



VARIACIÓN ESPACIAL EN LA ESTRUCTURA Y GRUPOS FUNCIONALES DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA QUEBRADA LA CHAPA, SANTANA, BOYACÁ

SPATIAL VARIATION IN THE STRUCTURE AND FUNCTIONAL GROUPS
OF THE AQUATIC MACROINVERTEBRATES IN LA CHAPA STREAM,
SANTANA, BOYACÁ

*Ángela Judith Motta Díaz**
*Laura Andrea Ortega Corredor***
*Yeina Milena Niño Fernández****
*Karen Lizeth Pulido Herrera*****
*Alcibiades Escárraga Saavedra******

Recepción 12 /03/2010
Evaluación 04/05/2011
Aprobado 06/06/2011

Resumen

A fin de conocer la composición y la estructura cuantitativa y funcional de los macroinvertebrados acuáticos en la quebrada La Chapa, hicimos un muestreo entre el 8 y 9 de octubre de 2010 mediante descriptores como la densidad y la biomasa, en

* Semillero XIÉ Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos, UDESA; estudiante Programa en Ciencias Biológicas Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

** Semillero XIÉ Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos, UDESA; estudiante Programa en Ciencias Biológicas UPTC.

*** Semillero XIÉ Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos, UDESA; estudiante Programa en Ciencias Biológicas UPTC.

**** Estudiante Programa en Ciencias Biológicas UPTC.

***** Estudiante Programa en Ciencias Biológicas UPTC. E-mail autores: angelitaconejon@gmail.com

tres zonas localizadas sobre un tramo de 300m. del cauce. Las muestras biológicas se obtuvieron con red de pantalla y con red Surber. Simultáneamente medimos temperatura, conductividad eléctrica, alcalinidad, pH, Oxígeno, saturación de Oxígeno y caudal. Hallamos 16 familias, con mayor representación en los órdenes Diptera y Ephemeroptera. Observamos diferencias en la composición por zona y una reducción progresiva en la riqueza de morfotipos. En cuanto a los grupos funcionales por biomasa, advertimos que en la zona uno dominó el hábito colector raspador, en la zona dos, el herbívoro-detritívoro y en la zona tres, el filtrador y colector-filtrador. La conductividad eléctrica y el pH fueron las variables ambientales que presentaron mayor variabilidad espacial. La variación en la biomasa de los grupos funcionales dominantes se relacionó con cambios de pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, y, por ende, con alteraciones en las condiciones de calidad ambiental del sistema. Comprobamos una alta heterogeneidad espacial reflejada en diferentes expresiones estructurales y funcionales de los macroinvertebrados acuáticos.

Palabras clave: Quebrada La Chapa, macroinvertebrados, biomasa, variación BMWP`col.

Abstract

With the purpose to know the composition and the quantitative and functional structure of the aquatic macroinvertebrates in La Chapa stream, we did a sampling through descriptors such as density and biomass, from 8 and 9 October 2010, in three zones located on a stretch of 300 m from the river. Biological samples were obtained with net screen and net Surber. Simultaneously we measured the temperature, electrical conductivity, alkalinity, pH, oxygen, oxygen saturation and flow. 16 Families were found with greater representation in the order Diptera and Ephemeroptera. We observed differences in the composition zone and a progressive reduction in the richness of morphotypes. With regard to the



functional groups by biomass, we noticed that in the zone one dominated the scraper collector habit, in the zone two, the herbivores detritivores, and in the zone three, the filter and filter-collectors. Electrical conductivity and pH were the environmental variables that had higher spatial variability. The variation in biomass of dominant functional groups was related to changes in pH, electrical conductivity and dissolved oxygen, and consequently with the changes in the environmental quality of the system. It was determined a high spatial heterogeneity reflected in different structural and functional expressions of aquatic macroinvertebrates.

Key words: La Chapa stream, macroinvertebrates, biomass. variation, BMWP`col.

Introducción

La heterogeneidad física y química, incluyendo el sustrato y la velocidad de la corriente en el canal de un río, son factores importantes que pueden influir en la diversidad biótica de este (Roldán, 1992); de igual manera, las comunidades biológicas dependen de las condiciones físicas y químicas de sus aguas (Esteves, 1988; Posada *et al.*, 2000).

