

# ESTUDIO PRELIMINAR DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA RESERVA FORESTAL TORRE CUATRO\*

*Jeymmy Milena Walteros-Rodríguez<sup>1</sup> y Jorge Eduardo Paíba-Alzate<sup>2</sup>*

## Resumen

Los macroinvertebrados acuáticos están entre los organismos más usados en la bioindicación debido a que ofrecen múltiples ventajas de uso, lo que hace de ellos una herramienta idónea para la vigilancia de la calidad del agua en los ríos. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la comunidad de macroinvertebrados y evaluar los posibles impactos generados sobre las fuentes hídricas presentes en la Reserva Forestal Torre Cuatro. Este estudio se realizó los días 11 de abril y 7 de mayo de 2008, en nueve estaciones ubicadas en las quebradas La Mula (E1, E2, E3 y E4) y El Diamante (E5, E6 y E7), y sobre el cauce del río Chinchiná (E8 y E9). En total se registraron 44 familias pertenecientes a 14 órdenes de macroinvertebrados acuáticos, de los cuales Diptera y Trichoptera fueron los más diversos. En cuanto al índice BMWP/Col, en general refleja una buena calidad ecológica del agua en la zona protegida, tan sólo las estaciones E1, E5 y E7 presentaron una condición aceptable. La cobertura vegetal en el área de captación, la protección de la zona ribereña, las condiciones topográficas, entre otros, son algunos factores que propician una heterogeneidad de hábitats, lo que favorece en la alta diversidad de taxa encontrados y en las buenas condiciones del ecosistema acuático.

**Palabras clave:** Andes centrales, índice BMWP, río Chinchiná, sistemas lóticos Andinos.

## PRELIMINARY STUDY OF AQUATIC MACROINVERTEBRATE COMMUNITIES IN THE TORRE CUATRO FOREST RESERVE

### Abstract

Aquatic macroinvertebrates are among the organisms used in bioindication since they offer many usage advantages, which makes them an ideal tool for monitoring water quality in rivers. Therefore, the objective of this study was to characterize the macroinvertebrate community and to evaluate the potential impacts generated on the water sources in the Torre Cuatro Forest Reserve. This study was carried out on April 11<sup>th</sup> and May 7<sup>th</sup> 2008 in nine stations located in La Mula stream (E1, E2, E3 and E4) and El Diamante stream (E5 and E6 E7), and on the Chinchina River (E8 and E9). A total of 44 Families belonging to 14 orders of aquatic macroinvertebrates were registered, of which Diptera and Trichoptera were the most diverse. Regarding the BMWP/Col index, it generally reflects a good ecological quality of water in the protected area, just E1, E5 and E7 stations presented an acceptable condition. The vegetation in the captive area, the protection of the riverside zone, topographic conditions, among others, are some factors that cause heterogeneity of habitats which favors the high diversity of taxa found and the good conditions of the aquatic ecosystem.

**Key words:** Central Andeans, BMWP Index, Chinchina River, Andean lotic systems.

\* Recibido febrero 18 de 2010, aceptado mayo 31 de 2010

<sup>1</sup> Profesor Auxiliar, Programa de Biología, Universidad de Caldas. E-mail: jeymmy.walteros@ucaldas.edu.co

<sup>2</sup> Biólogo. E-mail: jepalzate@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas fluviales desde hace mucho tiempo, han sido empleados por el hombre como fuente de recursos (ALONSO & CAMARGO, 2005). Sin embargo, a pesar de que constituyen una fuente de abastecimiento para uso doméstico, industrial y recreativo (MANJARRÉS & MANJARRÉS, 2004), en las últimas décadas, el rápido crecimiento poblacional, la industrialización y urbanización, han provocado un paulatino aumento de las presiones sobre los recursos hídricos (OSCOZ *et al.*, 2006), y una degradación de los mismos (ALLAN, 1995; ALONSO & CAMARGO, 2005).

Dichas condiciones, llevaron a los investigadores a utilizar diferentes métodos como análisis químicos y físicos, para evaluar el impacto de las perturbaciones antrópicas sobre los hábitats fluviales. Sin embargo, estos sólo ofrecen datos puntuales en la dimensión cronológica y no dejan ver la evolución (disolución) de una carga contaminante y la capacidad resiliente y amortiguadora de los ecosistemas acuáticos (SÁNCHEZ-VÉLEZ & GARCÍA-NÚÑEZ, 1999). Como una alternativa a estos procedimientos, muchos países desarrollaron técnicas de biomonitorio para complementar los datos físico-químicos, a través de la evaluación de reacciones e índices de sensibilidad de organismos vivos ante la presencia de sustancias contaminantes en las corrientes de agua (SÁNCHEZ-VÉLEZ & GARCÍA-NÚÑEZ, 1999; SEGNINI, 2003).

