

MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS DURANTE LA ÉPOCA DE LLUVIAS EN TRES RÍOS DEL PIEDEMORTE LLANERO DE COLOMBIA

FRESHWATER MACROINVERTEBRATES REGISTERED DURING THE RAINY SEASON IN THREE TROPICAL RIVERS OF THE FOOTHILL ON THE EASTERN PLAINS OF COLOMBIA

HILLDIER ZAMORA GONZÁLEZ,^{1*} M.Sc.

¹ Universidad del Cauca, Departamento de Biología, Grupo de Estudios en Recursos Hidrobiológicos Continentales, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, Popayán.

Key words:

Acuatic macroinvertebrates, eastern plains foothill of Colombia, hydro physicochemical, diversity, BMWP.

Abstract

This study was carried out in three tropical rivers, namely Humadea (488m. above sea level), Marayal (503m. asl) and Camoa (450m. asl), located in the foothill on the Eastern Plains of Colombia, with average temperature as high as 24°C, and 4000mm average annual precipitation. The samplings were carried in rainy seasons during 2003 to 2007 to date. During the field survey stage, hydro physicochemical indices were obtained and analyzed, and the Acuatic Macroinvertebrates Epicontinental (AME) were captured. Based on laboratory survey and sampling work Shannon-Weaver (H'), Sorensen (s) and BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System)(2007) adapted to Colombia. During the study period, not recorded naturally or by human intervention strong or severe disturbance of ecological status of these three ecosystems that alter their structure and dynamics, aspects to date (July 2014) of preparation of this article remain unchanged. 56 Genera, 40 families, 13 Orders, four Classes and three Phyla were recorded. The highest value for diversity according to the Shannon Weaver index was found in the river Marayal (2.72), while the lowest diversity was found in the Humadea river (2.53). On the BMWP index the three systems present water quality levels ranging between good and very good. The ecosystems registering the highest similarity were Marayal and Camoa (81%) while Humadea and Camoa had the lowest (56%).

Palabras Clave:

Macroinvertebrados acuáticos, piedemonte llanero, físico-química hídrica, diversidad, BMWP.

Resumen

El estudio se realizó en localidades de tres ríos del Piedemonte Llanero: Humadea (488 msnm), Marayal (503 msnm) y Camoa (450 msnm), con temperatura promedio mayor a 24°C, y promedio anual de lluvias de 4000 mm. Los muestreos se realizaron en época de lluvias entre 2003 y 2007. En la fase de campo se obtuvieron registros físico-químicos del agua y se capturaron los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales-MAE-. Con base en las identificaciones y censos realizados en laboratorio, se determinaron los índices Shannon-Weaver (H'), Sorensen (S) y BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System) y el respectivo análisis de los parámetros físico-químicos hídricos. Durante el tiempo de estudio, no se registraron de manera natural o por acción humana, alteraciones fuertes o graves del estado ecológico de estos tres ecosistemas que alteraran su estructura y dinámica, aspectos que a la fecha (julio de 2014) de elaboración del presente artículo, permanecen invariables. Se registraron 56 Géneros, 40 familias, 13 Órdenes, cuatro Clases y tres Phyla. El valor más alto para la diversidad según el índice de Shannon Weaver se encontró en el río Marayal (2.72), mientras que la menor diversidad se encontró en el río Humadea (2.53). Según los valores del índice BMWP, en los tres ríos el agua es muy limpia y de buena calidad. Los valores más altos de similitud a nivel de géneros, se presentaron entre los ríos Marayal y Camoa (81%) y los de menor, Humadea y Camoa (56%).

INFORMACIÓN

Recibido: 04-04-2015;
Aceptado: 14-09-2015.
Correspondencia autor:
hilldier@unicauca.edu.co

Introducción

Los ríos y las quebradas andinas pequeñas y medianas son ecosistemas relevantes, como fuentes de agua para el sostenimiento de los ambientes aledaños a lo largo de sus recorridos, sean estos naturales o artificiales resultantes de las actividades rurales y urbanas del hombre.

Entre los componentes bióticos de estos ecosistemas se encuentra la comunidad de macroinvertebrados la cual desempeña un rol ecológico fundamental tanto en la estructura como en la dinámica ecosistémica de estos ambientes. Por estas razones, el conocimiento de la fauna de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales (MAE) es de gran interés y puede encararse desde diferentes enfoques según sea el interés en la búsqueda de conocimiento sobre este componente. Desde el punto de vista de su composición a nivel de comunidad y sus propiedades emergentes, algunas de las cuales aborda el presente estudio, se han desarrollado en Colombia especialmente a partir de la década del 70, cuando Roldan, G. y colaboradores dan un fuerte impulso al estudio limnológico de ríos y quebradas de Antioquia, enfatizando en la fauna de macroinvertebrados acuáticos, actividad que de igual manera se adelantó en otras regiones del país.