Algunas de estas comunidades se alimentan de materia orgánica en forma de detritus (MOD) que incluye todas las formas orgánicas, como hojas caídas, residuos productos, cadáveres de animales que conforman la materia particulada gruesa (MOPG) y la materia orgánica particulada fina, constituida por la dinámica del río (MOPF). Dependiendo de la manera como obtienen el alimento, estas comunidades forman grupos funcionales así: trituradores que se alimentan de MOPG, colectores y recolectores que se alimentan de MOPF, herbívoros que raspan perifiton y biopelículas o perforan macrófitas, y depredadores que muerden y perforan otros animales (Tomanova *et al.*, 2006; Allan & Castillo, 2007).

Los parámetros utilizados para la evaluación de la calidad de aguas son en su mayoría de carácter físico y químico, y no reflejan las posibles alteraciones que hallan sucedido tiempo atrás; en consecuencia, los macroinvertebrados acuáticos acumulan esta información. Por ello son considerados como los mejores bioindicadores de la calidad del agua, debido, entre otros aspectos, a su tamaño, a su amplia distribución, además de tener ciclos de vida relativamente largos y acoplarse a las condiciones físico-bióticas desarrollando estrategias de adaptación. Como resultado, la vigilancia y control de la contaminación del agua se complementa con organismos bioindicadores (Roldán, 1996; Posada et al., 2000; Tomanova et al., 2006; Allan & Castillo, 2007).

Este concepto está desarrollado en algunos sistemas con el índice de integridad trófica y la estructura de grupos funcionales (FFGs), que podría formar parte de una medida unificada por medio de las diferencias en la composición taxonómica de las comunidades (Tomanova et al., 2006), además de medir diversidad, equidad, abundancia, biomasa y especies indicadoras (Rosenberg & Resh, 1993). Los anteriores estimadores pueden reflejar el impacto antrópico sobre el ecosistema (Ortiz, 2005), por lo tanto su valoración es imprescindible.

El objetivo del presente trabajo es determinar la composición y la estructura cuantitativa y funcional de los macroinvertebrados mediante descriptores como la densidad y la biomasa, e, igualmente, evaluar el uso de esta información como potencial indicador local del estado de calidad ambiental en un tramo de la quebrada La Chapa, que está ubicada en el municipio de Santana, departamento de Boyacá.



Materiales y métodos

Área de estudio

Este estudio se desarrolló en la quebrada La Chapa, localizada en la cuenca hidrográfica del río Suárez, en la vereda San Pedro de Santana, Boyacá. Las coordenadas son: 6° 02' 85" Norte y 73° 29' 26" Oeste, con una altura de 1650 m.s.n.m. La zona presenta una temperatura media entre 18 y 23°C, lluvias anuales de 1700 mm aproximadamente, con un régimen bimodal de máximas precipitaciones en los meses de mayo y octubre, y mínimas en diciembre y enero. Santana tiene una estructura geomórfica de rocas sedimentarias, abundantes concreciones calco-piritosas y delgadas intercalaciones de calizas grasosas, en la fase arenosa hay alternancia de areniscas arcillosas de grano fino con lutitas negras a amarillentas. Las formaciones vegetales que se pueden encontrar en Santana son bosques de montaña, bosque húmedos subtropicales y bosques muy húmedos subtropicales (EOT-Santana, 2006; IGA, 1996).

Diseño de muestreo

El trabajo se llevó a cabo entre octubre 8 y 9 de 2010. Se seleccionaron tres zonas en un tramo de 300 metros de la quebrada (Fig. 1), teniendo en cuenta los cambios en la estructura vegetal. Observamos que la zona 1 presentaba plantas de bambú y algunas palmas, mientras que las zonas 2 y 3 no mostraban mayor diferencia, con presencia de árboles, herbáceas y arbustos.