El uso de los indicadores biológicos ha tenido una gran difusión debido a los bajos costos de uso y a la posibilidad de utilizar una amplia variedad de organismos, desde bacterias hasta peces (JARAMILLO, 2002; ROLDÁN, 1999, 2003). Una de las comunidades más empleadas en bioindicación, es la de macroinvertebrados acuáticos, que reúne diversos grupos como moluscos, lombrices, sanguijuelas, platelmintos, crustáceos, ácaros y fundamentalmente los estados juveniles de varios órdenes de insectos (SEGNINI, 2003), y ofrecen múltiples ventajas como amplia distribución, adaptación a diferentes variables físico-bióticas, simplicidad metodológica, rapidez de los resultados y una retrospectiva a los eventos de contaminación, lo que hace de ellos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria de la calidad del agua en los ríos (ROLDÁN, 1999; GUTIÉRREZ *et al.*, 2004b; ORTIZ, 2005).

Por ello esta comunidad de organismos ha sido utilizada en programas de control y vigilancia de calidad de aguas, lo que a la postre ha generado numerosos métodos e índices que tratan de interpretar la situación real, o grado de alteración de los ecosistemas acuáticos, tanto momentánea como de lo acontecido algún tiempo antes de la toma de muestras (ALBA-TERCEDOR & SÁNCHEZ-ORTEGA, 1988; ROLDÁN, 1999). En Colombia, uno de los métodos más utilizados es el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), que ha adaptado *a priori* los mismos o similares valores de indicación reportados para alguno de los sistemas de bioindicación empleados en otras regiones (GUTIÉRREZ *et al.*, 2004a).

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y evaluar los posibles impactos generados sobre las fuentes hídricas presentes en la Reserva Forestal Torre Cuatro, con el fin de establecer una línea base que permita conocer la diversidad de estos organismos y el desarrollo de futuros programas de conservación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La Reserva Forestal Torre Cuatro se encuentra ubicada en el flanco occidental de la Cordillera Central (05°03'49,4" N, 75°22'31,2" W) y hace parte de la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Los Nevados. Comprende 310 ha entre 2650 y 3750 m de altitud, donde se puede encontrar bosques andino, altoandino y de páramo (temperatura promedio: 12 °C, precipitación: 2800 mm/año y humedad relativa de 90%) (CORPOCALDAS, 2005).

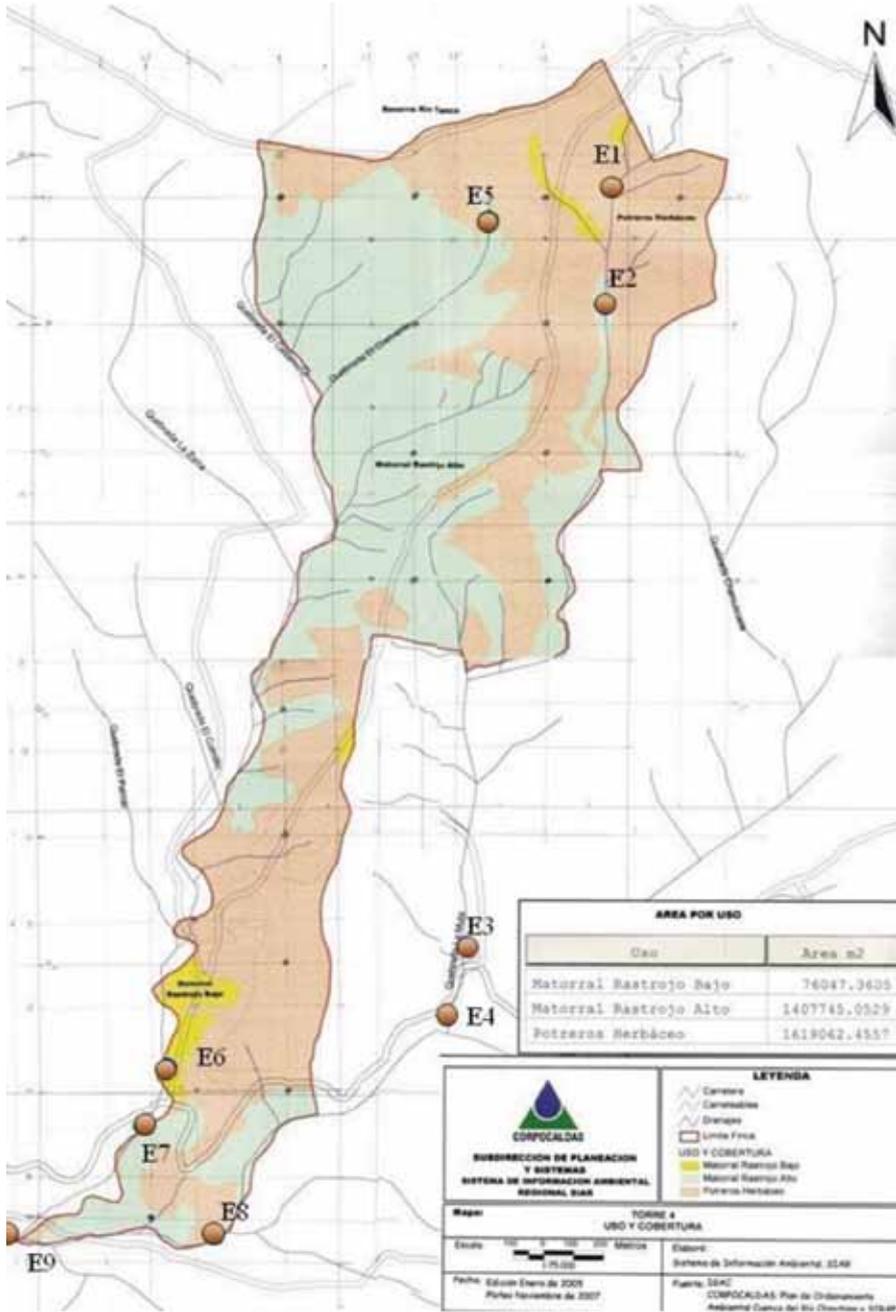
El área de estudio comprende fuentes hídricas de primero, segundo y tercer orden correspondientes a la cuenca alta del río Chinchiná. Las quebradas La Mula y El Diamante y el río Chinchiná sirven como linderos de la Reserva, por tanto, el área de las microcuencas no está contenida totalmente dentro de la zona protegida. La primera, ubicada en la región oriental, recibe algunos tributarios de corto recorrido en la parte alta y media, y hacia la parte baja, en su recorrido por fuera del área conservada, recoge aportes de la quebrada La Siberia. Con respecto a la segunda, la mayoría de riachuelos de corto recorrido que drenan directamente al cauce principal, tienen su nacimiento en el área protegida, y sus principales afluentes son El Césamo, La Zorra, El Colmillo y El Palmar, que nacen en predios vecinos. Ambas quebradas desembocan en el río Chinchiná, una de las fuentes hídricas más importantes de la región (Figura 1).

