

DINÁMICA MULTIANUAL DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS BENTÓNICOS EN LA QUEBRADA VEGAS DE LA CLARA

DINAMIC MULTIANNUAL OF THE AQUATIC BENTIC MACROINVERTEBRATES IN THE VEGAS DE LA CLARA STREAM

YIMMY MONTOYA MORENO¹, NÉSTOR AGUIRRE RAMÍREZ², ORLANDO CAICEDO², JAIME PALACIO²

RESUMEN

Se evaluó la biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada Vegas de la Clara, Antioquia, Colombia y se analizó su dinámica durante cinco años (2005-2009). Se identificaron los coriotos de cada estación y se tomaron muestras para análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua. Se encontraron 59 géneros incluidos en 38 familias y cuatro phyla. Los odonatos y tricópteros fueron los órdenes más abundantes con un 20.7% del total cada uno. Se capturaron 1028 organismos y las familias *Hydropsychidae* (23.4%), *Veliidae* (11.8%) y *Perlidae* (9.2%) representaron un 44.4% de todos los organismos encontrados. Pese a que las aguas presentan una buena calidad biológica (BMWP/Col medio=128.8, ASPT=5.1) se observó una disminución gradual en la calidad del agua y un aumento en la concentración de fósforo, lo que favorece la consolidación de un ensamblaje más tolerante al incremento en la carga de materia orgánica y a la mineralización, y el predominio de las familias *Hydropsychidae*, *Veliidae* y *Perlidae*. No se evidenció relación entre las concentraciones de microorganismos con ninguna de las variables e índices empleados en el estudio.

Palabras clave: ASPT; BMWP/Col; Evaluación multianual; Macroinvertebrados acuáticos.

ABSTRACT

We evaluated macroinvertebrate diversity in Las Vegas stream, Antioquia, Colombia. We analyzed dynamics in a period of five years (2005-2009). Choriotope structure was identified for each stream's station and sample. Biological and microbiological analyses were taken too. 1028 insects were captured, belonging to 59 genera and 38 families and four phyla. Odonata and Trichoptera were the most abundant orders with a total of 20.7% each one. Families *Hydropsychidae* (23.4%), *Veliidae* (11.8%) and *Perlidae* (9.2%) account for 44.4% of all organisms founded. Although waters have a good biological quality (BMWP/Col mean=128.8, ASPT=5.1). Through the years we have found a gradual decrease in water quality and an increase in phosphorus concentration. This may cause a macroinvertebrate assembly more tolerant to increase of organic matter and minerals concentration where families *Hydropsychidae*, *Veliidae* and *Perlidae* are predominant. There wasn't enough evidence to relate microorganism's concentration and variables and indices used in this study.

Keywords: ASPT; BMWP/Col; Multiannual evaluation; Aquatic macroinvertebrates.

INTRODUCCIÓN

Pese a la alta riqueza hídrica de Colombia, no se han documentado de manera suficiente los efectos de las actividades antrópicas sobre los ambientes acuáticos por la ausencia de trabajos continuos

(Montoya-Moreno 2008). Los macroinvertebrados acuáticos se han empleado como bioindicadores en los estudios de la calidad del agua y en los monitoreos ambientales. Este tipo de estudio se caracteriza porque se realiza en «dos épocas contrastantes» del año y en una menor proporción, en campañas de

1. Grupo de investigación GAIA, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
e-mail: yimmymontoya3@hotmail.com

2. Profesor, Grupo de investigación GAIA, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
e-mail: naguirre@udea.edu.co ocaicedo@udea.edu.co japalaci@udea.edu.co