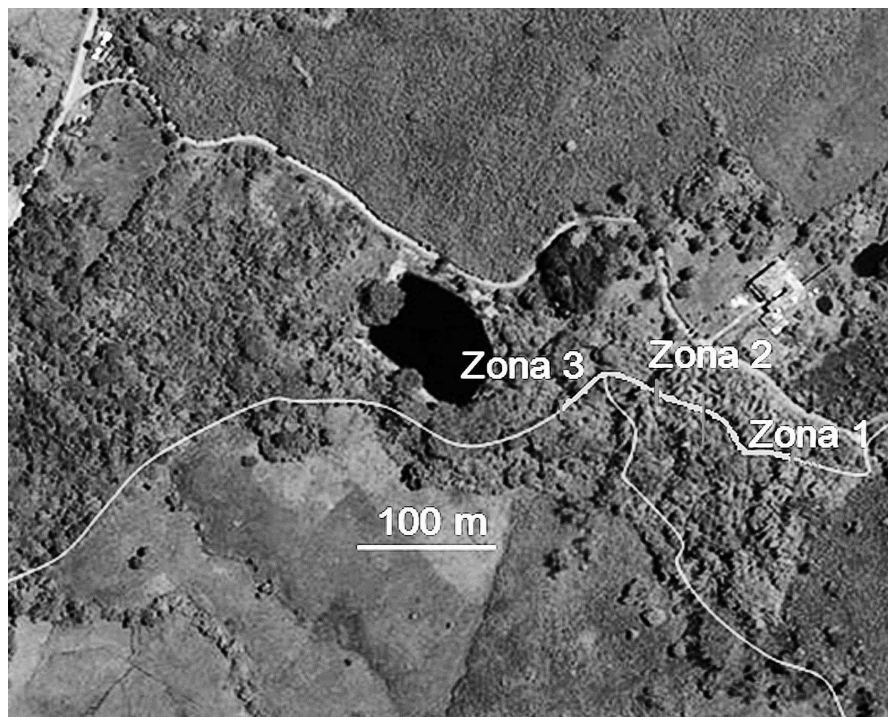


Fig. 1. Ubicación del tramo de estudio, quebrada La Chapa, Santana, Boyacá. Las zonas se muestran en secuencia, según la dirección de la quebrada. Tomado de: earth.google.com. 2010.

Variables biológicas

Las muestras cualitativas se tomaron con red de pantalla de 500 μm de ojo de malla. Para las muestras cuantitativas se utilizó una red Surber con un área de 900 cm^2 y tres réplicas para cada estación tomadas en las partes más profundas del tramo, según lo expuesto por Rueda (2002).

Los especímenes fueron preservados en alcohol al 70% (Wetzel & Likens, 1991). La identificación taxonómica se efectuó a nivel de Familia, y en algunos casos, como en los ácaros y los oligoquetos, a nivel superior, utilizando las claves de Merrit y Cummins (1978), Mc Cafferty y Provonsha (1981), Roldán (1996), y Fernández & Domínguez (2001).



La biomasa se halló mediante la metodología sugerida por Wetzel y Likens (1991), que consistió en introducir los individuos separados por taxón en un horno a temperatura de 105 °C durante cuatro horas y después pesarlos en una balanza analítica de marca Ohaus adventur Ar 1530-260, sensibilidad miligramos.

Variables físicas y químicas

Para caracterizar la condición física y química de la quebrada, cada cuatro horas medimos en cada estación: pH y temperatura con pH-metro Hanna, conductividad eléctrica con conductivímetro Hanna, concentración de Oxígeno y saturación de Oxígeno con Oxímetro YSI, la alcalinidad y dureza total mediante el Kit Aqua-Merck. El Caudal se estimó para cada zona por medio de la relación área de sección y velocidad de flujo (Hauer & Lamperti, 1996).

Tratamiento de los datos

Para los datos físicos y químicos utilizamos estadística descriptiva (promedio y coeficiente de variación) y estadística inferencial, mediante la prueba de Kruskal-Wallis para estimar diferencias espaciales para cada variable, con el programa Statgraphics Plus 2.0.

La riqueza de especies se determinó con el índice de riqueza de Margalef (D_a).

$$D_a = (s - 1) / \log N,$$

Donde s = número de especies y N = total del número de individuos de la comunidad.

Complementado con índices que tienen en cuenta la proporción de individuos de las especies frente al total de individuos como Dominancia de Simpson (I);

$$l = \sum n_i (n_i - 1) / N (N - 1)$$

Donde: n_i = número de individuos de cada especie
y Heterogeneidad de Shannon-Weaner (H')

$$H' = \sum - p_i \log p_i$$

Donde $p_i = n_i / N$.