En la zona de estudio se establecieron nueve estaciones de muestreo, cuatro en la quebrada La Mula (E1, E2, E3 y E4), tres en El Diamante (E5, E6 y E7) y dos sobre el cauce del río Chinchiná (E8 y E9) (Figura 1).

### Toma de datos

El muestreo se llevó a cabo los días 11 de abril y 07 de mayo de 2008, correspondientes a la primera época lluviosa del año. En cada punto de muestreo se registraron algunas características generales del medio físico y biótico, y se evaluó la calidad de hábitat (CHARÁ, 2003).

Para la colecta de macroinvertebrados en cada estación se tomó un tramo aproximado de 100 m longitudinales, donde aleatoriamente se muestrearon los diferentes coriotopos presentes (sustratos rocosos, orillas con vegetación, sedimento fino, macrófitos, detritus) (BARBOUR *et al.*, 1999) durante una hora usando las redes D-Net y Surber con malla de 250 µm. Los bordes de las quebradas se muestrearon con red tipo Surber, y las zonas más profundas con la red D-Net. Para que la muestra fuera representativa, se hizo colecta manual con la ayuda de una pinza, en piedras y material vegetal sumergido, por un tiempo de 15 minutos en cada estación. El material colectado fue depositado en recipientes plásticos rotulados, preservado con alcohol al 70% y llevado al Laboratorio de Zoología de la Universidad de Caldas para su posterior separación e identificación hasta el nivel taxonómico de familia con base en literatura concerniente (McCAFFERTY & PROVONSHA, 1981; ROLDÁN, 1988, 2003; FERNÁNDEZ & DOMÍNGUEZ, 2001).



**Figura 1.** Estaciones de muestreo en la Reserva Forestal Torre Cuatro. Fuente: CORPOCALDAS. Capas de uso y cobertura actual del suelo y red hídrica (1999). Escala 1:25.000. Modificado por los autores.

## **Análisis de datos**

En cada estación se estimó la riqueza de familias de macroinvertebrados acuáticos y se aplicó el índice biótico BMWP/Col (ROLDÁN, 2003), ampliamente usado en Colombia (ej. TORRES *et al.*, 2006; CONTRERAS *et al.*, 2008; MONTOYA, 2008), el cual permitió asignar una categoría de calidad de agua por estación. Adicionalmente, se hizo una comparación con las familias presentes en cada estación mediante el coeficiente de Sorensen (KREBS, 1999), a través del método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) con el programa MVSP versión 3.13p (KOVACH COMPUTER SERVICES, 2007).

## **RESULTADOS**

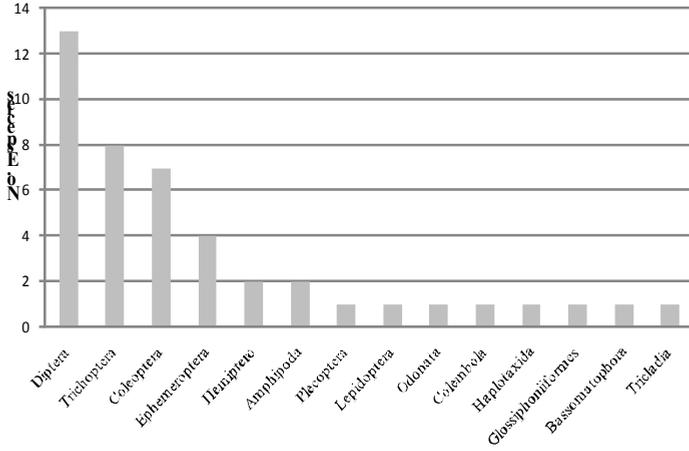
### **Descripción física de las estaciones muestreadas**

