución en la comunidad durante los meses de altas precipitaciones y un respectivo aumento cuando disminuyen las lluvias.

- La comunidad de Trichoptera en las quebradas Carrizal, Mamarramos, Colorada y río Cane está compuesta por 10 familias y 19 géneros, la mayor abundancia las presentan los géneros *Ochrotrichia*, *Helicopsyche*, *Phylloicus*, *Mortoniella* y la especie *Contulma spinosa*, asociados a los sustratos musgos y piedras, los cuales presentan estabilidad para ser colonizados por estos géneros.

- La abundancia de organismos en la quebrada Colorada y el río Cane difiere de las quebradas Carrizal y Mamarramos, estas abundancias disminuyen como resultado de la escasa disponibilidad de sustratos colonizables en dichos cuerpos de agua. Esta condición revela la incidencia del uso del suelo de los terrenos aledaños, sobre la composición de la fauna acuática.

- Se consideran como posibles bioindicadores para la zona, algunas especies de los géneros *Contulma*, *Ochrotrichia*, *Helicopsyche* y *Mortoniella* teniendo en cuenta aspectos como su dominancia a través de todo el estudio, su distribución altitudinal y los valores de tolerancia media (Tm), superiores a 6.

Recomendaciones

Teniendo en cuenta los estudios realizados en la zona, los cuales caracterizan algunos de los sistemas en sus aspectos

físico-químicos, composición y distribución de la tricoptero fauna, se precisa el estudio detallado, a nivel de especie, de organismos de los géneros *Contulma*, *Ochrotrichia*, *Helicopsyche* y *Mortoniella*, los cuales son considerados como posibles grupos indicadores, para consolidar un sistema regional de bioindicación de calidad de aguas.

Agradecimientos

Los autores manifiestan su agradecimiento a la profesora Dionelly Muñoz, por el acompañamiento a través de todo el proceso y revisión del escrito, al Doctor Oliver Flint, por las corroboraciones taxonómicas y a la Sociedad Colombiana de Entomología por la financiación de la Investigación.

Literatura citada

- ANGRISANO, E.; KOROB, P. 2001. Trichoptera. p. 55-93. En: Ed. Fernández, H y Domínguez, E. (eds.). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Editorial Universitaria de Tucumán. Tucumán. Argentina. 282 p.
- APHA-AWWA-WPCF. 1989. Standard methods for the examination of water, and the wastewater. Clesceri, L.; A. Greenberg; R. Trussell. (eds.). Washington D. C.: American Public Health Association. Ed. 17. p. 18-24.
- BARRERA, E.; ACOSTA, N. 1995. Distribución altitudinal y diversidad de hemiparásitos y parásitos del orden Santes en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, Boyacá (Colombia). Acta Biológica Colombiana 9: 119-146.
- CORREA, M.; MACHADO, T.; ROLDÁN, G. 1981. Taxonomía y ecología del orden Trichoptera en el departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. Actualidades biológicas 10 (36): 35-49.
- ESCOBAR, A. 1989. Estudio de las comunidades de macroinvertebrados en el río Manzanares y sus principales afluentes y su relación con la calidad del agua. Actualidades Biológicas 18 (65): 45-60.
- FLINT, O. 1991. Studies of Neotropical Caddisflies. XIV. The Taxonomy, Phenology and faunistic of the Trichoptera of Antioquia, Colombia. Smithsonian Institutional press. Washington. 113 p.
- FLINT, O.; HOLZENTHAL, W.; HARRIS, C. 1999. Catalog of the Neotropical Caddisflies (Insect: Trichoptera) Ohio Biological Survey, Columbus, Ohio. U.S.A. A special publication of the Ohio Biological Survey. 239 p.
- GARAVITO, D. 2002. Distribución espacial de los trichópteros de la quebrada la Playa (San Antonio de Tequendama). Trabajo de Grado de Licenciado en Biología. Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología. Bogotá. 217 p.
- GARCÉS, M. D.; DE LA ZERDA, S. 1994. Gran libro de los parques nacionales de Colombia. Círculo de lectores S. A, Bogotá. 230 p.
- GONZÁLEZ, M.; MALPICA, M.; LÓPEZ, G. 2001. Composición y distribución de los Trichoptera y Ephemeroptera en los ríos Blanco y