Otros aspectos como la caracterización ecológica (ROLDAN, 1988; ZAMORA, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2011; ALLAN, 2006; VELASCO *et al.*, 2010), relaciones tróficas (NAUNDORF *et al.*, 1990; SERNA *et al.*, 2000; SARZOSA *et al.*, 2001; ZAMORA, 2010) distribución y biogeografía (ZAMORA, 1991, 1992, 1995, 2002; BOHÓRQUEZ *et al.*, 2011; SERNA *et al.*, 2004; ZAMORA y ZAMORA, 2013^a, 2013^b), biología y taxonomía (ROLDAN, 1988; ZAMORA y ROESSLER, 1995; ZAMORA y ROESSLER, 1997; FERNÁNDEZ y DOMÍNGUEZ, 2001; HANSON *et al.*, 2010), Dinámica de comunidades (ZAMORA y NAUNDORF, 1990; NAUNDORF *et al.*, 1990; LONGO *et al.*, 2009, 2010), Estructura de comunidades (ZAMORA *et al.*, 1996; ALLAN, 2006; ANDREA *et al.*, 2007; ZAMORA, 2001; ZAMORA *et al.*, 2011; ESCOBAR y ZAMORA, 2012; FÉRIZ *et al.* 2012; LONGO *et al.*, 2013; Blanco, 2013), Deriva (QUIÑONES, 1998; RODRÍGUEZ *et al.*, 2006; RODRÍGUEZ *et al.*, 2007; TURCOTTE y HARPER, 1982), y en los últimos años, su utilización como bioindicadores (ZAMORA y NAUNDORF, 1990; ZAMORA, 1997, 1998, 2000, 2001; CASTILLO y ZAMORA, 1999; ZAMORA *et al.* 2011; ECHEVARRÍA y MARRERO, 2012; GUINARD *et al.*, 2013; LADRERA *et al.*, 2013; LONGO *et al.*, 2004; PRAT *et al.*, 2000; ZAMORA, 2007; RAMÍREZ *et al.*, 2013; SEGNINI, 2003; SPRINGER, 2010), para determinar calidad biológica de aguas naturales en ecosistemas acuáticos lóticos y leníticos; los cuales conjuntamente con la

caracterización físico-química hídrica, permiten evaluar su estado actual.

Por otra parte, en los ecosistemas lóticos tropicales, ante la ausencia del invierno, las fluctuaciones de caudal y el tipo de sustrato, pueden constituirse en el principal factor estructurador de las comunidades de organismos acuáticos (TURCOTTE y HARPER, 1984; QUIÑONEZ *et al.*, 1998). El efecto de estas variaciones de caudal puede manifestarse a diferentes niveles de la escala temporal pero las variaciones periódicas, estacionales o de ciclo diario se constituyen en condiciones permanentes a las cuales los organismos han debido responder adaptativamente.

En esta contribución se presentan los resultados sobre diversidad, similaridad y bioindicación de la fauna de MAE en tres ríos del Piedemonte Llanero: Humadea (03°48'11" N y 73°45'10.8" O), Marayal (03°47' 7.27" N y 73° 44' 4.20" O) y Camoa (03° 41' 3.92" N y 073° 41' 9.95" O), a 488, 503 y 450 msnm, respectivamente, (100 m aguas arriba de los puentes sobre los ríos Humadea y Marayal de la vía Villavicencio-San Martín y también 100 m aguas arriba del puente sobre el río Camoa, por la antigua salida a Granada) en los cuales se efectuaron simultáneamente los muestreos de MAE y la caracterización físico-química hídrica. Los tres ríos se encuentran en una región con temperatura promedio mayor a 24 °C, y promedio anual de lluvias de 4000 mm.

Es suficientemente conocido que la acción de muchas variables naturales como la morfología del relieve, la topografía, las características físicas y químicas de los suelos, el tipo de cobertura vegetal, y antrópicas como el uso de la tierra y el uso directo del agua por parte de las poblaciones humanas son elementos que operan a nivel del entorno de los ríos y se constituyen en factores determinantes de la calidad del agua en los ríos, en razón a la propiedad que tiene el agua como solvente universal y debido a esta particularidad, es capaz de transportar ya sea disueltos o suspendidos, residuos de casi la totalidad de sustancias que encuentra a su paso. Allí adquiere importancia la caracterización físico-química de las aguas de los ríos, pues nos permite conocer desde ese aspecto, su calidad o estado en determinado momento.

La integración de estudios de calidad empleando indicadores biológicos como el caso de los macroinvertebrados acuáticos, junto con análisis de la calidad físico-química y microbiológica del agua de los ríos, se convierte en una muy buena opción para evaluar sus atributos en la búsqueda de un mayor conocimiento del estado actual, con la finalidad de determinar acciones de protección, control y buen uso del recurso agua.

Materiales y métodos

Se realizaron muestreos durante un día en períodos de lluvia (siempre en el mes de octubre), cada año, entre 2003 y 2007. Se capturaron los MAE utilizando redes de pantalla (1m anchura) y ojo de malla de 0,5mm., sobre un m² del sustrato de fondo. Por otra parte, muestreo manual con pinzas desprendiéndolos de rocas, hojarasca y otros sustratos durante 30 minutos. Las muestras se transportaron al laboratorio en frascos plásticos con alcohol al 70% etiquetados con indicaciones ecológicas y de localización de los sitios de muestreo; se realizó la identificación correspondiente con base en las características morfológicas de los organismos, utilizando un estereomicroscopio binocular, claves taxonómicas y guías visuales de ROLDÁN (1988) y FERNÁNDEZ y DOMÍNGUEZ (2001).

Se determinaron los siguientes parámetros físico-químicos: temperatura ambiental e hídrica, concentración de oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, concentración de gas carbónico disuelto, pH, acidez total, alcalinidad total, dureza total y carbonácea, conductividad, sólidos disueltos totales (SDT), amonio, nitritos y nitratos, utilizando Kit Aquamerck y sondas multiparamétricas, en los mismos sitios de muestreo donde se recaudaron los macroinvertebrados.