En la parte alta de la reserva, en E1 y E2, se evidenció una topografía ondulada con pendientes entre 25 y 50%, mientras que en E5, se observó una zona escarpada con pendientes entre 50-75%. Los cauces en estos sitios son angostos (no más de un metro), en E1 y E2 están dominados por acumulación de material inorgánico finamente particulado, en especial arena y limo; entre tanto en E5, existe un sustrato rocoso en el lecho y los márgenes de la quebrada (Tabla 1). En este último lugar, se presentó un deslizamiento de tierra, lo cual enturbió el agua de manera considerable. En estas estaciones, las dos orillas de las quebradas presentaron dominio de rastrojo alto, y ocasionalmente vegetación arbustiva y arbórea. En cuanto al área de captación, está altamente impactada por la actividad agropecuaria (cultivo de papa y ganadería) desarrollada en predios vecinos.

En la zona media-baja, las estaciones E3, E4, E6 y E7, presentaron pendientes mayores a 75%. Por otra parte, en E8 y E9, ubicadas sobre el cauce del río Chinchiná, se observaron terrenos escarpados y una quebrada con lecho y márgenes dominados por rocas, cantos rodados, guijarros y grava. Las estaciones que más diversidad de hábitats tuvieron, fueron las ubicadas en la parte baja de la Reserva, donde predominan rápidos, remansos o charcas, orillas con vegetación, detritus y cascadas (Tabla 1). Esta zona, presentó muy buena cobertura ribereña, sumado a una amplia área de captación dominada por vegetación propia de bosque secundario, con excepción de E9, donde en los predios que colindan con la zona protegida existen grandes potreros destinados a la actividad agropecuaria.

### **Comunidad de macroinvertebrados**

En total se registraron 44 familias distribuidas en 14 órdenes de macroinvertebrados acuáticos, de los cuales 86% pertenecen a la clase Insecta (Tabla 2). Los órdenes más comunes fueron Diptera y Trichoptera con el 29,5 y 18,2%, respectivamente, de las familias registradas (Figura 2). Las familias Leptoceridae, Elmidae y Simuliidae fueron reportadas en todas las estaciones, mientras que Gyrinidae, Gerridae, Mesovellidae, Dolichopodidae, Ephydriidae, Muscidae, Culicidae, Tabanidae y Libellulidae solamente se presentaron en un sitio de muestreo.



**Figura 2.** Riqueza de familias respecto a los órdenes encontrados en la Reserva Forestal Torre Cuatro.

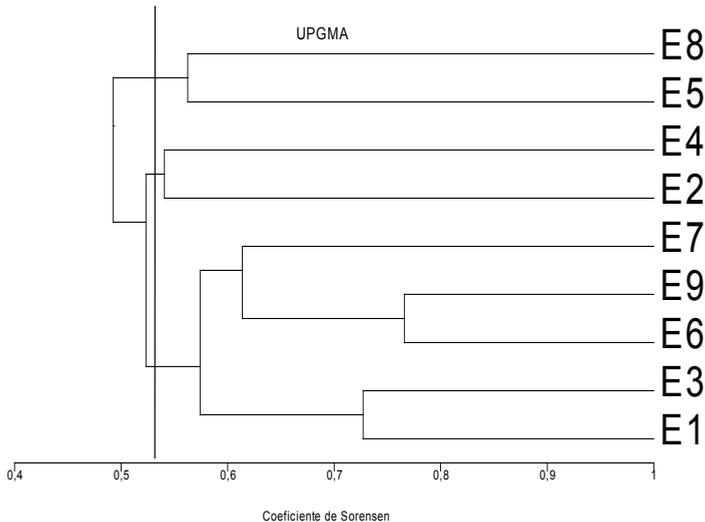
**Tabla 1.** Number of vertebrae and myomeres in the body regions of *Pimelodus* spp. from individuals on different larvae period.

Estación	Condición de la corriente			Hábitats						Sustrato inorgánico					
	Rápida	Media	Lenta	Cascada	Rápidos	Remansos	Macrófitos	Orilla con	Derritus	Rocas	Cantos rodados	Guijarros	Grava	Arena	Limo
<b>Quebrada La Mula</b>															
E1			■			■	■	■	■				■	■	■
E2		■				■	■	■	■				■	■	■
E3	■				■	■		■			■	■	■	■	
E4	■				■	■		■			■	■	■	■	
<b>Quebrada El Diamante</b>															
E5		■			■	■		■	■				■	■	■
E6	■			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
E7		■			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Río Chinchiná</b>															
E8	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
E9	■			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