Se evaluó el índice de equitatividad, ya que éste considera la distribución de los individuos entre las especies (Brower *et al.*, 1989).

$$J' = H' / H \max'$$

Donde $H \max' = \log s$

Los grupos funcionales se determinaron con las relaciones tróficas propuestas por Merrit y Cummins (1978).

Hicimos un análisis de agrupamiento para conocer el patrón de afinidad en la composición taxonómica entre zonas; como medida de similaridad utilizamos el índice de Jaccard. Para la biomasa y los grupos funcionales la medida de similaridad fue la distancia Euclídea y el método de agrupamiento el ligamiento promedio (Krebs, 1989). Este análisis se hizo mediante el programa Statgraphics Plus 2.0.

Aplicamos el índice ecológico de calidad BMWP'col (Biological Monitoring Working Party, modificado para Colombia), (Roldán, 2003). Este consiste en sumar las puntuaciones asignadas a los distintos taxones encontrados en las muestras, citados en una lista elaborada al respecto. La mayor o menor puntuación asignada a un taxón está en función de su mayor o menor sensibilidad a la contaminación orgánica y al déficit de oxígeno, ya que este tipo de contaminación es frecuente en la mayor parte de los ríos y quebradas.



Resultados

VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS

La información física y química de las tres zonas expresó un comportamiento heterogéneo (Tabla 1). EL pH mostró valores entre 5,9 y 6,3, y la zona uno fue la que presentó mayor acidez. La conductividad mostró valores entre $98 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, y $175 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, y la zona 3 tuvo mayor valor. La alcalinidad osciló entre 1,1 y 1,8 mM/l de CaCO_3 , y en la zona 3 se estimó la mayor alcalinidad. La saturación de Oxígeno fluctuó entre 52,8% y 55,9%, siendo la zona 2 la que presentó el valor más alto. La zona 1 tuvo los mayores CV, con cambios significativos durante el ciclo nictemeral en la conductividad eléctrica y la alcalinidad (Tabla 1).

El pH, la conductividad eléctrica y la alcalinidad expresaron diferencias espaciales significativas, lo que indica que existe heterogeneidad importante en estas condiciones del hábitat (Tabla 1).

Tabla 1. Variables físicas y químicas: promedio, coeficiente de variación y test de Kruskal-Wallis (KW) por zona.

Variables	Z1		Z2		Z3		KW	p
	promedio	CV %	promedio	CV %	promedio	CV %		
pH	6,3	5,6	5,9	3,9	5,9	3,4	6,161	0,0459
Temperatura °C	19,5	8,3	19,1	4,0	19,3	4,1	0,075	0,9632
Conductividad eléctrica $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	170	28,8	98	23,2	175	10,9	7,121	0,0028
Oxígeno $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	4,9	10,5	5,2	8,2	5,1	7,1	0,8429	0,6561
Saturación %	52,8	8,4	55,9	7,8	55,3	6,7	1,003	0,6057
Alcalinidad $\text{mM}\cdot\text{l}^{-1}$	1,6	18,0	1,1	17,1	1,8	4,5	8,441	0,0147
Velocidad m/s	0,26		0,51		0,62			
Caudal m^3/s	0,04		0,18		0,72			

VARIABLES BIOLÓGICAS

Se registraron 16 taxones (Tabla 2). La mayor riqueza se presentó en Efemerópteros y Dípteros con tres familias para cada uno. Según el criterio de composición (Fig. 2 A) la zona 1 presentó menor similaridad con respecto a las zonas 2 y 3.

Tabla 2. Macroinvertebrados colectados en un tramo de la Quebrada La Chapa.

