

DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y CALIDAD DE AGUA DE QUEBRADAS ABASTECEDORAS DEL MUNICIPIO DE MANIZALES

Sulay Maritza González G.¹ Yuly Paulina Ramírez.² Ana María Meza S.³ Lucimar G. Dias.⁴

Resumen

Los sistemas dulceacuícolas son uno de los recursos naturales más importantes para la vida. A pesar de su importancia, estos ecosistemas han sufrido grandes impactos causados por las actividades humanas, los cuales afectan directamente la biota acuática y la calidad de las fuentes hídricas. Considerando el valor de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad del agua, el objetivo de estudio fue comparar la riqueza, composición de dichos organismos y la calidad de agua en dos quebradas abastecedoras en el municipio de Manizales. Con tal propósito se realizaron tres muestreos en tres estaciones (zona de referencia-no intervenida, zona antes y después de la represa) en las quebradas Olivares y Romerales, en tres períodos (seco, intermedio y lluvioso). Para la colecta de los macroinvertebrados se utilizó la Red Surber con tres repeticiones por sustrato (hojarasca, roca y sedimento fino). En cada punto de muestreo se registraron variables físico-químicas *in situ* y en laboratorio. En total se capturaron 12443 macroinvertebrados, distribuidos en 17 órdenes, 62 familias y 156 géneros. No se encontraron diferencias significativas entre la riqueza de macroinvertebrados en las quebradas estudiadas, sin embargo, la abundancia fue significativamente mayor para la quebrada Romerales. Con respecto a la composición, se encontraron 72 géneros compartidos por las dos quebradas, 49 géneros exclusivos para Olivares y 59 para Romerales. Las variables fisicoquímicas evaluadas y los resultados obtenidos con el índice biótico BMWP indican que, en general, las dos quebradas evaluadas presentan una buena calidad de agua.

Palabras clave: bioindicadores, biomonitoreo, invertebrados acuáticos, recursos hídricos, Caldas.

ACUATIC MACROINVERTEBRATES DIVERSITY AND WATER QUALITY OF SUPPLY STREAMS FROM MANIZALES MUNICIPALITY

Abstract

Freshwater systems are one of the most important natural resources to life. Despite their importance, these ecosystems have suffered great impacts caused by human activities, directly affecting aquatic biota and the quality of water sources. Considering the value of aquatic macroinvertebrates as water quality bioindicators, the objective of this study was to analyze the richness, and composition of these organisms, as well as water quality in two water supply streams of the municipality of Manizales. With this aim, three samples were performed in three stations of the Olivares and Romerales streams, in three periods (dry, intermediate, and

* FR: 20-VII-2011. FA: 10-V-2012.

¹ Programa de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas. zuma_331@hotmail.com

² Programa de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas. paulina2004_85@hotmail.com

³ Programa de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas. ana1668@hotmail.com

⁴ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Grupo de Investigación GEBIOME, Universidad de Caldas. lucimar.dias@ucaldas.edu.co

rainy). A Surber Sampler Net was used for the collection of macroinvertebrates, with three repetitions per substrate (leaf litter, rock, and fine sediment). Physical-chemical variables *in situ* and in the laboratory for each sample site were recorded. In total, 12443 macroinvertebrates were captured, distributed in 17 orders, 62 families, and 156 genera. There were no significant differences found between macroinvertebrate richness of the streams studied, nevertheless, abundance was significantly greater for the Romerales stream. In regards to composition, 72 genera are found to be common by the two streams, 49 genera are exclusive to the Olivares stream, and 59 are exclusive to the Romerales stream. The physical-chemical variables evaluated and the results obtained with the BMWP biotic index indicate that, in general, the two streams present a good water quality.

Keywords: Bioindicators, biomonitoring, aquatic invertebrates, water resources, Caldas.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas lóticos son considerados uno de los recursos naturales más importantes para la vida (JONSSON *et al.*, 2001). Sin embargo, en las últimas décadas estos ecosistemas han sufrido grandes impactos causados por las actividades humanas, que han llevado a una reducción sustancial de la biota acuática o incluso su desaparición (LARA-LARA *et al.*, 2008).

Una de las principales perturbaciones antrópicas sobre los ecosistemas dulceacuícolas es la contención y regulación de los cursos de agua, entre ellas la construcción de represas, las cuales ocasionan cambios en la magnitud de los caudales, en la periodicidad de las variaciones de los mismos (GUTIÉRREZ, 2002 en HURTADO *et al.*, 2005). Estas variaciones afectan también la composición, riqueza y abundancia de la biota acuática y consecuentemente pueden provocar el desequilibrio del ecosistema (RICKLETS, 1979 en HURTADO *et al.*, 2005).

En la cuenca del río Chinchiná, las actividades antrópicas desarrolladas, como la construcción de represas, adecuación de terrenos para la ganadería, agricultura, actividades mineras y deforestación, traen como consecuencia el deterioro de la oferta ambiental, especialmente del recurso hídrico, debido a que alteran la composición y funcionamiento ecológico de los organismos que viven en los sistemas acuáticos (AGUAS MANIZALES, 2007). Muchos de estos organismos tienen adaptaciones únicas a hábitats específicos, microhábitats, o fuentes de alimentación, mientras que otras son cosmopolitas y aptas para sobrevivir a una amplia gama de condiciones (RAMÍREZ *et al.*, 2008).