Fecha de recibido: Junio 9, 2010

Fecha de aprobación: Septiembre 29, 2010

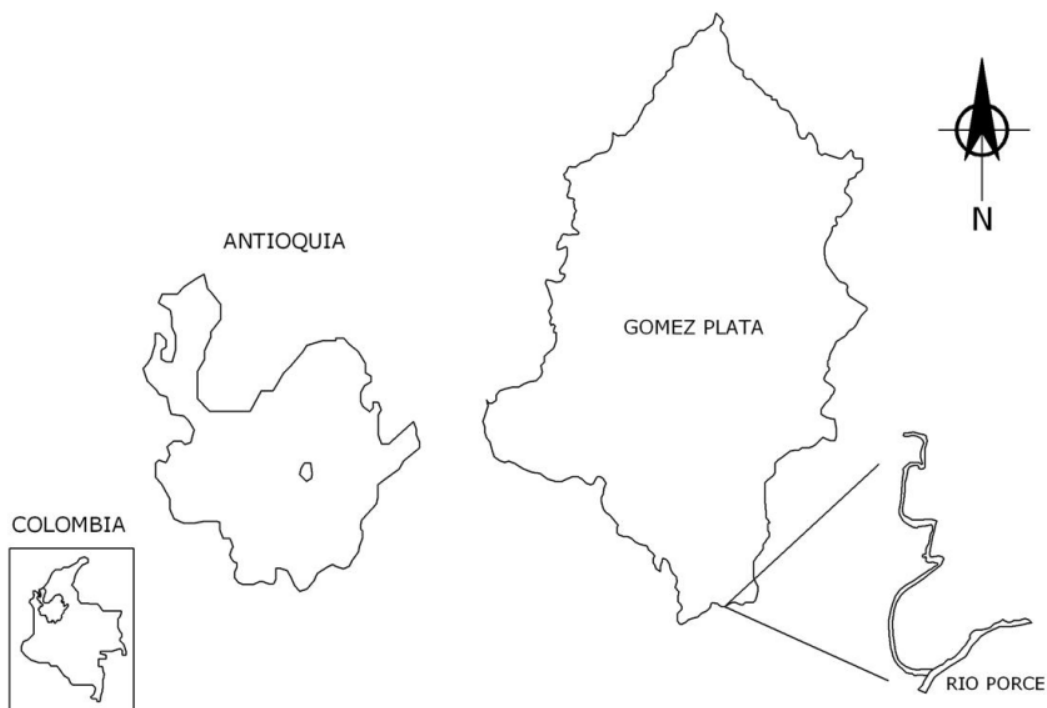


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

monitoreo mensuales que cubran varios puntos de la cuenca. No obstante, algunos investigadores consideran que los índices biológicos presentan dependencia estacional, asociada con los cambios de temperatura del agua (Murphy 1978), por lo que los estudios multianuales son de gran importancia.

Conocer nuestra biodiversidad acuática, no sólo es una tarea de línea base, sino que permite realizar evaluaciones ambientales con mejor grado de resolución, porque se pueden evaluar los efectos de una obra sobre la estructura de la comunidad. El objetivo de este trabajo es evaluar la biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada Vegas de la Clara y analizar su dinámica en un período de cinco años, con el fin de generar elementos de discusión en cuanto a la estructuración de la comunidad en el tiempo y su relación con las actividades antrópicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La cuenca de la quebrada Vegas

de La Clara ($6^{\circ}35'2.9''\text{N}$ y $75^{\circ}11'55''\text{W}$) se ubica en la vereda La Clara del municipio de Gómez Plata (Figura 1). La fuente de agua está conformada por la unión de las quebradas Guaico y Piedras, y tributa sus aguas al río Porce. El área de estudio se ubica en la zona de vida Bosque Húmedo Premontano (bh-PM), entre 1000 y 1080 msnm con una temperatura promedio de 27°C , precipitación de 1800 mm/año, con dos períodos marcados de lluvia de marzo a mayo y de agosto a noviembre.

La zona está constituida por rocas ígneas del Batolito Antioqueño de edad Cretácico Superior. En el lecho de la quebrada la meteorización física produce una arena limosa de grano grueso y color crema, con minerales como *Biotita*, *cuarzo*, *Horblenda* y algo de *Feldespatos*; hay gran abundancia de arenas negras (*Ilmenita*, *oligisto* y *Magnetita*), lo que evidencia la presencia de minerales preciosos. Morfológicamente, se clasifica como una zona de pie de monte (Aguirre *et al.* 2004). La topografía según estos autores es ondulada con pequeñas terrazas formadas por los depósitos del río Porce. La

quebrada presenta pendiente alta y gran velocidad de la corriente en las partes superiores y terrazas en la parte inferior, donde la pendiente se suaviza. En esta última zona, se observa en el sedimento la presencia de fragmentos de magnesio y de hierro (ferromagnésico).

Los muestreos se realizaron en la Hacienda Vegas de la Clara de la Universidad de Antioquia. Mientras los suelos de la margen derecha de la quebrada en dirección aguas abajo son adecuados a la ganadería y la avicultura, en la margen izquierda se observan potreros y bosques intervenidos. La cobertura vegetal está constituida por un mosaico de diferentes estados sucesionales.

Muestreo. Desde junio de 2005 hasta junio de 2009 se realizó un muestreo anual en la quebrada, en dos zonas de muestreo localizadas a 20 m una de la otra y separadas por un dique pequeño, que fue construido para comunicar las dos riberas de la quebrada y facilitar el transporte en la zona, sin que se presente interrupción del flujo de agua. *In situ* se evaluaron caudal (m^3/s), temperatura del agua ($^{\circ}C$), oxígeno disuelto (mg/l), conductividad eléctrica ($\mu S/cm$), pH (unidades de pH), dureza (mg/l) y concentración de CO_2 disuelto (mg/l). También se tomaron muestras de agua para el análisis de nitritos ($N-NO_2$), nitratos ($N-NO_3$), ortofosfatos ($P-PO_4$) y los coliformes totales y fecales (UFC/100 ml) en los laboratorios de ingeniería sanitaria y del grupo GAIA de la Universidad de Antioquia.

Para la captura de los macroinvertebrados acuáticos la intensidad de muestreo fue de 30 minutos por unidad y una distancia longitudinal del punto de 10 m a cada lado; se usó la red triangular o D-net para los lechos y contracorrientes, la red de pantalla para el centro de la quebrada y recolección manual. Se hicieron batidas con las redes en todos los microhábitats identificados en el sector. El material se colocó en bolsas plásticas marcadas con anterioridad; se le adicionó alcohol al 70% y se guardó en nevera para su posterior análisis.