Orden	Taxones	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Annelida	Oligochaeta			+
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	+	+	+
	Baetidae	+	+	+
	Tricorythidae	+		
Odonata	Libellulidae		+	
	Coenagrionidae	+		
Hemiptera	Mesovellidae	+		
Coleoptera	Ptilodactylidae		+	
	Elmidae		+	
Trichoptera	Hidropsychidae	+	+	+
Lepidoptera	Pyrallidae		+	
Diptera	Simuliidae	+	+	+
	Ceratopogonidae	+		
	Tipulidae	+		
Araneae	Anaurobidae	+		
Crustacea	Asellidae			+
	TOTAL	10	8	6



VARIACIÓN ESPACIAL EN LA ESTRUCTURA
Y GRUPOS FUNCIONALES DE LOS
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA
QUEBRADA LA CHAPA, SANTANA, BOYACÁ

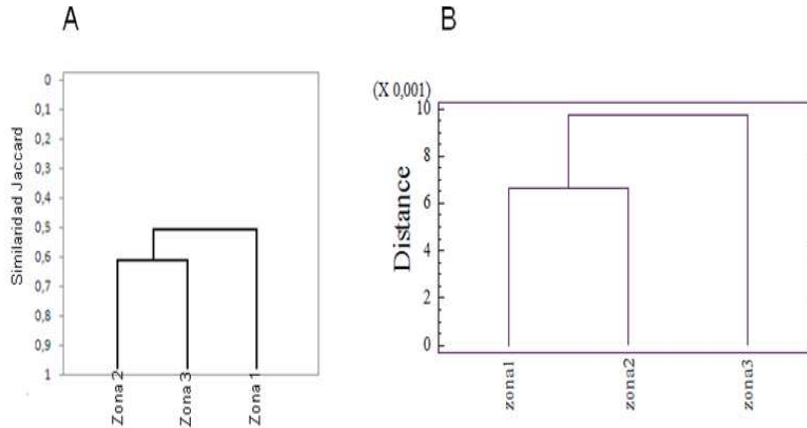


Fig. 2. Dendrograma según: A. Composición y B. grupos funcionales y biomasa.

Respecto a la densidad, el orden que dominó en el tramo de estudio fue Ephemeroptera con un total de 5 individuos/900 cm² y una biomasa de 0,192 g (Tabla 3). Las Familias Leptophlebiidae y Baetidae fueron las más representativas y equitativas en cuanto a densidad, con 2 individuos/900cm², a pesar de ello, Leptophlebiidae aportó mayor biomasa que Baetidae (0,11 y 0,058 g respectivamente). En consecuencia, existió una diferencia en cuanto a la dominancia de taxones dependiendo del criterio: densidad o biomasa.

La zona que aportó mayor biomasa total fue la tres, con un total de 0,17 g, seguida de la zona uno con 0,13 g (Tabla 3).

La zona 3 presentó el mayor número de individuos con la Familia Baetidae como grupo dominante (Tabla 3), también esta zona expresó la mayor riqueza y equitatividad (Tabla 4). La zona 1 tuvo la mayor dominancia con la Familia Leptophlebiidae (Tabla 3); por consiguiente, la menor equitatividad y menor riqueza, siendo esta la menos diversa (Magurran, 1988).

Tabla 3. Densidad (Individuos/900cm²) y biomasa (gramos/900cm²) de los macroinvertebrados por zona en la quebrada La Chapa, Santana, Boyacá.

Órdenes	Taxones	Z1		Z2		Z3	
		Densidad	Biomasa	Densidad	Biomasa	Densidad	Biomasa
Anélida	Oligochaeta					1	0,0008
Ephemeroptera	Tricorythidae	1	0,024				
	Leptophlebiidae	2	0,11				
	Baetidae					2	0,058
Coleóptera	Elmidae			1	0,056		
Tricóptera	Hydropsychidae					1	0,058
Lepidóptera	Pyralidae			1	0,038		
Diptera	Simuliidae					1	0,056

Tabla 4. Índices ecológicos.

Zona	Riqueza de Margalef (D _a)	Dominancia de Simpson (I)	Diversidad de Shannon-Weaner (H')	Evenness (J')
1	2,09	0,33	0,26	0,87
2	3,32	0	0,3	1
3	4,29	0,1	0,56	0,93

En cuanto a los grupos funcionales, en la zona 1 se observó que tanto para la densidad como para biomasa, el grupo que predominó fue el de colectores raspadores (Fig. 3). En la zona 2 se encontró diferencia en cuanto a los hábitos predominantes, dependiendo del criterio de densidad (colectores-raspadores y herbívoro-detritívoro) o biomasa (colectores-raspadores) (Fig. 4). En la zona 3, con el criterio de densidad, el grupo representativo fue el colector raspador y en cuanto a biomasa hubo dos grupos que tienen igual proporción: el colector raspador y el colector filtrador (Fig. 5). Por tanto, el hábito representativo en el tramo de estudio de la quebrada La Chapa



VARIACIÓN ESPACIAL EN LA ESTRUCTURA
Y GRUPOS FUNCIONALES DE LOS
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA
QUEBRADA LA CHAPA, SANTANA, BOYACÁ

es el colector raspador. En el análisis de agrupamiento por grupos funcionales y biomasa, la zona 3 presentó el menor grado de similaridad (Fig. 2 B).