Los organismos colectados fueron identificados y censados al nivel de género (tabla 1), a partir de ello se determinaron los índices de: Diversidad de Shannon Weaver (H') (1949) (4), BMWP (Sistema para Determinación del Índice de Monitoreo Biológico) adaptación para Colombia por ZAMORA (2007), el índice de similitud (SORENSEN, 1948). Los ejemplares se depositaron en la colección del laboratorio de Recursos Hidrobiológicos Continentales de la Universidad del Cauca.

Para el índice de Diversidad se utilizó la ecuación de SHANNON-WEAVER (1949).

$$H' = -S \sum (ni/N) \ln (ni/N)$$

Donde: ni: Número de individuos por género.

N: Número total de individuos.

ln: Logaritmo natural.

El resultado de la aplicación de esta ecuación se confronta con los siguientes valores de diversidad: 0,0 a 1,5 baja diversidad; 1,6 a 3,0 mediana diversidad y de 3,1 a 5,0 alta diversidad.

En el caso del índice BMWP (Calidad biológica del agua) se utilizó la adaptación para Colombia realizada por ZAMORA (2007).

Para el índice de Similitud se empleó la ecuación de SORENSEN (1948).

$$S = 2C / A + B$$

Donde: C: Número de géneros comunes para dos ecosistemas.

A: Número de géneros en el ecosistema A.

B: Número de géneros en el ecosistema B.

Resultados y discusión

En los tres sistemas hídricos fueron colectados un total 56 Géneros, 40 familias, 13 Órdenes, cuatro Clases (Turbellaria, Oligochaeta, Insecta y Crustácea), tres Phyla (Platyhelminthes, Annelida, y Arthropoda) (Tabla 1). Durante el tiempo de estudio, no se registraron de manera natural o por acción humana, alteraciones fuertes o graves del estado ecológico de estos tres ecosistemas que afectaran su estructura y dinámica, aspectos que a la fecha julio de 2014, permanecen invariables.

En el río Humadea, se colectaron representantes de 33 géneros en total (58,92%) siendo los más abundantes *Leptonema* (85 Ind.), *Baetis* (24 Ind.) y *Anacroneuria* (12 Ind.). El índice de diversidad de Shannon-Weaver obtenido en este sistema fue de 2,53, por lo tanto, en dicho ecosistema la diversidad es media-alta y el agua ligeramente contaminada, según este índice. Sin embargo, según el índice BMWP el valor es 211, por lo tanto, las aguas de este ecosistema se clasifican en la clase I, rango > 121, calidad muy buena y con característica de aguas muy limpias. Esta aparente contradicción se presenta en razón a que el índice de Shannon-Weaver, en primer lugar no fue diseñado para determinar calidad sino diversidad y se utiliza bajo la premisa que si la diversidad es alta entonces la calidad es buena, pero se conocen casos donde no se cumple. En segundo lugar, el índice Shannon-Weaver utiliza solo tres rangos o niveles para diversidad o calidad según el caso, mientras que el BMWP utiliza seis niveles y fue diseñado para evaluar calidad con base en el componente biológico.

En río Marayal se encontraron 47 géneros en total (83,92%), siendo los más abundantes *Anacroneuria* (86 Ind.) y *Leptonema* (53 Ind.). En este ecosistema se registró un índice de diversidad (H') igual a 2,72, es decir; diversidad media-alta y aguas ligeramente alteradas. Para este río el valor del índice BMWP es 274, por lo tanto, las aguas de este ecosistema se clasifican en la clase I, rango > 121, calidad muy buena y con característica de aguas muy limpias.

Tabla 1. Identificación taxonómica de los MAE colectados en los ríos: 1: Humadea, 2: Marayal y 3: Camoa.