**Tabla 2.** Matriz de presencia/ausencia de los macroinvertebrados acuáticos en los nueve puntos de muestreo en la Reserva Forestal Torre Cuatro.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9		
<b>Insecta</b>	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	0	0	1	1	0	1	0	0	1		
		Baetidae	1	1	1	1	0	1	1	1	1		
	Trichoptera	Leptohyphidae	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
		Oligoneuridae	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	
		Glossosomatidae	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	
		Helicopsychidae	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
		Hydrobiosidae	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	
		Hydropsychidae	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	
		Hydroptilidae	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	
		Leptoceridae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		Philopotamidae	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
		Odontoceridae	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Plecoptera	Perlidae	1	1	1	0	0	1	1	0	1		
	Coleoptera	Elmidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		Scirtidae	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	
		Ptilodactylidae	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	
		Staphylinide	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	
		Carabidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
		Gyrinidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
		Chrysomelidae	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	
		Hemiptero	Gerridae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Mesovelidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Diptera	Blephariceridae	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
	Ceratopogonidae		0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	
	Chironomidae		1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	
	Dolichopodidae		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Ephydriidae		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Empididae		0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
	Muscidae		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	Dixidae		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Psychodidae		0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
	Culicidae		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
Simuliidae	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Tabanidae	0		1	0	0	0	0	0	0	0	0		
Lepidoptera	Tipulidae	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1		
	Pyrilidae	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0		
	Odonata	Libellulidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
	Colembola	Isotomidae	0	0	0	0	1	0	0	1	0		
<b>Crustacea</b>	Amphipoda	Hyalellidae	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
		Gammaridae	1	0	1	0	1	0	0	1	1		
<b>Oligochaeta</b>	Haplotaxida	Tubificidae	0	0	0	0	0	1	0	0	1		
<b>Hirudinea</b>	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	1	0	1	0	0	0	0	1	0		

La mayor diversidad de órdenes se presentó en la estación E2 y la menor en E5; en cuanto al número de familias, E9 con 24, fue el sitio que mostró mayor riqueza. Por otro lado, al comparar las familias presentes entre las estaciones muestreadas a través del coeficiente de Sorensen, se encontró tres grupos: el primero formado por los sitios E8 y E5 (0,563), el segundo integrado por los puntos E4 y E2 (0,541) y por último el conformado por las estaciones E7, E9, E6, E3 y E1 (0,574). Además, se observó que dentro de este último grupo, las estaciones más parecidas fueron E9 y E6, y E1 y E3 con 72,7 y 76,6% de similitud, respectivamente (Figura 3).



**Figura 3.** Similitud de la composición de familias en las estaciones muestreadas, de acuerdo al coeficiente de Sorensen cualitativo mediante el método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean).

En cuanto a la calidad del agua, el índice BMWP/Col mostró en general una buena calidad; solamente las estaciones E1 y E5, correspondientes a las cabeceras de las quebradas La Mula y El Diamante, respectivamente, y la E7, ubicada aguas abajo de un puente sobre la vía Panamericana en el curso de la quebrada El Diamante, mostraron una calidad de agua aceptable (Tabla 3).

## DISCUSIÓN

A pesar del poco tiempo de muestreo, la riqueza de familias de macroinvertebrados acuáticos encontrada en la Reserva Forestal Torre Cuatro es relevante si se tiene en cuenta que otras investigaciones realizadas en los Andes Centrales, han reportado valores similares (ej. BERNAL *et al.*, 2006; MONTOYA, 2008). Incluso, si se toma como parámetro de comparación los datos obtenidos en las estaciones, se observa

que no hay tanta diferencia con otros estudios. Por ejemplo, en el caso de la cuenca alta del río Juan Amarillo entre 3200 y 2600 m de altitud, LOZANO (2005) reportó 19 familias, mientras en un sitio de muestreo de altura similar como E4, a 2850 m de altitud, se encontraron 18 familias de estos organismos. Incluso, en un estudio realizado por CORPOCALDAS & PROAGUA (2005), en la zona definida como E9, a 2692 m de altitud, reportaron 22 familias, mientras que para nuestro caso se confirman 24 familias.

**Tabla 3.** Calidad ecológica del agua en las estaciones muestreadas en la Reserva Forestal Torre Cuatro.

Estación	Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado
E1	II	Aceptable	96	Aguas ligeramente contaminadas
E2	I	Buena	131	Aguas no contaminadas
E3	I	Buena	124	Aguas no contaminadas
E4	I	Buena	116	Aguas no contaminadas
E5	II	Aceptable	88	Aguas ligeramente contaminadas
E6	I	Buena	159	Aguas muy limpias a limpias
E7	II	Aceptable	96	Aguas ligeramente contaminadas
E8	I	Buena	120	Aguas no contaminadas
E9	I	Buena	156	Aguas muy limpias a limpias

Con respecto a los órdenes, la presencia de Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera en los sitios de muestreo, se ajusta a las características descritas por ROLDÁN (1988) para ríos de montaña de aguas frías, transparentes, oligotróficas y muy bien oxigenadas. De estos tres grupos, sobresalen los tricópteros que se encuentran en ambientes poco perturbados y son considerados indicadores de buena calidad de agua (CÁRDENAS *et al.*, 2007), algo relevante, si se tiene en cuenta que en esta investigación presentaron el mayor número de familias. Incluso, una familia de este orden como Leptoceridae, que habita aguas limpias de alta montaña (POSADA-GARCÍA & ROLDÁN-PÉREZ, 2003), fue encontrada en todas las estaciones muestreadas.