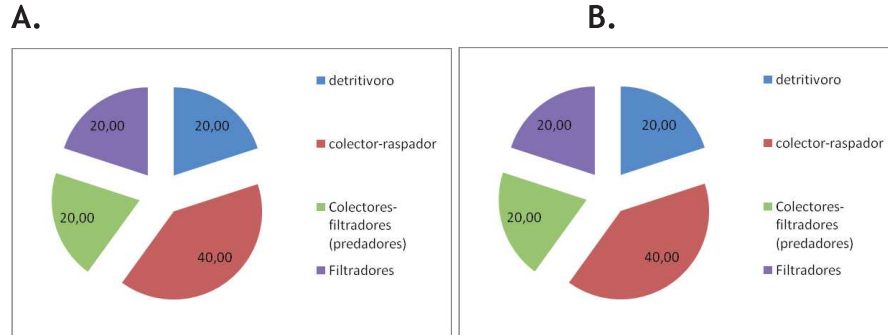


Fig. 3. Proporción de los grupos funcionales de la zona 1, quebrada La Chapa, Santana, Boyacá. Teniendo en cuenta que: A. Densidad y B. Biomasa.

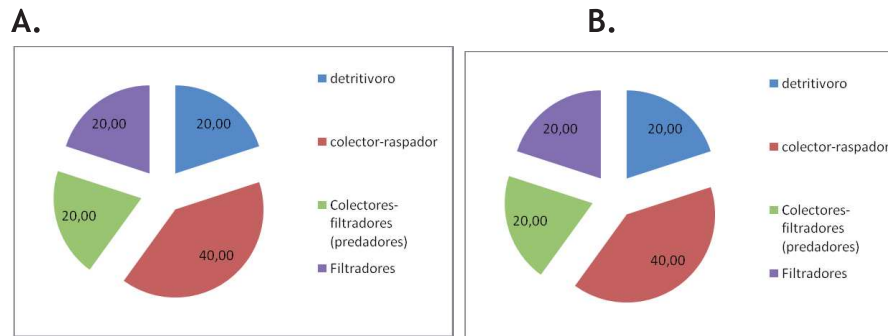


Fig. 4. Proporción de los grupos funcionales de la zona 2 quebrada La Chapa, Santana, Boyacá. Teniendo en cuenta que: A. Densidad y B. Biomasa.

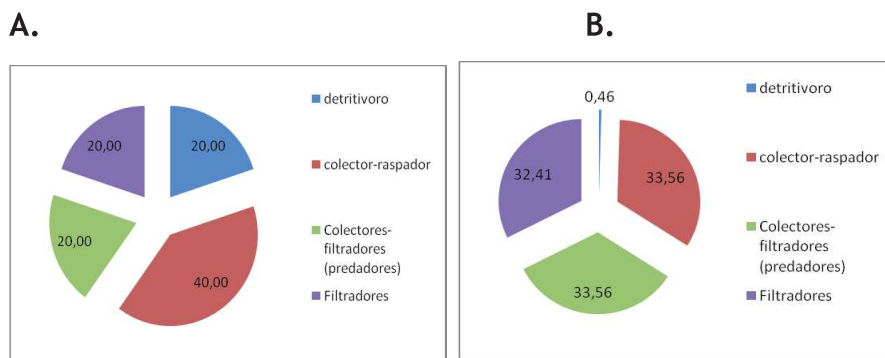


Figura 5. Proporción de los grupos funcionales de la zona 3, quebrada La Chapa, Santana, Boyacá. Teniendo en cuenta que: A. Densidad y B. Biomasa.