Actualmente, las comunidades biológicas, como los macroinvertebrados acuáticos, han sido destacadas como indicadoras de las condiciones ambientales, ya que, su presencia refleja las condiciones que prevalecen en el ambiente donde viven (ROLDÁN, 1999), como las condiciones físicas, químicas y bióticas, además de las diferentes presiones sobre los ecosistemas naturales (BARBOUR *et al.*, 1999). Algunos de dichos bioindicadores utilizados en la historia han sido, las algas, los protozoos, las bacterias, los peces, las macrófitas, los hongos y los macroinvertebrados acuáticos (ROLDÁN, 2003).

En los últimos años, los macroinvertebrados acuáticos han ganado protagonismo como indicadores biológicos de la calidad del agua, funcionando como una importante herramienta para monitoreo de los recursos hídricos (GONZÁLEZ &

GARCÍA, 1995; HURTADO *et al.*, 2005; ROSENBERG & RESH, 1993). Esto se debe a que tales organismos responden rápidamente a variaciones ambientales y son fundamentales para el entendimiento de la estructura trófica y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (LAMPERT & SOMMER, 2007).

Dado el papel fundamental que desempeñan los macroinvertebrados en los sistemas dulceacuícolas, este estudio tiene como objetivo analizar la riqueza composición y calidad de agua en dos quebradas abastecedoras del municipio de Manizales, Caldas.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio se realizó en dos quebradas ubicadas en la cuenca del río Chinchiná, la cual se encuentra localizada en la zona centro sur del departamento de Caldas (CORPOCALDAS-AGUAS DE MANIZALES, 1999). La quebrada Romerales está ubicada en la sub-cuenca Chinchiná alto y hace parte de la reserva Romerales la cual cuenta con 380 ha, temperatura promedio anual entre 12°C y 14°C además de pluviosidad de 2.440 mm/año (CORPOCALDAS, 2000). La quebrada Olivares hace parte de la reserva forestal protectora del río blanco, tiene un área aproximada de 4.932 ha, con temperatura promedio anual entre 14°C y 16°C, asimismo su pluviosidad es de 2.044 mm/año (CORPOCALDAS, 2010).

En las dos quebradas se establecieron seis estaciones de muestreo en un gradiente altitudinal entre 2300 y 2500 m.s.n.m., tres se ubicaron en la quebrada Romerales y tres en la quebrada Olivares. La primera estación de ambas quebradas se usó como punto de referencia o testigo (en lo posible no intervenido y con mayor cobertura vegetal), la segunda estación fue ubicada antes de la represa de Aguas de Manizales S.A. E.S.P. y la tercera estación aguas abajo de la represa. En las estaciones de la quebrada Romerales se presentó ocasionalmente ganado.

COLECTA DE MACROINVERTEBRADOS Y DETERMINACIÓN TAXONÓMICA

Para la colecta de macroinvertebrados acuáticos se realizaron tres muestreos durante los meses de diciembre de 2010, enero y agosto de 2011, en los períodos lluvioso, intermedio y seco, respectivamente. Para la colecta de macroinvertebrados se utilizó una red Surber de 30.5 x 30.5 x 8 cm, con ojo de malla de 560 µm, con 3 repeticiones por sustrato (hojarasca, roca y sedimento fino), según el protocolo propuesto por PINHEIRO *et al.* (2004). Las muestras fueron conservadas en alcohol al 96% y separadas para su posterior identificación en el laboratorio de Ecología del Programa de Biología de la Universidad de Caldas.

La determinación de los taxos fue en su mayoría a nivel de género, se empleó para ello claves taxonómicas de DOMÍNGUEZ *et al.* (2006), DOMÍNGUEZ & FERNÁNDEZ (2009), POSADA & ROLDÁN (2003) y SPRINGER (2006). El material colectado fue depositado en la Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas (CEBUC), registro Humboldt No. 178.

CARACTERIZACIÓN HIDROBIOLÓGICA Y FÍSICOQUÍMICA

Para cada punto de muestreo se registraron variables fisicoquímicas *in situ* como temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y pH. Además, se tomaron muestras de agua para ser analizadas en el laboratorio de Aguas de Manizales S.A. E.S.P., tales como: turbiedad, conductividad, alcalinidad, dureza, nitratos, nitritos y sulfatos. Asimismo, se consignó información sobre la caracterización física del ambiente a evaluar, teniendo en cuenta aspectos generales, uso del suelo, vegetación riparia, impactos negativos y observaciones generales para evaluar la calidad del hábitat, según CHARÁ (2003).

Adicionalmente, se determinó la cobertura vegetal por medio del método de fotografía digital (HOGAN & MACHADO, 2002), se registró con imágenes la margen derecha e izquierda para cada estación muestreada, el porcentaje se calculó mediante malla de puntos (0.5 cm) por medio del programa Microsoft Office 2007.