Entre tanto, la familia Hydropsychidae, una de las mejor distribuidas en las quebradas (ZÚÑIGA, 1985), estuvo ausentes en las estaciones E2, E4 y E5, posiblemente debido al incremento en la pendiente de estos sitios, lo que conlleva a que las aguas sean rápidas y el lecho permanezca lavado sin mucha acumulación de material (ARANGO *et al.*, 2008) tanto de origen alóctono como autóctono, necesarios para la construcción de habitáculos (POSADA-GARCÍA & ROLDÁN-PÉREZ, 2003).

De igual manera, es importante considerar la alta riqueza de dípteros, debido posiblemente a la humedad y la abundancia de materia orgánica, principalmente en forma de detritus (SÁNCHEZ-N. & AMAT-GARCÍA, 2005), en algunos sitios, y que

son considerados como los más numerosos con respecto a este nivel taxonómico (JARAMILLO, 2006; MOLINA *et al.*, 2006), lo que ratifica que la presencia de algunos organismos está condicionada por la necesidad de encontrar los recursos que le son esenciales para subsistir, además de unas condiciones ambientales adecuadas (SMITH & SMITH, 2000).

Dentro de este taxa es relevante tener en cuenta los simúlidos que estuvieron presentes en todos los sitios de muestreo, algo importante debido a que son considerados como indicadores de aguas muy limpias (MACHADO, 2001), y que podría deberse a que estos organismos poseen estructuras modificadas, como almohadillas de seda, que les permite adherirse al sustrato, incluyendo restos de vegetación o macrófitas sumergidas.

En cuanto a las familias Chironomidae y Ceratopogonidae, consideradas como los dípteros más comunes en quebradas que drenan áreas ganaderas (CHARÁ, 2002), estuvieron presentes en algunas estaciones, como las de la parte baja, que tienen este tipo de influencia. Sin embargo, en estos lugares existe una buena protección de ribera que en cierta forma mejora el hábitat (CÁRDENAS *et al.*, 2007), ya que contribuye a tener mejor calidad de agua, mayor integridad del cauce, mejor hábitat físico y, consecuentemente, una biota más diversa dentro de las quebradas (CHARÁ *et al.*, 2007).

Otro orden que tuvo un alto número de familias fue Coleoptera, donde se destaca Elmidae, presente en todas las estaciones. Esta amplia distribución posiblemente se puede asociar con aspectos de su biología como: a) tanto su estado larval como adulto son completamente acuáticos (MERRITT & CUMMINS, 1996; MANZO, 2007); b) son organismos sedentarios o de poco movimiento que viven adheridos a una diversidad de sustratos naturales, que incluyen rocas, cantos rodados, grava, troncos y hojas en descomposición, vegetación sumergente y emergente (ROLDÁN, 1988); c) presentan una amplia distribución altitudinal (entre 210-3410 m) (ARIAS-DÍAZ *et al.*, 2007); y d) son muy comunes en ambientes lóticos (MERRITT & CUMMINS, 1996).

De manera general se pudo observar que la variedad de hábitats y la combinación de sustratos inorgánicos, favorecen la colonización y establecimiento de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, y de acuerdo con ARANGO *et al.* (2008), inciden en la alta biodiversidad de taxas. Sin embargo, en las cabeceras de las quebradas no se evidenció dicha situación, posiblemente por la combinación de fuertes lluvias, ocurridas días anteriores al muestreo, y la condición topográfica que originaron una alteración en la estructura de los hábitats, lo que conlleva a la pérdida de los taxones más sensibles, especialmente los que carecen de estructuras para fijarse al sustrato o los que no encuentran refugio enterrándose (JESÚS *et al.*, 2004). También es importante considerar el difuso de nutrientes, dado por la actividad agrícola desarrollada en los predios vecinos, lo cual conlleva a uno de los principales factores que afecta la calidad del agua.

En cuanto al índice BMWP, que en tres puntos de muestreo reportó una calidad del agua aceptable (aguas ligeramente contaminadas), podría estar relacionado con intervención antrópica directamente en las quebradas o en los alrededores de las mismas, pues aunque en la Reserva Forestal Torre Cuatro se conserven los recursos naturales, es inevitable que en predios vecinos se desarrollen actividades

agropecuarias, que si bien no son intensivas, impactan la estabilidad del ambiente acuático (SCHLOSSER, 1991). Por ejemplo, en la estación E1, ubicada en la zona alta de la quebrada La Mula, una de las principales acciones que posiblemente afecta la comunidad de macroinvertebrados, es la agricultura (cultivos de papa), que a pesar de realizarse en terrenos aledaños a la zona protegida, por escorrentía se deposita en el cauce una gran cantidad de sedimentos y agroquímicos que pueden afectar las fuentes hídricas. Además, en el área de captación contigua a E1, hay poca cobertura vegetal por procesos de transformación del paisaje, lo que posiblemente produjo una disminución en la capacidad reguladora de la microcuenca (ETTER & WYNGAARDEN, 2000). Mientras en la E7, podría ser efecto del escurrimiento de las aguas de la carretera interdepartamental que pasa sobre la quebrada y de las estructuras de ingeniería construidas para conducción hídrica, que pueden producir cambios en la estructura y funcionamiento de las comunidades biológicas que albergan (ALONSO & CAMARGO, 2005).