Taxa	1	2	3	Taxa	1	2	3
Orden Tricladida				Orden Ephemeroptera			
Familia Planariidae				Familia Euthyplocidae			
Género Dugesia	*	*	*	Género Campylocia		*	*
Orden Oligochaeta				Familia Leptophlebiidae			
Familia Lumbricidae				Género Thraulodes	*	*	*
Género Lumbricus	*	*	*	Traverella		*	*
Orden Decapoda				Familia Baetidae			
Familia Palaemonidae				Género Baetodes	*	*	*
Género Macrobrachium	*	*	*	Dactylobaetis		*	*
Orden Neuroptera				Baetis	*	*	*
Familia Corydalidae				Familia Oligoneuriidae			
Género Corydalus	*	*	*	Género Lachlania	*	*	*
				Familia Tricorythidae			
				Género Leptohyphes	*	*	*
				Orden Hemiptera			
Orden Plecoptera				Familia Saldidae			
Familia Perlidae	*	*	*	Género Micracanthia	*	*	*
Género Anacroneria	*	*	*	Familia Naucoridae			
Orden Lepidoptera				Género Limnocoris	*	*	*
Familia Pyralidae	*	*	*	Ambrysus	*	*	*
				Pelocoris	*	*	*
				Cryphocricos	*	*	*
				Familia Veliidae			
Orden Diptera				Género Rhagovelia	*	*	*
Familia Chironomidae	*	*	*	Stridulivelia		*	*
Género Chironomus	*	*	*	Orden Coleoptera			
Familia Simuliidae	*	*	*	Familia Psephenidae			
Género Simulium	*	*	*	Género Psephenops	*	*	*
Familia Tabanidae	*	*	*	Familia Scirtidae			
Género Tabanus	*	*	*	Género Elodes	*	*	*
Familia Tipulidae	*	*	*	Familia Elmidae			
Género Tipula	*	*	*	Género Macrelmis	*	*	*
Hexatoma	*	*	*	Cyloepus	*	*	*
				Heterelmis	*	*	*
				Phanoserus	*	*	*
Familia Ceratopogonidae	*	*	*	Familia Ptilodactylidae			
Género Stilobezzia	*	*	*	Género Anchytarsus	*	*	*
Orden Tricoptera				Familia Chrysomelidae			
Familia Glossosomatidae				Género Donacia	*	*	*
Género Mortoniella	*	*	*	Orden Odonata			
Familia Hydroptychidae				Familia Libellulidae			
Género Leptonema	*	*	*	Género Dythemis	*	*	*
Smicridea	*	*	*	Orthemis	*	*	*
Familia Leptoceridae				Familia Lestidae			
Género Atanotica	*	*	*	Género Lestes	*	*	*
Familia Hydrobiosidae				Familia Coenagrionidae			
Género Atopsyche	*	*	*	Género Acanthagrion	*	*	*
Familia Odontoceridae				Argia	*	*	*
Género Marilia	*	*	*	Ischnura	*	*	*
Familia Hydroptilidae				Telebasis	*	*	*
Género Hydroptilae	*	*	*	Familia Calopterygidae			
Familia Philopotamidae				Género Hetaerina	*	*	*
Género Chimarra	*	*	*	Familia Gomphidae			
Familia Polycentropodidae				Género Progomphus	*	*	*
Género Policentropus	*	*	*	Familia			
Familia Helicopsychidae				Megapodagrionidae			
Género Helicopsyche	*	*	*	Género Megapodogrion	*	*	*
Orden Ortoptera							
Familia Blatidae							
Subtotal por río:							
Géneros					33	47	43
Familias					24	35	34
Órdenes					10	12	13
Clases					3	4	4
Phyla					3	3	3
Total: 56 Géneros, 40 Familias, 13 Órdenes, 4 Clases, tres Phyla							
Índice de Diversidad Shannon-Weaver H':					2.532.722.63		
Índice de Calidad Biológica BMWP:					211	274	257
Índice de Similitud Sorensen				Marayal - Camoa		81%	
Índice de Similitud Sorensen				Humadea - Marayal	57.5%		
Índice de Similitud Sorensen				Humadea - Camoa	56%		

En el sitio de muestreo del río Camoa se hallaron representantes de 43 géneros en total (76,8%), siendo los de mayor abundancia *Leptonema* (49 Ind.), *Anacroneria* (41 Ind.), *Thraulodes* (38 Ind.), *Smicridea* (29 Ind.) y *Criphocricos* (29 Ind.). Para el índice de diversidad (H') el valor registrado es 2,63 presentándose en el ecosistema diversidad media - alta y aguas poco alteradas. Para este río el valor del índice BMWP es 257, por lo tanto, las aguas de este ecosistema se clasifican en la clase I, rango > 121, calidad muy buena y con característica de aguas muy limpias.

Con base en las propiedades bioindicadoras de los MAE encontrados en los tres ecosistemas se puede decir en general, que estos poseen aguas limpias, poco contaminadas y con baja degradación de materia orgánica.

Con respecto al índice de similitud de Sorensen, los ríos que presentan mayor semejanza entre sus comunidades de macroinvertebrados son Marayal y Camoa 81%, los cuales poseen mayor número de Géneros en total. Los ríos Humadea y Marayal son un poco menos similares con un 57,5% y los ríos Humadea y Camoa tienen un porcentaje de similitud del 56% siendo los menos semejantes. Sin embargo, no se presenta mucha diferencia entre las tres comunidades de MAE debido a la semejanza entre las características físico-químicas hídricas que favorecen el desarrollo de la biota acuática.

A pesar de no ser objetivo del presente estudio, es importante anotar que las comunidades de macroinvertebrados de los ríos Humadea, Marayal y Camoa, poseen la gran mayoría de las especies reportadas en la composición de comunidades de otros ecosistemas lóticos del piedemonte Llanero, como es el caso de los ríos Uracoa, Yabo y Morichal largo (BLANCO, 2013) y de igual manera con la composición de macroinvertebrados del Morichal La Vieja (que incluye una laguna y una quebrada) (LONGO *et al.*, 2013).

También es importante reconocer que el término calidad (inclusive cuando del recurso agua se trata) es relativo, y solo adquiere sentido cuando se especifica o relaciona con el uso que se va a hacer de este recurso. Por ejemplo, un agua excelente para el consumo humano puede resultar inadecuada para riego de cultivos o cría de peces filtradores. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua es de mala calidad o está contaminada cuando sufre cambios físicos, químicos, biológicos (macro y micro) que perturban su uso real o potencial.

Parámetros fisicoquímicos hídricos.

Los parámetros fisicoquímicos del agua se presentan en las Tablas 2, 3 y 4. La temperatura ambiental de los tres cuerpos de agua muestreados manifiestan diferencias mínimas, dado que su ubicación altitudinal es similar, entre 450 y 503 msnm. La temperatura del agua fluctuó entre promedios de 22,8 y 25,7°C en estos ecosistemas, lo cual favorece la productividad primaria.

Tabla 2. Río Humadea. Parámetros físico-químicos hídricos.