ANÁLISIS DE DATOS

Para estimar la diversidad de macroinvertebrados bentónicos se utilizaron índices de dominancia de Simpson, de diversidad de Margalef y de equidad de Shannon-Wiener, según lo propuesto por MORENO (2001). Se comparó la composición para las tres estaciones con un análisis Cluster, para el que se utilizó el índice de similaridad de Jaccard. Las diferencias de la riqueza fueron calculadas por medio de un análisis de varianza (ANOVA una vía) en el que se usó como factor las estaciones muestreadas seguida por una prueba de Tukey con probabilidad de $p=0,05$.

Para cada estación se estimó el índice de riqueza total de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), según lo propuesto por CHARÁ (2003) y el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) modificado por ZÚÑIGA (2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se capturaron 12443 macroinvertebrados, distribuidos en 17 órdenes, 62 familias y 156 géneros (Anexo 1). En la quebrada Romerales se colectaron 8992 individuos, 13 órdenes, 45 familias y 112 géneros. En la quebrada Olivares se colectó un total de 3451 individuos, 12 órdenes, 52 familias y 112 géneros. Los órdenes Coleoptera (35%) y Diptera (27%) presentaron el mayor número de géneros, seguido por Trichoptera y Ephemeroptera (12%) (Figura 1 y Tabla 1). Resultados similares fueron encontrados en estudios realizados por FIGUEROA *et al.*, (2003) en el Sur de Chile y RIVERA (2004) en los andes venezolanos, donde los órdenes Diptera y Ephemeroptera tuvieron una mayor riqueza. Además ROLDÁN (1999), explica que en ríos de montaña de aguas frías, muy transparentes y bien oxigenadas es común encontrar una gran diversidad de estos órdenes.

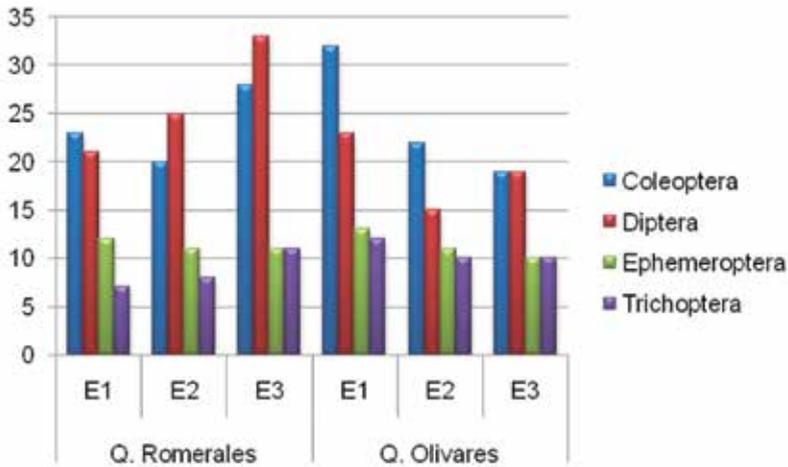


Figura 1. Riqueza de los órdenes más representativos de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones de muestreo para las quebradas Romerales y Olivares.

Tabla 1. Riqueza y abundancia en cada estación de muestreo.

	ROMERALES			OLIVARES		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 1	Estación 2	Estación 3
Riqueza	70	73	92	86	66	64
Abundancia	1983	3058	3958	1149	1249	1064

A nivel de riqueza no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las quebradas, sin embargo, la abundancia fue significativamente mayor para la quebrada Romerales, en comparación con la quebrada Olivares (Tabla 1). Esto posiblemente se deba a la presencia de ganado en las orillas de la quebrada Romerales, ya que, según OSCOZ *et al.*, (2006) tal factor aumenta la concentración de materia orgánica, a su vez, la abundancia de algunos taxones, especialmente los quironómidos.

Con respecto a los índices calculados, la dominancia de Simpson fue baja para ambas quebradas, principalmente para la quebrada Olivares (Tabla 2). Sin embargo, según los índices de Margalef y de equidad de Shannon-Wiener, se presentaron valores más altos de diversidad para dicha quebrada, en comparación con las demás estaciones de muestreo (Tabla 2).

Tabla 2. Índices de diversidad alfa.

Índices	Q. Romerales			Q. Olivares		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
Diversidad de Margalef	6,884	7,788	10,22	10,37	9,255	9,074
Equidad de Shannon-Wiener	2,36	2,522	2,702	3,197	3,267	3,249
Dominancia de Simpson	0,173	0,142	0,118	0,077	0,060	0,060

Probablemente esto se deba a la presencia del bosque ripario en mejor estado de conservación, en la estación 1 y 2 (antes de la represa) de Olivares en relación a Romerales, lo que permite mayor protección del recurso hídrico, garantizando una mejor calidad de hábitat, en comparación de las otras estaciones donde disminuye la cobertura vegetal (Tabla 3). En concordancia con algunos autores como ALONSO (2006), ARCOS (2005), GUEVARA *et al.* (2006) y MEZA & RUBIO (2010), quienes encontraron que en lugares donde existe una reducción de la vegetación ribereña por actividades antrópicas como ganadería y agricultura, se presenta una reducción de la diversidad.