Sin embargo, es importante resaltar los cambios en la calidad ecológica del agua que se dan en el paso del recurso hídrico por la zona protegida, pues si bien las estaciones evaluadas en la zona alta, E1 y E5, registraron aguas ligeramente contaminadas, en la parte media y baja, con excepción de E7, las estaciones presentaron buena calidad. Esto demostraría los servicios ambientales que puede prestar este tipo de área para la protección del recurso, ya que al pasar por zonas de la Reserva con menos alteraciones antrópicas y mayor cobertura vegetal, el agua mostró una mejoría en su calidad, a tal punto que en E6 y E9 se presentara el puntaje más alto para el índice BMWP, que equivale a aguas muy limpias.

Finalmente, aunque se cumple con el objetivo de realizar una caracterización preliminar de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, se recomienda que futuras investigaciones en esta zona tengan en cuenta, tanto los análisis fisicoquímicos, como la identificación de organismos hasta el máximo nivel taxonómico posible; esto con el fin de soportar y profundizar la interpretación realizada del estado ecológico de estas fuentes hídricas. Además, es importante considerar la realización de mínimo dos muestreos en las diferentes etapas climáticas durante el año.

## AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes del curso de Limnología I (2008), por su dedicación tanto en el trabajo de campo como en laboratorio. A Edwin Cardona y Sandra Arenas, por su apoyo en la preparación del informe técnico, así como por sus comentarios y observaciones al documento final.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALBA-TERCEDOR, J. & SÁNCHEZ-ORTEGA, A., 1988.- Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética*, (4): 51-56.
- ALLAN, J.D., 1995.- *Stream ecology: structure and function of running waters*. Chatman & Hall, London.
- ALONSO, A. & CAMARGO, J.A., 2005.- Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*, 14 (3): 87-99.

- ARANGO, M.C.; ÁLVAREZ, L.F.; ARANGO, G.A.; TORRES, O.E. & MONSALVE, A., 2008.- Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 9: 181-186.
- ARIAS-DÍAZ, D.; REINOSO-FLÓREZ, G.; GUEVARA-CARDONA, G.G. & VILLA-NAVARRO, F.A., 2007.- Distribución espacial y temporal de los coleópteros acuáticos en la cuenca del río Coello (Tolima, Colombia). *Caldasia*, 29 (1): 177-194.
- BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D. & STRIBLING, J.B., 1999.- *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. US EPA, Office of Water, Washington DC, USA.
- BERNAL, E.; GARCÍA, D.; NOVOA, M. & PINZÓN, A., 2006.- Caracterización de la comunidad de Macroinvertebrados de la quebrada Paloblanco de la cuenca del río Otún (Risaralda, Colombia). *Acta biol. Colomb.*, 11 (2): 45-59.
- CÁRDENAS, A.Y.; BISMARCK, R.; LÓPEZ, M.; WOO, A.; RAMÍREZ, E. & IBRAHIM, M., 2007.- Biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua en la subcuenca de los ríos Bul Bul y Paiwas, Matiguás, Nicaragua. *Encuentro*, 77: 83-93.
- CHARÁ, J., 2002.- *Interacciones entre el uso del suelo y los aspectos bióticos y abióticos de microcuencas en el departamento del Quindío*. Informe del Convenio CIPAV - Corporación Autónoma Regional del Quindío -CRQ-. Cali, Colombia.
- , 2003.- *Manual para la evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas*. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, Cali, Colombia.
- CHARÁ, J.; PEDRAZA, G.; GIRALDO, L. & HINCAPIÉ, D., 2007.- Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera del río La Vieja, Colombia. *Agroforestería en las Américas*, 45: 72-78.
- CONTRERAS, J.; ROLDÁN, G.; ARANGO, A. & ÁLVAREZ, L.F., 2008.- Evaluación de la calidad del agua de las microcuencas La Laucha, La Lejía y La Rastrojera utilizando los macroinvertebrados como bioindicadores, municipio de Durania, departamento Norte de Santander, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 32 (123): 171-193.
- CORPOCALDAS., 2005.- *Estudio sobre el estado actual de los páramos del departamento de Caldas*. Informe Final. Manizales, Colombia.
- CORPOCALDAS & PROAGUA., 2005.- *Caracterización y evaluación hidrobiológica de la calidad del agua del río Chinchiná*. Informe Técnico -TOMO IV. Convenio C087 - 2004. Manizales.
- ETTER, A. & WYNGAARDEN, V., 2000.- Patterns of landscape transformation in Colombia, with emphasis in the Andean region. *Ambio*, 29 (7): 412-439.
- FERNÁNDEZ, H.R. & DOMÍNGUEZ, E., 2001.- *Guía para la determinación de artrópodos bentónicos Sudamericanos*. Tucumán, Argentina.
- GUTIÉRREZ, J.D.; RISS, W. & OSPINA, R., 2004a.- Bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá, utilizando redes neuronales artificiales. *Caldasia*, 26 (1): 151-160.
- , 2004b.- Lógica difusa como herramienta para la bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá. *Caldasia*, 26 (1): 161-172.
- JARAMILLO, J.C., 2002.- Importancia de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *Revista Ingenierías - Universidad de Medellín*, 1 (1): 93-98.
- , 2006.- Estudio de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en el área del embalse Porce II y su relación con la calidad del agua. *Revista Ingenierías - Universidad de Medellín*, 5 (8): 45-58.
- JESÚS, T.; FORMIGO, N.; SANTOS, P. & TAVARES, G.R., 2004.- Impact evaluation of the Vila Viçosa small hydroelectric power plant (Portugal) on the water quality and on the dynamics of the benthic macroinvertebrate communities of the Ardena river. *Limnetica*, 23 (3-4): 241-256.
- KOVACH COMPUTER SERVICES., 2007.- Multi Variate Statistical Package (MVSP Version 3.13p). www.kovcomp.co.uk/mvsp/
- KREBS, C., 1999.- *Ecological Methodology*. Second Edition. Addison Wesley Educational Publishers, inc. Menlo Park, California.
- LOZANO, L.O., 2005.- La bioindicación de la calidad del agua: Importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del Río Juan Amarillo, Cerros Orientales de Bogotá. *Umbral Científico*, 07: 5-11.
- MACHADO, T., 2001.- *Estudio físico-químico y biológico de los ríos Tapias-Tareas*. Corpocaldas, Manizales.
- MANJARRÉS, G.G. & MANJARRÉS, G.P., 2004.- Contribución al conocimiento hidrobiológico de la parte baja de los ríos de la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista Intropica*, (1): 39-50.
- MANZO, V., 2007.- Cinco citas nuevas de Elmidae (Coleoptera) para la Argentina, con la redescipción de Austrolimnius (Telmatelmis) nyctelioides. *Rev. Soc. Entomol. Argent.*, 66 (1-2): 11-20.
- MCCAFFERTY, W.P. & PROVONSHA, A.V., 1981.- *Aquatic Entomology*. Science Books International, Boston, Massachusetts.
- MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W., 1996.- *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa, USA.
- MOLINA, C.I.; FOSSATI, O. & MARÍN, R., 2006.- Ensayo de un método para el estudio de macroinvertebrados acuáticos en un río contaminado de la ciudad de la Paz - Bolivia. *Ciencia Abierta Internacional*, 29: 1-14.
- MONTOYA, Y.M., 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 de Chocó: Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, 27 (1): 85-91.