En el laboratorio se separaron los insectos acuáticos del material orgánico mediante el uso de tamices y pinzas entomológicas y se realizó la determinación taxonómica de los macroinvertebrados hasta familia, con la ayuda de estereoscopios Zeiss y Kruss y las claves especializadas de (Wiggins 1977; Mc Cafferty 1981; Merritt y Cummins 1986; Roldán 1988; Machado 1989; Fernández y Domínguez 2001; Gómez *et al.* 2003). Con el listado de familias se determinó el índice Biological Monitoring Working Party adaptado para Colombia (BMWP/Col) y el average species per taxa (ASPT) para cada estación y para cada fecha de muestreo (Arango *et al.* 2008; Roldán 2003). La estructura de la comunidad de macroinvertebrados se determinó a través de los índices de diversidad (Shannon y Weaver 1963), equitatividad (Pielou 1975), dominancia (Simpson 1949) y riqueza numérica de taxones (N_0).

Tratamiento de los datos. Los datos se sometieron a un análisis exploratorio mediante el uso de estadísticos de tendencia central (media aritmética y rango) y de dispersión (desviación estándar y coeficiente de variación relativa de Pearson). Para explicar la dependencia entre variables se efectuó un análisis de regresión y correlación lineal no paramétrico de Spearman. El análisis de componentes principales (ACP) se empleó para detectar patrones de organización de los índices biológicos y su relación con las variables físicas, químicas y microbiológicas evaluadas, para lo que se usó el programa Statgraphics 5.0.

RESULTADOS

Caracterización del cauce. La quebrada presentó variaciones altas en su sección transversal a lo largo del cauce, lo que generó gradientes de velocidad y variaciones de microhábitat. En la zona 1 el sustrato estuvo compuesto por arenas finas provenientes de rocas cuarzo feldespáticas graníticas, tipo Batolito Antioqueño, clasificadas como rocas ígneas (cuarzo y feldespato), biotita, moscovita, óxidos de

hierro (limonitas), hornablendas y fragmentos de rocas (esquistos, cuarzo). El ecosistema en esta parte posee varias zonas de rápidos y algunas de remansos en donde se recolectaron muestras. Se observó vegetación en los litorales, compuesta en su mayoría por plantas arbustivas que comprenden vegetación nativa y algunas zonas con presencia de pastizales.

En el segundo punto de muestreo, el sustrato presente estuvo conformado por arenas gruesas, grava y rocas. La influencia generada por el dique aguas arriba de este punto, influye en el tipo de sustrato, por el efecto cascada producido por la estructura, lo que favorece la remoción constante del agua, que no permite la sedimentación de los sólidos y partículas sedimentables por el aumento de la velocidad de la corriente; la presencia de grava, arena y rocas con gran volumen fijadas al suelo, son evidencias de esto.

Condiciones físicas, químicas y microbiológicas. Las aguas son cálidas y poco mineralizadas con un pH circunneutral. El caudal es bajo; estas condiciones son características de riachuelos, no obstante, la presencia de contaminación por coliformes, genera restricciones para su uso (Tabla 1).

Las aguas presentan una concentración alta y poco variable de oxígeno disuelto. La temperatura del agua y el pH son poco variables durante los muestreos. Las variables físicas, el caudal y la conductividad eléctrica presentan las mayores variaciones temporales. Al comparar las variables químicas del agua, la concentración de nutrientes alcanza los mayores valores de fluctuación, porque presenta valores que van desde condiciones oligotróficas (junio/05) a eutróficas (junio/06).

Macroinvertebrados acuáticos. Durante los cinco muestreos que se realizaron, se encontraron 1028 ejemplares que representan 59 géneros pertenecientes a 38 familias y a cuatro phyla (Tabla 2). Los

odonatos y tricópteros fueron los órdenes más abundantes (20.7% del total de géneros cada uno). Las familias *Hydropsychisidae* (23.4%), *Veliidae* (11.8%) y *Perlidae* (9.2%) representan una fracción importante de los organismos capturados (44.4%).

Como se evidencia en la Figura 2 en los años 2005 y 2006 predominaron *Rhagovelia* sp (Hemíptera) y *Smicridea* sp (Trichoptera). En el 2007 *Hetaerina* sp (Odonata) y *Rhagovelia* sp presentaron la mayor abundancia. En el muestreo del 2008, *Mortoniella* sp (Trichoptera) alcanzó cerca de 40% de la abundancia total. En el 2009, *Smicridea* sp mostró la mayor abundancia alcanzando un 50%, *Rhagovelia* casi desapareció y fue reemplazado por *Leptonema* sp (Trichoptera).

Durante el estudio la comunidad de macroinvertebrados acuáticos evidenció baja variación (CV <25%), se evidencia una tendencia a la disminución de la calidad biológica del agua reflejada en la disminución del número de géneros registrados, disminución en los índices de diversidad, equidad, BMWP/Col y un aumento en el índice de dominancia (Tabla 3).