Tabla 3. Cobertura vegetal para cada estación de muestreo.

Cobertura vegetal	Romerales			Olivares		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
Margen izquierdo	95,9	0	15,7	65	27,15	35,18
Margen derecho	3,68	0	19,1	37,5	63,25	26,89

Con respecto a la composición de macroinvertebrados (Figura 2), se obtuvo que 72 géneros fueron compartidos por las dos quebradas, entre ellos *Anacroneuria*, *Andesiops*, *Atopsyche*, *Baetodes*, *Camelobaetidius*, *Cricotopus*, *Cyphon*, *Elodes*, *Farrodes*, *Gigantodax*, *Heterelmis*, *Lachlania*, *Leptohyphes*, *Leptonema*, *Macrelmis*, *Polypedilum*, *Prebaetodes*, *Rheotanytarsus*, *Scirtes*, *Simulium*, *Smicridea*, *Stenelmis* y *Tipula*. La presencia de estos géneros en ambas quebradas posiblemente se deba a que dichos organismos son euritópicos, es decir, que pueden ocupar un amplio espectro hábitats y condiciones ambientales. (ROLDÁN, 1988; DOMÍNGUEZ & FERNÁNDEZ, 2009).

Se presentaron 49 géneros exclusivos para la quebrada Olivares y 59 para la quebrada Romerales (Anexo 1). Es de resaltar que el mayor número de géneros exclusivos se obtuvo en la estación 1 de la quebrada Olivares (Figura 3), lo que puede estar relacionado al nivel de conservación de tal área en comparación con las otras, ya que, su acceso es restringido y está provista de vegetación ribereña.

Según BLINN & KILGORE (2001), el bosque ripario tiene un papel importante al retardar y reducir la escorrentía superficial, utilizar el exceso de nutrientes, atrapar los sedimentos y otros contaminantes que se desprenden de los suelos descubiertos o suelos de cultivos y de esta manera proteger los cuerpos de agua. Adicionalmente, Alonso en el 2006, también menciona que la ausencia de la vegetación riparia empobrece la composición de macroinvertebrados bentónicos.

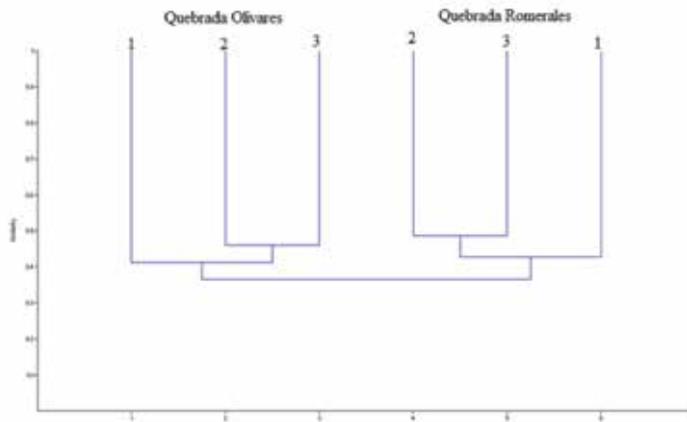


Figura 2. Índice de similitud de Jaccard de las estaciones de muestreo.

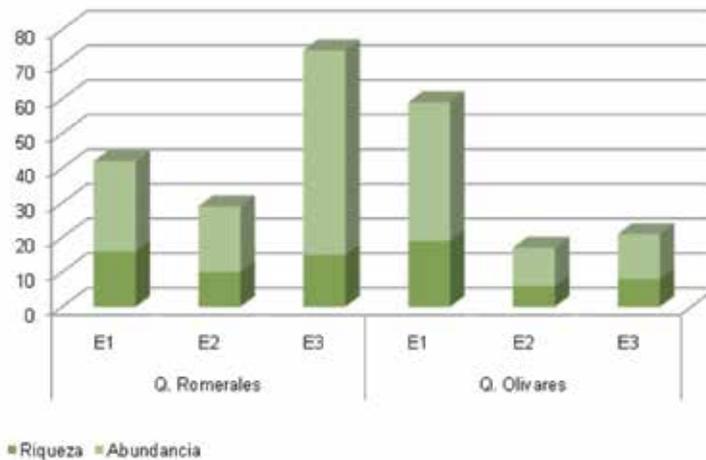


Figura 3. Riqueza y abundancia de géneros exclusivos en cada estación de muestreo.

En cuanto a los períodos de muestreo, para diciembre de 2010 se colectaron 91 géneros y/o morfotipos y 1.251 individuos, en enero de 2011 se colectaron 115 géneros y/o morfotipos y 6.030 individuos, y para agosto de 2011 se determinaron 89 géneros y/o morfotipos y 5.178 individuos. No se encontraron diferencias significativas en cuanto a la riqueza de macroinvertebrados entre los períodos de muestreo, sin embargo, para el período lluvioso en diciembre de 2010, la abundancia fue estadísticamente menor en comparación a los otros dos períodos.