Parámetros	Unidades	2003	2004	2005	2006	2007
T° ambiental	°C	27,1	29,2	28,5	29,0	28,5
T° hídrica	°C	24,0	26,5	25,0	24,3	25,7
Oxígeno disuelto	mg/L	6,6	7,1	7,3	7,0	6,9
Saturación de O ₂	%	80	85	86	85	84
CO ₂ disuelto	mg/L	1,5	1,5	1,2	1,1	1,0
pH	Unidades	6,2	6,0	6,2	5,8	6,1
Acidez total	mgCaCO ₃ /L	6,0	5,0	4,8	5,1	5,7
Alcalinidad total	mgCaCO ₃ /L	4,0	5,0	5,0	4,0	3,0
Dureza total	mgCaCO ₃ /L	12,3	19,1	32,4	16,7	23,1
Dur. carbonácea	mgCaCO ₃ /L	10,3	7,3	30,8	11,1	10,1
Conductividad	mSiemens /cm	30,0	30,0	36,0	20,0	33,0
SDT	mg/L	15,0	12,0	10,0	5,0	13,6
Amonio	mg/L	0,3	<0,01	0,3	0,4	0,2
Nitritos	mg/L	0,010	0,025	0,025	0,030	0,020
Nitratos	mg/L	1,0	15,0	18,0	8,0	11,0

Tabla 3. Río Marayal. Parámetros físico-químicos hídricos.

Parámetros	Unidades	2003	2004	2005	2006	2007
T° ambiental	°C	25,0	25,5	26,0	26,0	27,0
T° hídrica	°C	24,0	24,0	25,0	24,5	25,0
Oxígeno disuelto	mg / L	6,8	6,9	7,0	7,2	6,6
Saturación de O ₂	%	81	90	90	82	86
CO ₂ disuelto	mg / L	1,0	1,6	1,5	0,5	1,0
pH	Unidades	6,5	6,5	6,0	5,5	6,5
Acidez total	mg / L	2,0	2,0	3,0	3,5	2,5
Alcalinidad total	mgCaCO ₃ /L	2,0	4,0	4,0	2,5	3,0
Dureza total	mgCaCO ₃ /L	15,3	10,4	21,2	11,8	15,9
Dur. carbonácea	mgCaCO ₃ /L	11,0	9,5	11,8	10,7	13,6
Conductividad	mSiemens /cm	24,0	30,0	22,0	21,0	28,0
SDT	mg / L	6,0	5,0	5,0	5,0	6,0
Amonio	mg/LNH ₄	0,25	0,25	0,1	0,25	0,25
Nitritos	mg / L	0,05	0,03	0,01	0,02	0,02
Nitratos	mg / L	26,0	31,0	43,0	32,0	20,0

Con respecto al oxígeno disuelto (OD) y su porcentaje de saturación, en los tres sistemas hídricos la concentración fue en promedio 6,9 mg/L, que corresponde a un porcentaje de saturación del 84%, debido a la dinámica hídrica (velocidad de corriente e intercambio con el medio ambiente), bajo grado de concentración de materia orgánica e inorgánica; por lo cual existe poca demanda de este gas, favoreciendo el desarrollo y normal distribución de la biota acuática.

La concentración de gas carbónico en los ríos Humadea y Marayal fue en promedio de 1,1 mg/L, valor que

Tabla 4. Río Camoa. Parámetros físico-químicos hídricos.

Parámetros	Unidades	2003	2004	2005	2006	2007
T° ambiental	°C	27,5	27,0	28,0	28,5	28,0
T° hídrica	°C	23,0	22,8	24,0	23,0	25,2
Oxígeno disuelto	mg / L	6,5	8,0	6,9	6,9	6,1
Saturación de O ₂	%	80	91	80	80	75
CO ₂ disuelto	mg / L	2,0	2,0	2,5	2,5	2,0
pH	unidades	7,2	6,7	6,0	6,5	6,0
Acidez total	mg / L	2,0	3,0	3,0	2,5	2,6
Alcalinidad total	mgCaCO ₃ /L	6,0	5,0	6,0	5,0	3,0
Dureza total	mgCaCO ₃ /L	20,6	22,0	22,0	24,0	21,0
Dur.carbonácea	mgCaCO ₃ /L	10,8	11,8	12,0	12,0	14,0
Conductividad	mSiemens /cm	20,0	22,0	12,0	15,0	17,0
SDT	mg / L	12,0	15,0	16,0	15,0	18,0
Amonio	mg / LNH ₄	0,5	<0,01	0,8	0,1	0,3
Nitritos	mg / L	0,2	0,15	0,1	0,1	0,2
Nitratos	mg / L	9,0	37,5	25,0	15,0	32

corresponde a baja degradación de materia orgánica. Por otro lado, el río Camoa presentó un promedio de concentración de CO₂ un poco más alto (2,2mg/L), debido a que recibe más material alóctono (aguas residuales domésticas) y los procesos de degradación de materia orgánica se dan en mayor proporción. Los valores de pH son de tendencia ácido-neutra dentro de una variación de 6,0 a 7,0 unidades, causado principalmente por la presencia de gas carbónico disuelto. Estos registros permiten el normal desarrollo de la biota acuática.

En cuanto a la acidez total, los valores fluctuaron entre 2,0 y 6,0 mg/L y estuvieron en correspondencia con el contenido de gas carbónico disuelto. No se consideran limitantes para el desarrollo de los organismos acuáticos.

Los valores de alcalinidad total fueron en promedio 4,2, 3,1 y 5,0 mgCaCO₃/L, respectivamente para los ríos Humadea, Marayal y Camoa, esto revela que la mayor cantidad de gas carbónico esta combinado con H₂CO₃ y que la capacidad amortiguadora del medio es baja. Este valor se relaciona con los de acidez total, pH y con la naturaleza geoquímica de los sitios de muestreo.