Respecto al índice de calidad ambiental BMWP´ col, los valores estimados en las tres zonas corresponden a la categoría clase III, que significa agua contaminada; sin embargo, en la zona 3 se observó el menor puntaje del índice, mientras que en las zonas 1 y 2 los puntajes son mayores y similares (Tabla 5).

Tabla 5. BMWP´ col estimado para las zonas de muestreo en la quebrada La Chapa.

Zona	Clase	Calidad	BMWP/COL	Significado
Z1	III	Mala	54	agua contaminada
Z2	III	Mala	59	agua contaminada
Z3	III	Mala	39	agua contaminada

Discusión

La heterogeneidad de las variables físicas y químicas se explica teniendo en cuenta que el tramo de estudio presenta diferencias espaciales en el caudal, además del ingreso de un afluente entre las zonas dos y tres.



VARIACIÓN ESPACIAL EN LA ESTRUCTURA
Y GRUPOS FUNCIONALES DE LOS
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA
QUEBRADA LA CHAPA, SANTANA, BOYACÁ

Respecto a sistemas similares a la quebrada La Chapa, como los reportados por Rincón (1996), Rincón y Ladino (1997) y Urrego y Ramírez (2000), la conductividad eléctrica fue alta, las aguas ligeramente ácidas y con baja saturación de Oxígeno. Esto indicaría una alta actividad de descomposición que podría estar relacionada con procesos de respiración de los organismos, (Esteves, 1988; Urrego & Ramírez, 2000; Lampert & Sommer, 2007). Es decir, el tramo de estudio correspondería con un sistema tipo heterotrófico, debido al ingreso de material alóctono proveniente del bosque y de la zona de cultivo. Como las variables pH y conductividad presentaron diferencias espaciales significativas, es de esperar que haya variaciones importantes de estos procesos entre las zonas de estudio.

Por otra parte, la poca variación espacial en la temperatura, Oxígeno disuelto y porcentaje de saturación se explicaría debido a que el calor específico del agua atenúa los cambios bruscos de temperatura (Lampert & Sommer, 2007). Al mismo tiempo, el corto tiempo de exposición, altas velocidades de flujo y las irregularidades del cauce harían que el Oxígeno permaneciera constante (Roldán, 1992; Allan & Castillo, 2007). Estas observaciones coinciden con lo dicho por Hawkes (1975) acerca de estas variables en la zona ritral.

La composición biológica encontrada presenta una gran distribución en el Neotrópico, (Rincón, 1999), y concuerda con lo dicho por Roldán (1992) acerca de los macroinvertebrados encontrados en zonas de montaña.

En general, la mayor representación de los efemerópteros se puede explicar por las condiciones físicas y químicas del tramo que favorecerían la transformación de biomasa vegetal en biomasa animal (Serrano & Zepeda, 2010). Así, grupos colectores raspadores como Leptophlebiidae dominan el tramo en biomasa (Tabla 3), (Fig. 3-5).

A nivel particular, la zona uno presentó la mayor riqueza de familias de Ephemeroptera y Diptera (Tabla 2) lo que concuerda con lo reportado por Roldán (1992) y Rincón y Ladino (1997), en cuanto al número de familias de estos órdenes para ríos de montaña. La familia con mayor abundancia Leptophlebiidae es colectora raspadora, este hábito está relacionado con materia orgánica particulada gruesa CPOM (Allan & Castillo, 2007).

La zona dos fue la más equitativa en cuanto a densidad con Pyralidae y Elmidae, sin embargo, esta última familia aporta mayor biomasa al sistema. El grupo funcional que predominó, según la biomasa y en correspondencia con los menores valores de conductividad, fue el colector raspador al igual que en la zona uno (Figs. 3 y 4).

A diferencia de las anteriores zonas, la zona tres presentó la mayor diversidad (Tabla 4), además de mayor variedad en grupos funcionales (filtradores, colectores - filtradores, colector-raspador y detritívoros) (Fig. 5), lo que indicaría una relación muy estrecha con materia orgánica particulada fina FPOM y una mayor actividad descomponedora (Posada *et al.*, 2000; Allan & Castillo, 2007; Kucuk, 2008). Teniendo en cuenta su alta conductividad, consecuencia probable de la unión con un afluente proveniente de cultivos de caña de azúcar, se podría explicar este cambio en la condición del sistema. Esta alta conductividad favorecería la presencia de organismos con mayor biomasa. Ya que prácticamente todos los macroinvertebrados se alimentan de restos de detritus, se indica la importancia de este recurso alimenticio en arroyos Neotropicales (Tomanova *et al.*, 2006) como el caso de la quebrada La Chapa.