Según autores como ARCE & LEIVA (2009), FERNÁNDEZ *et al.* (2002), GRATEROL *et al.* (2006) y ROLDÁN (1988), esto puede estar relacionado a que en épocas lluviosas

se tiene un efecto marcado del arrastre de los macroinvertebrados bentónicos como consecuencia del aumento en los caudales, donde los insectos acuáticos que no tienen adaptaciones para sostenerse, pueden ser llevados por la corriente, mientras que en épocas secas las aguas mantienen un cauce normal y las poblaciones no sufren ninguna alteración.

Al determinar la calidad de agua con el índice BMWP, las tres estaciones de las dos quebradas presentaron aguas muy limpias (Tabla 4). Al calcular el índice EPT, las estaciones 1 y 3 de la quebrada Romerales tuvieron calificación regular, la estación 2 de la quebrada Romerales y las estaciones 1 y 3 de la Quebrada Olivares presentaron una buena calidad de agua y, finalmente, la estación 2 de la quebrada Olivares presentó aguas de muy buena calidad (Tabla 4).

Tabla 4. Índices EPT y BMWP para cada estación de muestreo.

	Quebrada Romerales			Quebrada Olivares		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
EPT	43.7	53.9	49.7	52.6	76.6	50.5
BMWP	145	152	193	162	180	168
EPT	Regular	Buena	Regular	Buena	Muy buena	Buena
BMWP	Aguas muy limpias	Aguas muy limpias	Aguas muy limpias	Aguas muy limpias	Aguas muy limpias	Aguas muy limpias

La calificación alta del BMWP en todas las estaciones, probablemente se deba a que tal índice de calidad de agua se calcula a través de la presencia o ausencia de familias de macroinvertebrados acuáticos, lo que puede producir una imprecisión en las calificaciones. A diferencia, el índice EPT calcula la calidad de agua con base en la riqueza de Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, lo que hace que este índice sea útil en la detección de perturbaciones más sutiles, así como evidenciado por otros autores (ÁLVAREZ & PÉREZ, 2007, BARRIONUEVO *et al.*, 2007).

En cuanto a las variables fisicoquímicas registradas (Tabla 5), no existieron diferencias significativas entre las estaciones de muestreo de ambas quebradas. Se encontró que éstas están dentro de los rangos establecidos para agua potable (AGUAS DE MANIZALES, 2007). Estos resultados apoyan lo encontrado con el índice biótico BMWP, donde las quebradas Olivares y Romerales presentaron en general una buena calidad. Corroborando con ALBA-TERCEDOR (1996), quien propone que tales bioindicadores son una importante herramienta para la detección de puntos de alteración del recurso hídrico.

CONCLUSIONES

La diversidad de macroinvertebrados bentónicos y la calidad de agua en las estaciones muestreadas de la quebrada Romerales y Olivares no se vieron afectadas

por las represas ubicadas en estos sitios. Además, se puede concluir que el agua de las fuentes hídricas que abastecen gran parte de la población de Manizales presenta buena calidad, evidenciada por los valores del índice biótico BMWP y parámetros fisicoquímicos.

Con este estudio se reafirma la importancia de la vegetación riparia para el establecimiento de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en los ecosistemas hídricos.

Tabla 5. Variables fisicoquímicas e hidrológicas para cada estación de muestreo.

Variables	Romerales			Olivares		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
Fisicoquímicos In-situ						
Oxígeno disuelto (mg/L)	13,11	12,28	12,18	7,9	8	7,9
Temperatura (°C)	13,5	13,1	14,8	14	13,6	13,8
pH	7,02	7,26	7,43	7,3	7,2	7,1
Fisicoquímicos ex-situ						
Turbiedad	2,8	2,45	2,62	5,35	5,5	5,7
Conductividad	45,5	45	45,25	73,5	73,5	74
Alcalinidad a pH 4.5	15	15	15	37	37,5	37
Dureza total	13,5	13,5	13,5	31	30,5	30,5
Nitratos	2,21	2,13	2,17	2,63	2,83	3,64
Nitritos	0,002	0,03	0,002	0,008	0,005	0,006
Sulfatos	1	1	1	≤LD	1	1
Hidrológicos						
Caudal (L/seg)	169	358	358	-	177	177
Área de la Sección (m ²)	0,4	0,8	0,8	-	0,3	0,3
Velocidad Media (m/Seg)	0,37	0,3	0,3	-	0,4	0,4
Ancho (m)	3,8	3,7	3,5	-	1,9	2,2