Los datos de dureza total estuvieron entre 20,72, 14,92 y 21,92 mgCaCO₃/L clasificándose como aguas entre blandas y semiduras (OHLE, 1934), es decir medianamente productivas. Los valores de dureza total fueron relativamente más altos que los de dureza carbonácea. Por ello, los sistemas presentaron mediana capacidad amortiguadora y pH ligeramente ácidos.

La relación entre conductividad y sólidos disueltos totales reflejan el estado trófico del sistema. Según los datos obtenidos se puede decir que los tres ecosistemas

presentaron bajo porcentaje de actividad iónica, alta diversidad biótica y poca productividad natural.

El Amonio y los nitritos son considerados indicadores químicos de procesos de degradación de materia orgánica. Para estos parámetros, los valores más altos se registraron en el río Camoa ya que este recibe mayor cantidad de materia orgánica en degradación que los otros dos sistemas. No obstante, los valores no se consideran limitantes para la distribución de los organismos.

Los valores altos de nitratos se deben en parte al alto porcentaje de saturación de oxígeno lo que favorece la oxidación de la materia orgánica degradada por las bacterias aeróbicas que actúan en el ciclo del nitrógeno.

Conclusiones

Dado que el índice de diversidad (H') fluctúa entre 2,5 y 2,7, los tres sistemas hídricos presentan una diversidad de MAE media con tendencia a alta.

La similitud de las comunidades de MAE a nivel de géneros en los tres ecosistemas es media entre el río Humadea con los otros dos y alta entre los ríos Marayal y Camoa.

La calidad del agua determinada mediante el índice BMWP, fue más parecida con la caracterización de la calidad físico-química del agua que la del índice de Shannon-Weaver.

Comparando los resultados del índice BMWP con el análisis físico-químico hídrico y la apreciación directa, se puede inferir que las aguas de los tres ecosistemas son pobres en nutrientes, con escasa productividad primaria, poca degradación de materia orgánica, y baja capacidad amortiguadora, pero con gran saturación

de oxígeno disuelto, que favorece el desarrollo y distribución de la biota acuática. De acuerdo con esto; las aguas de estos sistemas se clasifican como oligotróficas y de buena calidad.

La mayoría de taxa (100% de los órdenes, 68% de las familias y el 46% de los géneros), que componen la comunidad de los ríos Uracoa, Yabo y Morichal largo (también del piedemonte Llanero pero más al oriente), se encuentran en los ríos Humadea, Marayal y Camoa, lo cual permite aseverar que se presenta una alta semejanza en este sentido, entre las comunidades de macroinvertebrados de las dos ternas de ríos. De igual manera sucede con la comunidad de macroinvertebrados del Morichal La Vieja (que incluye una laguna y una quebrada del mismo nombre), donde el 75% de los órdenes, 55% de las familias y el 53% de los géneros de la quebrada se encuentra en los ríos objeto de este estudio. No sucede igual con la comunidad de macroinvertebrados del Morichal (Laguna), donde solo el 50% de los órdenes, 15% de las familias y 13% de los géneros, están presentes en los ríos Humadea, Marayal y Camoa.

Las características físicas, químicas y biológicas de estos ríos se han mantenido invariables en gran medida, pues no se han registrado de manera natural o por acción humana, alteraciones fuertes o graves del estado ecológico de estos tres ecosistemas que alteraran su estructura y dinámica, no solamente durante el periodo de estudio, sino años antes y hasta la fecha (julio de 2014), de elaboración del presente artículo, tiempo que el autor ha frecuentado esta región.

Agradecimientos: El autor expresa su agradecimiento a la Universidad del Cauca por la financiación en general y la infraestructura para el desarrollo de la fase de identificación de los ejemplares en el Laboratorio de Recursos Hidrobiológicos Continentales.

Referencias

- ALLAN, J.D.; FLECKER, A.S.; SEGNINI S.; TAPHORN, D.C.; SOKOL, E.; KLING, G.W. 2006. Limnology of Andean piedmont rivers of Venezuela. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 25(1):66–81.
- ANDREA, J.; RADWELL, A.; BROWN, A.; BROWN, V. 2007. Benthic meiofauna assemblage structure of headwater streams: density and distribution of taxa relative to substrate size. *Aquat Ecol.* 42(3):405-414.
- BLANCO, L. 2013. Insectos acuáticos asociados a tres ríos de Morichal de los Llanos Orientales, cuenca del Orinoco, Venezuela. Págs. 165-180. En: *Morichales y Cananguchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia - Venezuela*. Parte I. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, Colombia.
- BOHÓRQUEZ, H., REINOSO, G.; GUEVARA, G. 2011. Distribución estacional del tamaño de *Anacroneuria* (Plecoptera: Perlidae) en un río tropical andino. *Rev. Col. Entomol.* 37(2):305-312.

CASTILLO, M.; ZAMORA, H. 1999. Evaluación del efecto generado por la extracción de arena sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y la calidad físico-química del agua en el río Los Robles, Departamento del Cauca. *Cespedesia* 23(73-74):79-98.

ECHEVARRÍA, G.; MARRERO, C. 2012. Determinación del estado ecológico del río Guanare, estado portuguesa, Venezuela, utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores. *Acta Biol. Venez.* 32(1):29-55.

ESCOBAR, A.; ZAMORA, H. 2012. *Identificación de las poblaciones de dípteros en aguas residuales de una porqueriza y selección de dos especies que producidas en compostaje sean susceptibles para alimentación suplementaria de peces.* Memorias XLVII Congreso Nacional de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas (24): suplemento 1.