El análisis de correlación múltiple mostró relaciones significativas entre los índices comunitarios, el BMWP/Col y el ASPT con algunas variables fisicoquímicas (nutrientes y pH), no obstante, las variables microbiológicas no presentaron correlaciones con ninguna variable evaluada en esta investigación (Tabla 4). El análisis de componentes principales recogió 74.2% de la variabilidad total de los datos en los primeros dos ejes (Figura 3). El primer componente (49.9%) se asoció de manera positiva con la dominancia, los fosfatos y el pH, y de forma negativa con los índices BMWP, H', J, el CO₂ y el oxígeno (Tabla 5). El segundo componente (24.3%) se asoció con el caudal, la conductividad y algunos nutrientes (nitritos y nitratos), el BMWP y la riqueza de taxones.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados del BMWP/Col y el ASPT las condiciones ambientales de la quebrada Vegas de La Clara son aceptables. Sin embargo, se evidencia una tendencia hacia la disminución gradual de la calidad biológica del agua en el tiempo. Esta situación podría alcanzar niveles críticos en el futuro; por tanto se deberían detectar las fuentes de contaminación con el fin de reducir el ingreso de cargas contaminantes en la quebrada.

En general, las variaciones en la estructura y composición de la fauna de macroinvertebrados acuáticos a mediano y largo plazo podrían estar relacionadas con disturbios asociados con la deforestación y con cambios en la cantidad de la materia orgánica particulada fina en el lecho de los ambientes acuáticos (Davies *et al.* 2005), porque la fauna acuática en pequeños ríos es más susceptible a cambios en las coberturas boscosas y en los usos del suelo, que las de sistemas de orden superior.

El efecto de la deforestación sobre las fuentes de agua (Campbell y Doeg 1989) permite documentar que los cambios primarios que se suceden en el ecosistema se deben a fluctuaciones en la hidrología, geomorfología, transporte de sedimentos, dinámica de los nutrientes y flujos de carbono. Como resultado de estos cambios, se afectan de manera negativa el comportamiento, los sucesos reproductivos, las tasas de crecimiento, las interacciones bióticas y en última instancia, la diversidad.

El incremento de los niveles de fósforo y coliformes podría constituir un indicador del grado de deterioro del ecosistema. El aumento paulatino en los niveles de contaminación

Tabla 1
Variables físicas, químicas y microbiológicas

	Fecha					Promedio	Rango	DE	CV
	21/06/2005	07/06/2006	26/06/2007	21/06/2008	11/08/2009				
Temperatura ambiente (°C)	29,5	28	27	26	24	26,9	5,5	2,07	7,71
Temperatura agua (°C)	22,7	21,1	23,7	23	24	22,9	2,9	1,13	4,95
Conductividad eléctrica (µS/cm)	67,1	47,3	115	61,3	59,6	70,06	67,7	26,14	37,31
pH (unidades de pH)	6,9	7,02	6,8	7,1	7,38	7,04	0,58	0,22	3,15
Caudal (m³/s)	1,68	1,48	2,9	1,9	1,52	1,896	1,42	0,59	30,86
Nitritos (mg/l)	0	0	0,1	0,0014	0,00214	0,020708	0,1	0,04	214,10
Nitratos (mg/l)	0,18	10	3	0,1	0,05	2,666	9,95	4,29	160,80
Fosfatos (mg/l)	0,03	0	0,001	0,11	1,2	0,2682	1,2	0,52	194,93
Dureza total (mg/l)	40,00	22	50	22	22	31,2	28	13,08	41,94
Oxígeno disuelto (mg/l)	7,5	7,9	7,8	6,26	5,94	7,08	1,96	0,91	12,90
CO ₂ (mg/l)	13,2	9,68	13,2	11	6,6	10,736	6,6	2,76	25,69
Coliformes totales (UFC/100 cm³)	160000	160000	160000	1600000	92000	434400	1508000	652255,16	150,15
Coliformes fecales (UFC/100 cm³)	3300	7900	11000	11000	7900	8220	7700	3157,06	38,41

Tabla 2
Lista de organismos encontrados en la
Quebrada Vegas de la Clara

Taxa	
<i>Parargyactis</i> sp	<i>Trepobates</i> sp
Lepidoptero sp1	<i>Nerthra</i> sp
<i>Baetodes</i> sp	<i>Donancia</i> sp
Efemeroptero sp1	<i>Cylloepus</i> sp
Efemeroptero sp2	<i>Macrelmis</i> sp
<i>Dactylobaetis</i> sp	<i>Heterelmis</i> sp
<i>Leptohyphes</i> sp	<i>Optioservus</i> sp
<i>Tricorythodes</i> sp	<i>Anchytarsus</i> sp
<i>Thraulodes</i> sp	<i>Psephenops</i> sp
<i>Terpides</i> sp	<i>Mortoniella</i> sp
<i>Leptohyphes</i> sp	<i>Protoptilla</i> sp
<i>Lachlania</i> sp	<i>Helicopsyche</i> sp
<i>Dythermis</i> sp	<i>Smicridea</i> sp
<i>Brechmorhoga</i> sp	<i>Leptonema</i> sp
<i>Macrothemis</i> sp	<i>Marilia</i> sp
<i>Erythrodiplax</i>	<i>Nectopsyche</i> sp
<i>Sympetrum</i> sp	<i>Atanatolica</i> sp
<i>Anax</i> sp	<i>Grumichella</i> sp
<i>Coryphaeshna</i> sp	<i>Triplectides</i> sp
<i>Hetaerina</i> sp	<i>Polycentropus</i> sp
<i>Acanthagrion</i> sp	<i>Anacroneuria</i> sp
<i>Phyllogomphoides</i> sp	<i>Maruina</i> sp
<i>Progomphus</i> sp	Chironomiidae sp1
<i>Corydalus</i> sp	Chironomiidae sp2
<i>Rhagovelia</i> sp	<i>Simulium</i> sp
<i>Belostoma</i> sp	<i>Limnaea</i> sp
<i>Lethocerus</i> sp	<i>Aylacostoma</i> sp
<i>Pelocoris</i> sp	<i>Pomacea</i> sp
<i>Limnocoris</i> sp	Planariidae
<i>Heleocoris</i> sp	<i>Dugesia</i> sp
<i>Brachymetra</i> sp	<i>Aelosoma</i> sp