- Sin dato

AGRADECIMIENTOS

Al departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Caldas por apoyar el trabajo. A Aguas de Manizales; a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Caldas por el financiamiento del presente estudio, y a los miembros del grupo de investigación GEBIOME por su colaboración en las diferentes fases del proyecto. Al Fondo Regional de Investigaciones de la Red Alma Mater y a su programa de Joven investigador por contribuir al desarrollo de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUAS MANIZALES., 2007.- Estudio de Factibilidad para la Recuperación y Mantenimiento de la Calidad de la Cuenca del río Chinchiná – Fase I. Contrato No. 2005-0189. Manizales. p.109
- ALBA-TERCEDOR, J. 1996.- Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Memorias del IV Simposio el agua en Andalucía. Siaga, Almería, 2: 202-213.
- ALONSO, A. 2006.- Valoración del efecto de la degradación ambiental sobre los macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares. *Ecosistemas*, Asociación española de ecología terrestre, 15(2): 1-5.
- ÁLVAREZ, S.M. & PÉREZ, L. 2007.- Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguare, Honduras: Tesis, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- ARCE, M. F. & LEIVA M. A. 2009.- Determinación de la calidad de agua de los ríos de la ciudad de Loja y diseño de líneas generales de acción para su recuperación y manejo: Tesis, UTPL, Ecuador.
- ARCOS, I. 2005.- Efecto del ancho los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesamesiles, Copán, Honduras: Tesis: Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- 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*. Second Edition. EPA 841-B-99-002. US Environmental Protection Agency. Washington.
- BARRIONUEVO, M.A.; ROMERO, F.; NAVARRO, M.G.; MEONI, G.S. & FERNANDEZ, H.R. 2007.- Monitoreo de la calidad del agua en un río subtropical de montaña: el río Lules (Tucumán, Argentina). Conagua. Obtenido en 20 de julio, 2010. Desde : <http://hydriaweb.com.ar/kb/entry/12/>.
- BLINN, R. & KILGORE. A. 2001.- Riparian Management Practices. *Journal of Forestry* (University of Minnesota) USA 8: 11-17.
- CHARÁ, J. 2003.- *Manual para la evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas*. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. CIPAV. Colombia. p.52
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CALDAS. 2000.- Coleccionable “Gestión Ambiental”. No. 1. La cuenca del río Chinchiná, Manizales.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CALDAS-AGUAS DE MANIZALES, 1999.- Plan de Ordenamiento Ambiental del territorio de la cuenca del río Chinchiná. Síntesis de Diagnóstico. Tomo I, Manizales.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CALDAS. 2010.- Plan de manejo. Reserva forestal protectora de las cuencas Hidrográficas de río Blanco y quebrada Olivares. Manizales.
- DOMÍNGUEZ, E. & FERNÁNDEZ, H.R. 2009. - *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. p. 656
- DOMINGUEZ, E.; MOLINERI, C.; PESCADOR, M. L.; HUBBARD, M. D. & NIETO, C. 2006.- Ephemeroptera of South America (en) Adis, J.; J. R. Arias G.; Rueda-Delgado & K. M. Wantzen (ed.) *Aquatic Biodiversity of Latin America*, Vol.2, Pensoft.Moscow and Sofia, p. 1-646
- FERNÁNDEZ, H.R.; ROMERO, F.; VECE, M.B.; MANZO, V.; NIETO, C. & ORCE, M. 2002.- Evaluación de tres índices bióticos en un río subtropical de montaña (Tucumán- Argentina). *Limnética*, 21(1-2): 1-13.
- FIGUEROA, R.; VALDOVINOS, C.; ARAYA, E. & PARRA, O. 2003. -Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del Sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76: 275 -285.
- GONZÁLEZ, M. & GARCÍA, D. 1995.-*Restauración de ríos y riberas*. Fundación Conde del Valle de Salazar, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. España. p. 319
- GRATEROL, H.; GONCALVES, L.; MEDINA, B. & PEREZ, B. 2006.- Insectos acuáticos Como Indicadores De Calidad Del Agua Del Río Guacara, Carabobo-Venezuela (Aquatic Insects as Bioindicator of Water Quality in Guacara Stream, Carabobo-Venezuela).
- GUEVARA-CARDONA, G.; JARA, C.; MERCADO, M. & ELLIOTT, S. 2006.- Comparación del macrozoobentos presente en arroyos con diferente tipo de vegetación ribereña en la reserva costera valdiviana, sur de Chile. *Asociación Colombiana de Limnología “Neolimnos”*, 1: 98-105.
- HOGAN, P.K. & MACHADO, J.L. 2002. -Luz solar: consecuencias biológicas y mediciones. En: Guariguata, M.R. & Kattan G.H. (ed.), *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Ediciones LUR. pp.119-143
- HURTADO, S.; GARCÍA, F. & GUTIÉRREZ, P. 2005.- Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del río San Juan, Querétaro, México. *Folia Entomol.* 44 (3): 271-286.
- JONSSON, M.; MALMQVIST, B. & HOFFSTEN, P.E. 2001.- ¿Leaf litter breakdown rates in boreal streams: does shredder species richness matter? *Freshwater Biology*, 46: 161-171.
- LAMPERT, W. & SOMMER, U. 2007.-*Limnoecology: The ecology of lakes and streams*. 2 Ed. Oxford University Street. Nueva York. p. 324
- LARA-LARA, J.R.; ARREOLA, J.A.; CALDERÓN, L.E.; CAMACHO, V.F.; ESPINO, G.L.; ESCOFET, A.M.; ESPEJEL, M.; GUZMÁN, M.; LADAH, L.B.; LÓPEZ M.; MELING E.A.; MORENO P.; REYES H.; RÍOS E. & ZERTUCHE J.A. 2008.- *Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México, pp. 109-134.