FÉRIZ, D.; ZAMORA, H.; MOSQUERA, F. 2012. *Composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos asociados a Eichornia crassipes y Pistia stratiotes, en una madreveja del Valle del Cauca.* IX Seminario Colombiano de Limnología. Asociación Colombiana de Limnología (ACL-20 años, Neolimnos 10 años). 20 al 22 de Junio, Universidad Católica de Oriente, Universidad de Antioquia, EPM, Medellín, Colombia.

FERNÁNDEZ H.R.; DOMÍNGUEZ, E. (Eds.). 2010. *Guía para la Determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos.* Serie: Investigaciones de la UNT. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina. .

GUINARD, J. DEL C.; RÍOS, T.; BERNAL, J. A. 2013. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, Provincia de Chiriquí, República de Panamá. *Rev. Gestión y Ambiente*16(2): 61-70.

HANSON, P.; SPRINGER, M.; RAMÍREZ, A. 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Rev. Biol. Trop* 58(4): pp 3-37.

LADRERA, R.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. 2013. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: Una herramienta didáctica. *Ikastorratza. E-Revista de Didáctica* 1:1-18.

LONGO, M.; CEBALLOS, V. E.; ZAMORA, H.; VÁSQUEZ, G. 2004. Diversidad, similitud y Carácter bioindicador de los Macroinvertebrados Acuáticos Epicontinentales de tres Ecosistemas lóticos en el Piedemonte Llanero. *Unicauca Ciencia* (8):15-20.

LONGO, M., GÓMEZ, A.M.; BLANCO, J.F.; ZAMORA, H. 2009. Cambios multianuales y espaciales de la composición de la estructura del ensamble de insectos acuáticos en las quebradas perennes de la Isla Gorgona, Colombia. *Actual Biol* 31 (91): 141-160. ISSN 0304-3584.

LONGO, M.; ZAMORA, H.; GUISANDE, C.; RAMÍREZ, J.J. 2010. Dinámica de la comunidad de macroinvertebrados en la quebrada Potrerillos (Colombia): Respuesta a los cambios estacionales de caudal. *Limnética* 29(2):195-210.

LONGO, P., PÉREZ, C., MEDINA, M., FORERO, L.C., RAMÍREZ, J.J. 2013. Contribución al conocimiento de los macroinvertebrados acuáticos de un morichal del piedemonte andino orinoquense colombiano. Págs. 181-194. En: Lasso, C., Rial, A.; González, V. (Eds.). *VII. Morichales y Canangunchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia - Venezuela.* Parte I. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, Colombia..

NAUNDORF, G.; ZAMORA, H.; FIGUEROA, A.; CASTILLO, J.; JÁCOME, F. 1.990. *Contribuciones al conocimiento de los flujos de materia y energía en los ecosistemas. Caso río Palacé, Municipio de Totoró.* Informe. Universidad del Cauca, Departamento de Biología. Popayán.

OHLE, W. 1934. Chemische und physikalische untersuchungen norddeusher seen. *Arch. Hydrobiol.* 36:386-464.

OSORIO D.; CARO, C.; OLIVEROS, A., GUTIÉRREZ L. 2011. *Macroinvertebrados acuáticos del río Orotoy – Tomo II.* Clave ambiental ilustrada. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia.

PRAT, N.; RÍOS, B.; ACOSTA, R.; RIERADEVALL, M. 2001. *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas.* Publicaciones especiales. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán, Argentina.