del agua de la quebrada, favorece la consolidación de un ensamblaje más tolerante al incremento en la carga de materia orgánica y a la mineralización, y la sustentación de las familias Hydropsychidae, Veliidae y Perlidae, predominantes hasta hoy, que son consideradas indicadoras de aguas de buena calidad (Roldán 2003).

Las larvas de *Smicridea* sp (Hydropsychidae) construyen redes con materiales minerales y orgánicos, que son relativamente grandes y cuyo tamaño aumenta con la edad, al tiempo que las larvas pasan a ser micrófagas carnívoras (Mc Cafferty 1981; Merritt y Cummins 1986). Según Roldán y Ramírez (2008) la mayoría de los tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal acumulado.

Los organismos del género *Rhagovelia* sp (Hemiptera) se encuentran en remansos de los ríos y en ambientes leníticos con abundante vegetación (Roldán y Ramírez 2008). El comportamiento de «agregación», al que se le puede atribuir su mayor abundancia (Morales-Castaño y Molano-Rendón 2008), se da sobre todo para mejorar la captura de las presas y según Andersen (1982), es un método eficaz al evitar ataques de los depredadores (Spence y Andersen 1994) citados en (Morales-Castaño y Molano-Rendón 2008). Las larvas de *Anacroneuria* sp (Plecoptera) viven en aguas rápidas, limpias y bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas (Roldán y Ramírez 2008) y son muy sensibles a la contaminación.

Se identificó una tendencia creciente en el tiempo del valor de la dominancia y decreciente de los resultados de los índices BMWP/Col y de la riqueza numérica de taxones. Entre los índices comunitarios, la dominancia presenta la mayor variación durante el estudio. Esto se puede deber al efecto de la variación natural de la comunidad y su respuesta al incremento paulatino de la contaminación.

Investigadores encontraron que el índice BMWP estuvo influido por un gran número de variables, tales como temperatura, pH, caudal, conductividad, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, carbono orgánico disuelto, iones como el calcio, magnesio, sodio, cloro, potasio, hierro, cobre, zinc, níquel, pesticidas, detergentes, aceites y grasas, la altitud y la pendiente (Zamora-Muñoz *et al.* 1995). En esta investigación se encontró una relación entre el

Tabla 3
Índices comunitarios y de calidad biológica del agua

Muestreo	Riqueza	Diversidad	Equidad	Dominancia	BMWP/Col	ASPT
21/06/2005	22	2.69	0.87	0.07	127	5.77
07/06/2006	34	2.73	0.77	0.08	151	4.44
26/06/2007	26	2.63	0.81	0.10	130	5.00
21/06/2008	28	2.62	0.79	0.08	121	4.32
11/08/2009	18	1.63	0.59	0.29	115	6.39
Promedio	25.6	2.46	0.766	0.12	128.8	5.18
Rango	16	1.1	0.28	0.22	36	2.07
Desviación estándar	6.07	0.47	0.11	0.09	13.68	0.88
Coef. de variación	23.70	18.95	13.74	75.50	10.62	17.06

Tabla 4
Lista de correlaciones entre las variables evaluadas

Relación	R
ASPT-riqueza de taxones	-0.92
BMWP/Col-NO ₃	0.95
Caudal-conductividad	0.97
Caudal-NO ₂	0.96
CO ₂ -Equidad	0.94
CO ₂ -pH	-0.94
Conductividad-dureza	0.88
Conductividad-NO ₂	0.96
Dominancia-fosfatos	0.99
Dominancia-diversidad	-0.99
Diversidad-fosfatos	-0.94
Equidad-fosfatos	-0.94
Fosfatos-pH	0.88
Equidad-pH	-0.89

* Sólo se presentan la relaciones con $p < 0.05$

BMWP/Col y la concentración de nitratos.