- Tunjuelito. (Cundinamarca) y su relación con la calidad del agua. Trabajo de Grado de Licenciado en Biología. Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología. Bogotá. 207 p.
- HOLZENTHAL, R.; FLINT, O. 1995. Studies of neotropical Caddisflies systematics of Neotropical Caddisfly genus *Contulma* (Trichoptera: Anomalopsychidae). Smithsonian Contribution to Zoology 575. 59 p.
- LA ROTTA, L. 1989. Faunistisch-Autokolosch Untersuchung der Trichopteren Des Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (Boyaca, Koulmbien). Institut fur Allgemeine und Speziale Zoologie Justus- liegig, Gieben. (Tesis de Doctorado). 96 p.
- MERRIT, R.; CUMMINS, K. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Third edition. Dubuque: Kendall-Hunt Publishing Co. 862 p.
- MORALES, Z. 1984. Índices de calidad de agua y el río Medellín. Revista AINSA 4 (2): 9-22.
- MUÑOZ, F. 2000. Especies del orden Trichoptera (Insecta) en Colombia. Biota Colombiana 1 (3): 267-288. Instituto Alexander Von Humboldt.
- PÁEZ, T.; PINEDA, N.; URIBE, L. 1996. Aspectos ecológicos de los macroinvertebrados acuáticos y su relación con la calidad del agua de la quebrada Carrizal (Boyacá). Trabajo de grado de Licenciado en Biología. Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología. Bogotá. 138 p.
- PINILLA, G. 1998. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Centro de Investigaciones Científicas. Bogotá. 67 p.
- QUINTERO, A.; ROJAS, M. 1987. Aspectos bioecológicos del orden Trichoptera y su relación con la calidad del agua. Revista Colombiana de Entomología 13 (1): 26-28.
- RAMÍREZ, A. 1999. Ecología aplicada. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. p. 129-159.
- RAMÍREZ, A.; VIÑA, G. 1998. Limnología Colombiana apuntes a su conocimiento y estadísticas de análisis. BP Exploration company. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. p. 3-75.
- RINCÓN, M. E. 1996. Aspectos bioecológicos de los tricópteros de la quebrada Carrizal (Boyacá), Colombia. Revista Colombiana de Entomología 22 (1): 53-60.
- RINCÓN, M. 2002. Comunidad de insectos acuáticos de la quebrada Mamarramos Boyacá Colombia. Revista Colombia de Entomología 28 (1): 101-108.
- RISS, W.; OSPINA, R. 2002. Establecimiento de valores de bioindicación para macroinvertebrados acuáticos de la Sabana de Bogotá. Caldasia 24 (1): 135-156.
- ROLDÁN, G. 1988. Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Bogota-Colombia. FEN Colombia, COLCIENCIAS, Universidad de Antioquia. 216 p.
- ROLDÁN, G. 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 529 p.
- ROLDÁN, G. 1999. Biodiversidad de los macroinvertebrados y su uso como indicadores de la calidad de agua. Taller Medidas de la biodiversidad en Biología y Paleobiología Medellín. 1-2 Marzo de 2001. Universidad EAFIT, p. 34.
- ROJAS, CH. 1991. Índices de calidad de agua en fuentes de captación. Memorias seminario internacional control de calidad de agua para consumo humano. Cali, Colombia. p. 22-38.
- RUIZ, M. V. 2001. Los tricópteros como bioindicadores de calidad de agua del río Villeta. Trabajo de grado de Licenciado en Biología. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. Facultad de Ciencia y Tecnología. Bogotá. 164 p.
- WIGGINS, G. 1996. Larvae of the North American Caddisfly genera (*Trichoptera*). Segunda edición. University of Toronto Press, Toronto, Canada 457 p.
- ZÚÑIGA, M.; ROJAS, H. 1994. Interrelaciones de indicadores ambientales de la calidad de cuerpos de agua superficial de Valle del Cauca. Revista Colombiana de Entomología 20 (2): 124-130.

Recibido: May. 06 / 2003

Aceptado: Oct. 28 / 2003