- QUIÑONES, M.; RAMÍREZ, J.; DÍAZ, A. 1998. Estructura numérica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos derivadores en la zona de rital del río Medellín. *Actual Biol.* 20(69):75-86.
- RAMÍREZ, D. F.; TALERO, G. M.; LÓPEZ, R. H. 2013. Macroinvertebrados bentónicos y calidad del agua en un tramo del río Bogotá. *Rev. U.D.CA Act. & Div. Cient.* 16(1):205-214.
- RODRÍGUEZ, J.; OSPINA, R.; BERRÍO, M.; CEPEDA, B.; CASTELLANOS, G.; VALENCIA, M. 2006. Variación diaria de la deriva de macroinvertebrados acuáticos y de materia orgánica en la cabecera de un río tropical de montaña en el departamento de Nariño, Colombia. *Acta Biol. Colomb.* 11(1): pp 47-53.
- RODRÍGUEZ, J.; OSPINA, R.; GUTIÉRREZ, J.D.; OVALLE, H. 2007. Densidad y biomasa de macroinvertebrados acuáticos derivantes en una quebrada tropical de montaña (Bogotá, Colombia). *Caldasia* 29(2):397-412.
- ROLDAN, G. 1988. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Fondo FEN. Colombia - Colciencias - Universidad de Antioquia. Bogotá, Colombia.
- SARZOSA, E.; ZAMORA, H.; VÁSQUEZ, G.L.; CHILITO, M.X.; SERNA, M. 2001. *Importancia de los Macroinvertebrados acuáticos, en la dieta natural de las especies ícticas, Prochilodus reticulatus, (Steindachner 1878), Pimelodus grosskopfii, (Steindachner 1880), en el río Cauca, entre el sitio de presa embalse La Salvajina y el puente La Balsa, Departamento del Cauca*. Tesis del Departamento de Biología. Universidad del Cauca. Colombia.
- 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.
- SERNA, M., ZAMORA, H. 2004. Biogeografía y Relaciones de Similitud entre las poblaciones de Macroinvertebrados Acuáticos Epicontinentales en un Transecto Cauca-Meta. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* 16(1):71-79.
- SERNA, M.; ZAMORA, H.; VÁSQUEZ, G.L.; CHILITO, M.X.; SARZOSA, E.Z.; PRADO, A. 2000. Caracterización ecológica preliminar de la especie íctica *Ichthyoelephas longirostris* en el río Cauca, sector comprendido entre el puente La Balsa y Suárez, departamento del Cauca. *Unicauca Ciencia* (5):43-51.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. The University of Illinois Press. Urbana, USA.
- SORENSEN, T.A. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. *Biol. Skr., K. Danske Vidensk Selsk* 5: 1-34.
- SPRINGER, M. 2010. Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical* 58(4):53-59
- TURCOTTE, P.; HARPER, P.P. 1982. Drift Patterns in a High Andean Stream. *Hidrobiologia* 89:141-151.
- VELASCO, F.R.; OROZCO, V.A.; ZAMORA, H. 2010. Influjo de algunas variables Ecohidráulicas sobre la distribución y la abundancia de los Macroinvertebrados acuáticos en un sector del río Palacé. *Unicauca Ciencia* (13):103-118.
- ZAMORA, H., NAUNDORF, G. 1990. *Efecto Excluyente de la Contaminación Doméstica sobre los Macroinvertebrados Acuáticos del Río Molino (Popayán) durante una década*. Resúmenes XXV Congreso Nacional de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. Melgar, Tolima, Colombia.
- ZAMORA, H. 1991. *Macroinvertebrados dulceacuícolas en los diferentes pisos altitudinales del Dpto. del Cauca. Fase I*. Universidad del Cauca – Colciencias, Dpto. de Biología. Popayán, Colombia.
- ZAMORA, H. 1993. *Macroinvertebrados dulceacuícolas en los diferentes pisos altitudinales del Dpto. del Cauca. Fase II*. Universidad del Cauca – Colciencias, Dpto. de Biología. Popayán, Colombia.
- ZAMORA, H. 1995. Relaciones de Similitud entre comunidades de macroinvertebrados dulceacuícolas de ecosistemas lénticos, ubicados entre la Costa Pacífica Caucana y el Piedemonte Amazónico. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* 9(1-2):7-21.

- ZAMORA, H.; ROESSLER, E. 1995. Descripción morfológica y taxonómica de una nueva especie de *Anacroneuria* (Insecta-Plecoptera). *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* 9(1-2):85-91.
- ZAMORA, H. 1996. Aspectos bioecológicos de las comunidades de macroinvertebrados dulceacuícolas en el Departamento del Cauca. *Unicauca Ciencia* 1:1-11.
- ZAMORA, H., NAUNDORF, G; VÁSQUEZ, G.L. 1996. Macroinvertebrados dulceacuícolas del Parque Natural Nacional Isla Gorgona, Departamento del Cauca. *Unicauca Ciencia* 1:12-18.
- ZAMORA, H.; ROESSLER, E. 1997. Número de estadios nayadales, Ciclo biológico y Patrón de crecimiento de *Anacroneuria caucana* (Insecta-Plecoptera). *Unicauca Ciencia* 2:15-24.
- ZAMORA, H. 1997. Niveles de alteración de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río Molino por efecto de las actividades antrópicas y la contaminación doméstica. *Unicauca Ciencia* 3:35-46.
- ZAMORA, H. 1998. Evaluación rápida de la calidad ambiental en ecosistemas lóticos mediante el análisis de sus macroinvertebrados. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* 10(1-2):22-26.
- ZAMORA, H. 2000. Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia. *Unicauca Ciencia* 4:47-59
- ZAMORA, H.; SARRIA, H. 2001. Calidad biológica de dos ecosistemas lóticos afectados por aguas residuales de rallanderías de yuca, mediante la utilización de sus macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, comparando además la aplicación de los índices de Shannon-Weaver y BMWP. *Unicauca Ciencia* (6):21-42.
- ZAMORA, H. 2002. Análisis biogeográfico de los Macroinvertebrados Acuáticos Epicontinentales (MAE) en el Departamento del Cauca. Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* 14(1):37-64.
- ZAMORA, H. 2007. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* 19:73-81.
- ZAMORA, G.H. 2010. Importancia de los Macroinvertebrados Acuáticos Epicontinentales, en la dieta natural de tres especies ícticas nativas del río Patía, Departamento del Cauca. *Unicauca Ciencia* (13):65-75.
- ZAMORA, G.H.; SANDOVAL, J.A.; VÁSQUEZ, G.L.; NAUNDORF, G.; ZAMBRANO, L.; GONZÁLEZ, J. 2011. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados y caracterización de la calidad del agua mediante bioindicación en la cuenca baja del río ovejas. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* (24):81-89.
- ZAMORA, M.A.; ZAMORA, H. 2013. *Análisis comparativo de comunidades de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales entre cuencas hidrográficas del Departamento Cauca, Colombia*. Memorias XVII Congreso Mesoamericano de Biología y Conservación. VII Simposio de Zoología. Palacio de las Convenciones. La Habana, Cuba. Septiembre 16 al 20. Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación, Sociedad Cubana de Zoología. Cuba.
- ZAMORA, H.; ZAMORA, M.A. 2013. *Composición y riqueza de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales en cuencas hidrográficas del Departamento del Cauca, Colombia*. Memorias XVII Congreso Mesoamericano de Biología y Conservación. VII Simposio de Zoología. Palacio de las Convenciones. La Habana, Cuba. Septiembre 16 al 20. Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación, Sociedad Cubana de Zoología. Cuba.