Aunque no se conocen estudios sobre la variación natural a mediano plazo de la comunidad de macroinvertebrados de ambientes lóticos en Colombia, el área de estudio y muy probablemente para los ríos de bajo orden, se produce variación de los patrones de dominancia entre diferentes elementos de la

Tabla 5
Correlaciones de las variables con los componentes principales 1 y 2

Variable	Eje 1	Eje 2
BMWP/Col	-0.22	0.26
Caudal	-0.15	-0.38
Gas carbónico	-0.29	-0.17
Coliformes fecales	0.01	-0.15
Coliformes totales	0.01	0.02
Conductividad eléctrica	-0.12	-0.41
Dominancia	0.31	-0.07
Dureza	-0.2	-0.33
Fosfatos	0.32	-0.04
Diversidad	-0.32	0.08
Equidad	-0.30	-0.02
Nitratos	-0.15	0.27
Nitritos	-0.14	-0.36
Riqueza	-0.21	0.24
Oxígeno disuelto	-0.3	0.04
pH	0.32	0.13

comunidad y en la medida en que las condiciones de contaminación sea baja, esta tendencia registra un orden natural (bajas dominancias, riquezas y valores del BMWP altos), valores asociados con la disponibilidad de coriotos en cada sistema. Otros factores importantes en la estructura son el tipo de sustrato, la deriva y la emergencia de los macroinvertebrados.

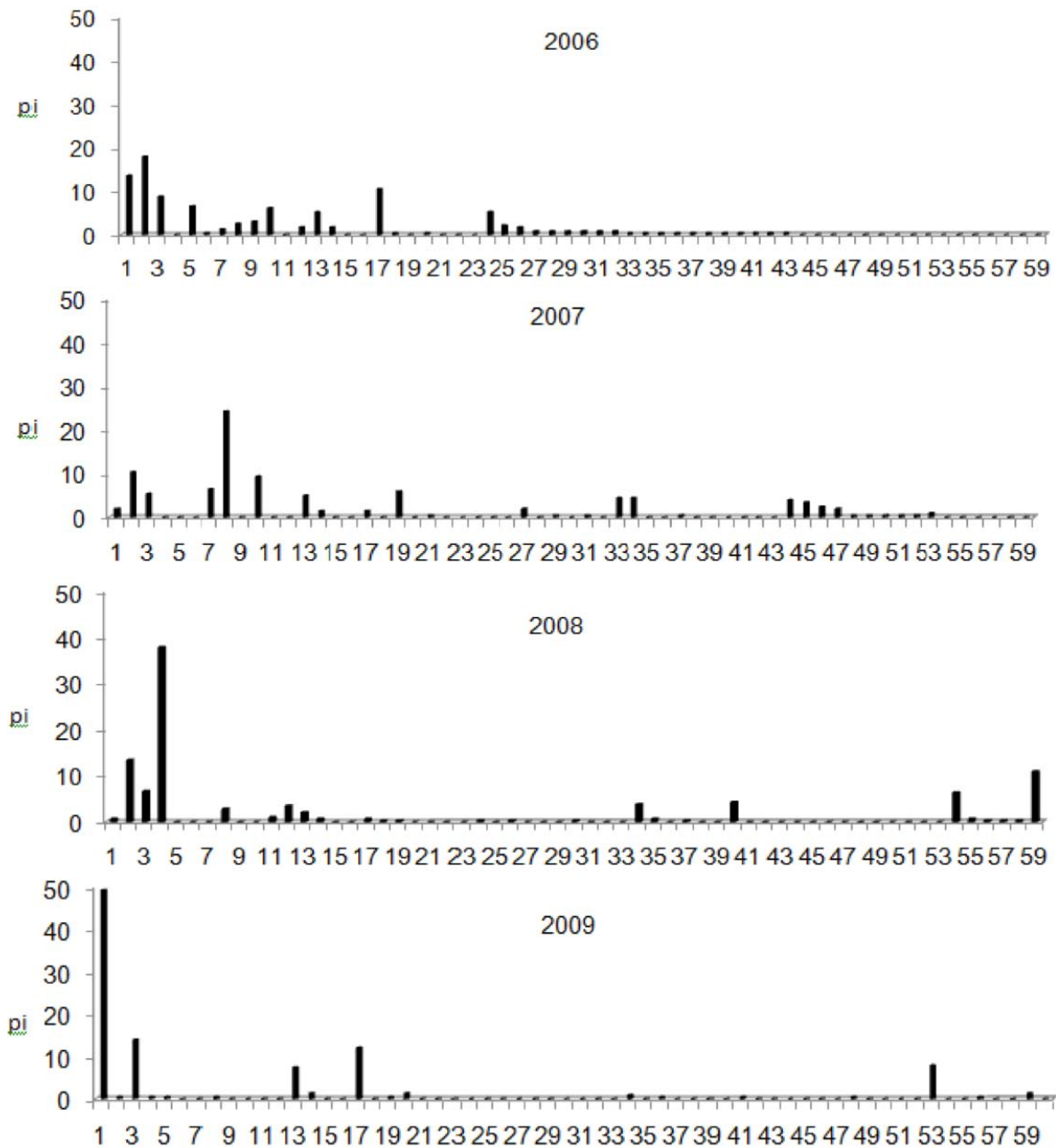


Figura 2. Variación en la abundancia relativa y composición de la comunidad de insectos acuáticos en el ciclo multianual.