- MEZA, A.M. & RUBIO, J. 2010.- Composición y estructura trófica de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. Tesis: Programa de Biología, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.
- MORENO, C.E. 2001.- *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis: SEA, (1) p. 84
- 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: 683-692.
- PINHEIRO, S.M.; FERRAZ DE QUEIROZ, J. & BOEIRA, R.C. 2004.- Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos. Comunicado Técnico 19. *Ministerio de Agricultura*. Brasil.
- POSADA, G.J. & ROLDAN, G. 2003.-Clave ilustrada y diversidad de las larvas de trichoptera en el noroccidente de Colombia. *Caldasia*, 25 (1): 169-192.
- RAMÍREZ, D.A.; VALLADARES, F.; BLASCO, A. & BELLOT, J., 2008.-Effects of tussock size and soil wátercontenton whole plant gas Exchange *Stipatenacissima* L. Extrapolating from the leaf versus modelling crown architecture. *Environmental and Experimental Botany*, 62, 376-388.
- RIVERA, R. 2004.- Estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en ríos de páramo y zonas boscosas, en los andes venezolanos: Tesis: Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- ROLDÁN, G. 1988.- *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Universidad de Antioquia. Bogotá, Colombia. p.216
- ROLDÁN, G., 1999.- Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas, y naturales*, 23(88): 375-387.
- ROLDÁN, G.A. 2003.- *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Primera edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. p.170
- ROSENBERG, D.M. & RESH, V. H., 1993.- *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York London. Chapman and Hall. pp.488
- SPRINGER, M., 2006.- Clave taxonómica para larvas del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. *Rev. Biología Tropical*, 54: 273-286
- ZUÑIGA, M.C. 2009.- Adaptación del BMWP para ríos de Colombia. Simposio de Macroinvertebrados Acuáticos. Congreso de la sociedad Colombiana de Entomología. Memorias.

Anexo 1. Lista de órdenes, familias y géneros de macroinvertebrados encontrados en las quebradas Olivares y Romerales.

Órdenes	Familias	Géneros y/o morfotipos	Romerales	Olivares	Total	
Trombidiformes	Limnysiidae	<i>Limnesia</i>	2		2	
		Limnysiidae 1	1		1	
Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>		11	11	
Annelida 1	Annelida 1	Annelida 1	6		6	
Collembola	Collembola 1	Collembola 1	1		1	
Coleoptera	Dryopidae	Dryopidae 1	2		2	
		Dytiscidae	Dytiscidae 1		2	2
	Elmidae		<i>Ranthus</i>		3	3
		<i>Austrelmis</i>		8	8	
		<i>Cylloepus</i>	1	3	4	
		<i>Disersus</i>	1		1	
		<i>Heterelmis</i>	41	119	160	
		<i>Macrelmis</i>	104	22	126	
		<i>Microcylloepus</i>	14	6	20	
		<i>Neocylloepus</i>	3	2	5	
		<i>Neelmis</i>	29	3	32	
		<i>Onychelmis</i>		3	3	
		<i>Phanocerus</i>	1		1	
		<i>Pseudodisersus</i>	3	2	5	
		<i>Stenelmis</i>	47	11	58	
		<i>Xenelmis</i>		1	1	
		Elmidae 1			10	10
		Elmidae 2	4			4
		Elmidae 3	36	4		40
	Elmidae 4	3	3		6	
	Elmidae 5	1			1	
	Gyrinidae	<i>Andogyrus</i>		1	1	
		<i>Gyretes</i>		1	1	
		<i>Gyrinus</i>		2	2	
		Gyrinidae 1		1	1	
	Hydrophilidae	<i>Paracymus</i>	1	2	3	
		<i>Tropisternus</i>	1	1	2	
	Hydrophilidae 1	7		7		
	Lutrochidae	<i>Lutrochus</i>	1	1	2	
	Polydactylidae	Polydactylidae 1		2	2	
	Psephenidae	<i>Psephenus</i>	1	1	2	
	Ptilodactylidae	<i>Anchyrtarsus</i>	38	23	61	
		<i>Tetraglossa</i>	9	7	16	
		Ptilodactylidae 1		10	10	
		Ptilodactylidae 2	4	2	6	
		Ptilodactylidae 3		2	2	
	Ptilodactylidae 4	8		8		
	Scirtidae	<i>Cyphon</i>	52	3	55	
		<i>Elodes</i>	66	13	79	
		<i>Scirtes</i>	34	18	52	
		Scirtidae 1	9		9	
		Scirtidae 2		3	3	
	Scirtidae 2	1	1	2		
Staphylinidae	Staphylinidae 1	5		5		
	Staphylinidae 2	1		1		
	Staphylinidae 3		8	8		
	Staphylinidae 4	39	8	47		
	Staphylinidae 5	1		1		
Coleoptera 1	Coleoptera 1	6	4	10		
Coleoptera 2	Coleoptera 2		5	5		
Coleoptera 3	Coleoptera 3		2	2		
Decapoda	Decapoda 1	Decapoda 1		1	1	

Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i>	4		4
		Blephariceridae 1	1		1
	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae 1	25	5	30
		Ceratopogonidae 2	2		2
		Ceratopogonidae 3	6		6
	Chironomidae	<i>Cricotopus</i>	85	14	99
		<i>Hepagyiae</i> cf.	32		32
		<i>Parahepagyiae</i> cf.	23	37	60
		<i>Parametricnemus</i>	7	2	9
		<i>Parochlus</i>	1		1
		<i>Pennaneura</i> cf.	36	16	52
		<i>Podonomopsis</i>	7		7
		<i>Podonomus</i>		1	1
		<i>Polypedilum</i>	273	35	308
		<i>Rheotanytarsus</i>	67	46	113
		Chironomidae 1	132	247	379
		Chironomidae 2	372		372
		Chironomidae 3		35	35
	Chironomidae 3	962	66	1028	
	Chironomidae 4	7		7	
	Dixidae	<i>Dixa</i> cf.	1	1	2
		<i>Aphrosylus</i>	1	1	2
	Dolichopodidae	<i>Rhaphium</i>	1		1
		Dolichopodidae 1	3	2	5
		<i>Chelifera</i>	6	1	7
	Empididae	<i>Hemerodrimia</i>	3		3
		Empididae 1	1		1
		Empididae 2		1	1
	Ephydriidae	Ephydriidae 1	4		4
	Diptera 1	Diptera 1		4	4
	Diptera 2	Diptera 2	16	3	19
	Diptera 3	Diptera 3		1	1
	Muscidae	<i>Limnophora</i> cf.	42		42
		<i>Gigantodax</i>	20	11	31
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	1658	372	2030
		Simuliidae 1	2	21	23
Tabanidae	<i>Tabanus</i>	1	2	3	
Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	1	3	4	
	<i>Limnophora</i>	2		2	
	<i>Limonia</i>	1	7	8	
	<i>Molophilus</i>	9	3	12	
	<i>Ormosia</i>		4	4	
	<i>Tipula</i>	31	57	88	
	Tipulidae 1	2		2	
Tipulidae 2		2	2		
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Andesiops</i>	1177	33	1210
		<i>Baetodes</i>	2071	1224	3295
		<i>Camelobaetidius</i>	176	2	178
		<i>Mayobaetis</i>	373	8	381
		<i>Moribaetis</i> cf.		2	2
		<i>Nanomis</i>		1	1
		<i>Prebaetodes</i>	28	25	53
		Baetidae 1	162	4	166
	Baetidae 2	1		1	
	Leptohyphidae	<i>Haplohyphes</i> 1	12	3	15
		<i>Haplohyphes</i> 2	4	24	28
		<i>Leptohyphes</i>	157	62	219
	Leptophlebiidae	<i>Farodes</i>	5	7	12
		<i>Hagenulopsis</i> cf.	1		1
		<i>Thraulodes</i>		2	2
		Leptophlebiidae 1		3	3
	Leptophlebiidae 2	1		1	
Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>	24	24	48	

Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotomidae 1	2	1	3	
Gastropoda	Physidae	<i>Physa</i>		3	3	
	Gastropoda 1	Gastropoda 1		1	1	
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia</i>		2	2	
		<i>Rhagovelia</i>		7	7	
	Hemiptera 1	Hemiptera 1	3	2	5	
	Gelastocoridae	<i>Gelastocoris</i>	1		1	
Lumbriculida	Lumbriculidae	Lumbriculidae 1	61		61	
Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus</i>		3	3	
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneturia</i>	140	191	331	
	Limnephilidae	<i>Anomalocomoecus</i>		1	1	
		<i>Limnephilus</i>		1	1	
	Anomalopsychidae	<i>Contulma</i>		2	2	
	Calamoceratidae	<i>Phyllocicus</i>	2	19	21	
	Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>			1	1
		<i>Culoptila</i>			2	2
		Glossomatidae 1			1	1
	Ecnomidae	<i>Austroinooides</i>	1			1
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	1	96	97	
	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	55	15	70	
	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	9	55	64	
		<i>Macronema</i>	4	10	14	
		<i>Smicridea</i>	20	67	87	
	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia</i>	28		28	
	Leptoceridae	<i>Atanotlica</i>	1		1	
		Leptoceridae 1	6	3	9	
		<i>Nectopsyche</i>	19	201	220	
		<i>Oecetis</i>	1		1	
	Odontoceridae	<i>Marilia</i>	4	2	6	
		Odontoceridae 1	2	1	3	
	Trichoptera 1	Trichoptera 1		2	2	
	Tricladida	Planariidae	Planariidae 1	2		2
Planariidae 2			6		6	
Planariidae 3				3	3	
Veneroida	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i>	1		1	
Total general			8992	3451	12443	