- ORTIZ, L.L., 2005.- La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del Río Juan Amarillo, Cerros Orientales de Bogotá. *Umbral Científico*, 07: 5-11.
- OSCOZ, J.; CAMPOS, F. & ESCALA, M.C., 2006.- Variación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas. *Limnetica*, 25 (3): 683-692.
- POSADA-GARCÍA, J.A. & ROLDÁN-PÉREZ, G., 2003.- Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el Nor-Occidente de Colombia. *Caldasia*, 25:169-192.
- ROLDÁN, G., 1988.- *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Dpto. de Antioquia*. Colciencias - Universidad de Antioquia, Medellín.
- , 1999.- Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 23 (88): 375-387.
- , 2003.- *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia, Medellín.
- SÁNCHEZ-N, D. & AMAT-GARCÍA, G., 2005.- Diversity of terrestrial fauna of arthropoda at Jaboque wetland, Bogotá-Colombia. *Caldasia*, 27 (2): 311-329.
- SÁNCHEZ-VÉLEZ, A. & GARCÍA-NÚÑEZ, R.M., 1999.- Biomonitorio de ríos en la gestión de cuencas; una aproximación introductoria: 63-71 (en) MEDINA, M.R. (ed.) *Memorias Simposio 4 Manejo Integral de Cuencas Hidrológicas*. IX Congreso Nacional de Irrigación. Asociación Nacional de Especialistas en Irrigación, A.C. (ANED). Culiacán, Sinaloa, México.
- SEGNINI, S., 2003.- El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos*, 16 (2): 45-63.
- SCHLOSSER, I., 1991.- Stream fish ecology: a landscape perspective. *BioScience*, 41 (10): 704-712.
- SMITH, R.L. & SMITH, T.M., 2000.- *Ecología*. 4 Ed. Pearson Educación, Madrid, España.
- TORRES, Y.; ROLDÁN, G.; ASPRILLA, S. & RIVAS, T.S., 2006.- Estudio preliminar de algunos aspectos ambientales y ecológicos de las comunidades de peces y macroinvertebrados acuáticos en el río Tuntunendo, Chocó, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 30 (114): 67-76.
- ZÚÑIGA, M.C., 1985.- Estudio de la ecología del río Cali con énfasis en su fauna bentónica como indicador biológico de calidad. *Revista AINSA*, 8: 63-85.