Morfoespecies: 1. *Smicridea* sp; 2. *Rhagovelia* sp; 3. *Anacroneuria* sp; 4. *Mortoniella* sp; 5. *Leptohyphes* sp; 6. *Lethocerus* sp; 7. *Brechmorhoga* sp; 8. *Hetaerina* sp; 9. *Baetodes* sp; 10. *Limnocois* sp; 11. *Neptosyche* sp; 12. *Atanotolica* sp; 13. *Corydalus* sp; 14. *Progomphus* sp; 15. *Pelocoris* sp; 16. *Anax* sp; 17. *Leptonema* sp; 18. *Cylloepus* sp; 19. *Phyllogomphoides* sp; 20. *Lymnaea* sp; 21. *Pomacea* sp; 22. *Polycentropus* sp; 23. *Aelosoma* sp; 24. *Camelobaetis* sp; 25. *Heleocoris* sp; 26. *Simulium* sp; 27. *Belostoma* sp; 28. *Erythrodiplax* sp; 29. *Heterelmis* sp; 30. *Anchytarsus* sp; 31. *Donancia* sp; 32. *Coryphaesna* sp; 33. *Helicopsyche* sp; 34. *Thraulodes* sp; 35. *Tricorythodes* sp; 36. *Grumichella* sp; 37. *Macrothemis* sp; 38. *Brachymetra* sp; 39. *Macrelmis* sp; 40. *Chironomidae* sp; 41. *Acanthagrion* sp; 42. *Maurina* sp; 43. *Marilia* sp; 44. *Trepobates* sp; 45. Turbellaria sp; 46. *Aylacostoma* sp; 47. *Dythemis* sp; 48. *Lacchlania* sp; 49. *Optioservus* sp; 50. *Psephenops* sp; 51. *Pyralidae* sp1; 52. *Triplectides* sp; 53. *Paragyraetis* sp; 54. *Dactylobaetis* sp; 55. *Planariidae* sp; 56. *Terpides* sp; 57. *Leptophlebidae* sp; 58. *Nerthra* sp; 59. *Protoptila* sp.

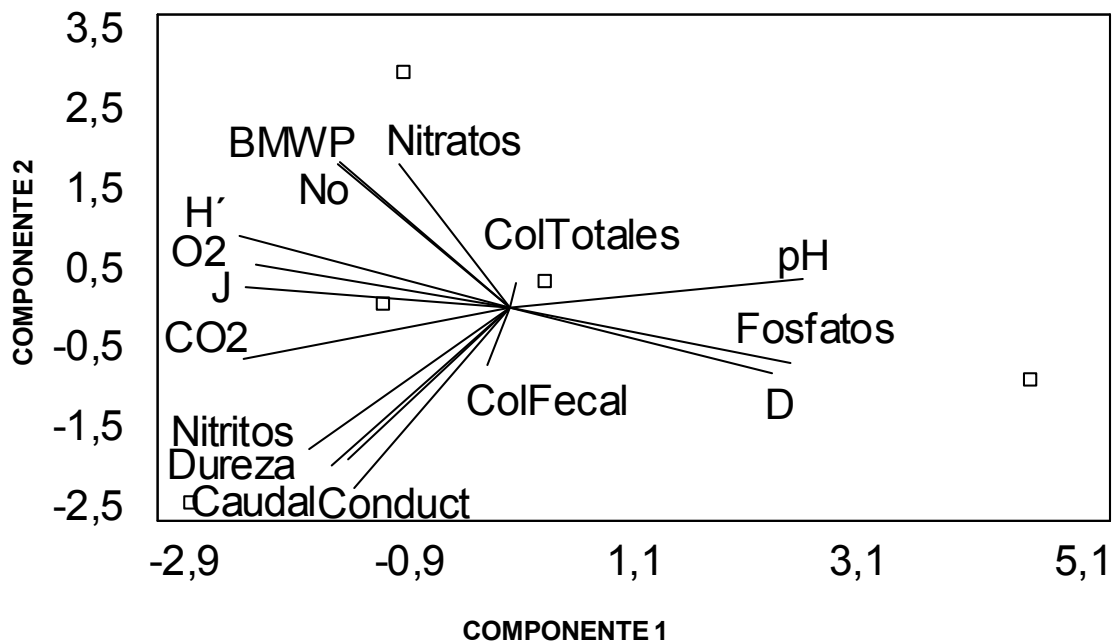


Figura 3. Resultados del análisis de componentes principales.

Durante los cinco años de estudio no se ha modificado el sustrato en la zona de muestreo, además que se tomó material en los mismos coriotopos. Sobre el efecto de la deriva en una quebrada tropical de montaña (Rodríguez-Barríos *et al.* 2007) encontraron que la densidad de deriva al igual que el aporte de biomasa de los macroinvertebrados fue mayor durante el período de bajas precipitaciones. Mientras los dípteros (quironómidos) y los ácaros presentaron la mayor densidad de deriva, los tricópteros (*Triplectides*) aportaron la mayor biomasa a la deriva. En ciclo diario, no se presentaron diferencias en la densidad ni en la biomasa en la deriva. Investigadores colombianos (Rúa-Rivillas y Roldán-Pérez 2008) evaluaron la emergencia de insectos acuáticos en ecosistemas con diferente tipo de cobertura vegetal y encontraron que el mayor número de individuos emergió en el período seco (julio-agosto).

Teniendo en cuenta esta información y que los muestreos se realizaron siempre en el mes de junio, se podrían considerar la variación de la estructura y composición de la comunidad de insectos acuáticos respecto a los factores anteriores como mínima,

aunque las variaciones climáticas pueden hacer que se genere mayor variabilidad en las respuestas de las comunidades. También se debe tener en cuenta que, para una mejor aproximación a la dinámica de la comunidad, se debería acompañar la fluctuación anual de evaluaciones de la deriva y de la emergencia, pero no se conoce que esto se haya realizado hasta ahora en el país, porque demanda mayor esfuerzo y logística.

Aunque se evidencia una ligera disminución de la calidad biológica en la investigación (índices BMWP/Col, ASPT y concentración de coliformes), los insectos acuáticos predominantes en el estudio son indicadores de buena calidad del agua. Mientras la concentración de coliformes totales se incrementa con el tiempo, la concentración de coliformes fecales no muestra esta tendencia.

Las concentraciones de microorganismos no presentaron relación con ninguna de las variables e índices empleados en el estudio, en especial porque estarían asociados con fuentes de contaminación difusa, que no son detectadas por el tipo de muestreo planteado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las ingenieras sanitarias Adriana Castellón, Nubia Valverde, Verónica Arana y al estudiante de Ingeniería Sanitaria Carlos Jaramillo, quienes durante los muestreos se desempeñaron como monitores, y a los estudiantes del curso de Hidrobiología Sanitaria de la Universidad de Antioquia por el acompañamiento en la toma de muestras y discusión de los resultados. De igual manera al grupo de investigación GAIA, al laboratorio de Química Sanitaria y al departamento de Haciendas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia, Medellín.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, N., Palacio, J., Wills, A. (eds). 2004. *Caracterización de los principales aspectos fisicobióticos de la microcuenca de la quebrada La Vega, municipio de San Roque, Antioquia*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Arango, M. C., Álvarez, L. F., Arango, G. A., Torres, O. E., Monsalve, A. J. 2008. Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista EIA*. 9: 121-41.
- Campbell, I.C., Doeg, T. J. 1989. Impact of timber harvesting and production on streams: a review. *Austr J Marine Freshwater Res.* 40: 519-39.
- Davies, P.E., Cook, L. S. J., McIntosh, P. D., Munks, S. A. 2005. Changes in stream biota along a gradient of logging disturbance, 15 years after logging at Ben Nevis, Tasmania. *Forest Ecol Managt.* 219: 132-48.
- Fernández, H. R., Domínguez, E. (eds). 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán: Editorial Universitaria de Tucumán.
- Gómez, M. I., Álvarez, L. F., Roldán, G., Velásquez, D. P., Peláez, E. 2003. *Determinación de los valores de bioindicación de los moluscos de agua dulce y taxonomía de la familia Hydrobiidae (Gastropoda: Rissoidea) en Colombia*. Rionegro: Universidad Católica de Oriente.
- Machado, T. 1989. *Distribución ecológica e identificación de los coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Mc Cafferty, W. P. 1981. *Aquatic entomology*. Boston: Science Books International.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3ª ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Co.
- Montoya-Moreno, Y. 2008. Caracterización de la biodiversidad acuática de la calidad de las aguas de la quebrada Los Andes, El Carmen de Viboral, Antioquia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó*. 27: 4-10.
- Morales-Castaño, I. T., Molano-Rendón, F. 2008. Heterópteros acuáticos del Quindío (Colombia): Los infraórdenes Gerromorpha y Nepomorpha. *Rev Colomb Entomol.* 34 (1): 121-8.
- Murphy, P. M. 1978. The temporal variability in biotic indices. *Environ Poll.* 17: 227-36.
- Pielou, E. C. 1975. *Ecological diversity*. New York: Wiley.
- Rodríguez-Barrios, J., Ospina-Torres, R., Gutiérrez, J. D. 2007. Densidad y biomasa de macroinvertebrados acuáticos derivantes en una quebrada tropical de montaña (Bogotá, Colombia). *Caldasia*. 29(2): 397-412.
- Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Bogotá, DC: Fondo FEN-Colombia, Colciencias-Universidad de Antioquia.
- Roldán, G. 2003. *Bioindicadores de la calidad del agua en Colombia, propuesta para el uso del BMWP/Col*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Roldán, G., Ramírez, J. J. 2008. *Fundamentos de limnología neotropical*. 2ª ed. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Rúa- Rivillas, J.C., Roldán-Pérez G. 2008. Estudio de emergencia de insectos acuáticos en las zonas de bosque ripario, bosque plantado y pastos, Abejorral (Antioquia, Colombia). *Rev Acad Colomb Cien.* 32: 105-23.
- Shannon, C. E., Weaver, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Illinois: University of Illinois Press.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*. 163: 698.
- Wiggins, G. B. 1977. *Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)*. Toronto: University of Toronto.
- Zamora-Muñoz, C., Sáinz-Cantero, C., Sánchez-Ortega, A., Alba-Tercedor, J. 1995. Are biological indices BMPW' and ASPT' and their significance regarding water quality seasonally dependent? Factors explaining their variations. *Water Res.* 29: 285-90.