Vale resaltar que hubo diferencias entre los valores de densidad y biomasa entre zonas (Tabla 3), lo que coincide con los resultados del estudio hecho por Kucuk (2008), en el que abundancia y biomasa se difirieron en las estaciones de



muestreo. Según esto, el criterio de biomasa concuerda más con los resultados físicos y químicos.

Respecto al índice de calidad ambiental BMWP' col, podemos inferir que éste no expresa un grado de sensibilidad suficiente para detectar los cambios observados en las condiciones físicas, químicas y biológicas del tramo de estudio; así que su interpretación se debe realizar con cautela, pues al estar basado en un criterio de presencia-ausencia se desconocen algunas características ecológicas de las poblaciones y del sistema en estudio (Guerrero *et al.*, 2003; Roldán, 2003). La metodología debería considerar el efecto de las condiciones locales en un marco regional, a fin de obtener resultados confiables.

En los ríos de cabecera se pueden expresar cambios estructurales y funcionales importantes en tramos pequeños. Esta heterogeneidad debe ser considerada en los estudios de calidad de aguas, para aproximarse verazmente a la realidad del sistema.

Conclusión

En el estudio se encontraron diferencias biológicas, físicas y químicas entre los tres puntos ubicados en el tramo de 300 metros de la quebrada La Chapa. Estas diferencias se explican por cambios en las condiciones del hábitat, relacionadas posiblemente con la variación del flujo de materia orgánica, verificados por cambios de pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, lo cual correspondió con los cambios en la biomasa de los grupos funcionales dominantes, más que con modificaciones en la composición taxonómica. Por esta razón no se evidenció variación en la condición de calidad determinada por el BMWP' col. Se confirma que en sistemas lóticos de montaña andinos, se expresa una gran heterogeneidad ambiental en pequeña escala espacial, la cual

debe ser considerada en el diseño de planes de monitoreo que pretenden hacer evaluaciones en la calidad de los hábitats.

Agradecimientos

A los compañeros del Grupo de Investigación UDESA (Nidia Gil, Paola Rodríguez y Luis Antonio González), a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, y de manera muy especial a nuestro maestro Nelson Javier Aranguren Riaño, por sus enseñanzas en el campo de la Ecología.

Lista de referencias

- Allan, D. & Castillo, M. (2007). *Stream Ecology. Structure and function of running waters*. USA: Springer.
- Brower, J., Zar, H. & Von Ende, N. (1989). *Field and laboratory methods for general ecology*. USA: Wm. C. Brown Publishers
- EOT, Santana, (2006).
- Esteves de Assis, F. (1988). *Fundamentos de Limnología*. Río de Janeiro, Brasil: Interciencia.
- Fernández, H. & Domínguez, E. (Eds.). (2001). *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos suramericanos*. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, Tucumán, Argentina.
- Guerrero, F., Manjarrés, A. & Núñez, N. (2003). Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana*, 8 (2), 43- 55.
- Hauer, R. & Lamperti, G. (Eds.). (1996). *Methods in stream ecology*. USA: Academic Press.
- Hawkes, H. (1975). *River zonation and classification*. Whitton B. River Ecology. Blackwell Science.
- Krebs, C. (1989). *Ecological Methodology*. USA: Harper Collins Publishers.



VARIACIÓN ESPACIAL EN LA ESTRUCTURA
Y GRUPOS FUNCIONALES DE LOS
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA
QUEBRADA LA CHAPA, SANTANA, BOYACÁ

- Kucuk, S. (2008). The effect of organic pollution on benthic macroinvertebrate fauna in the kirmir creek in the sakarya basin. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5 (1), 5-12.
- Lampert, W. & Sommer, U. (2007). *Limnoecology: the ecology of lakes and streams*. (2ª Ed.). New York: Oxford University Press.
- Magurran, E. (1988). *Diversidad ecológica y su medición*. España: Vedral.
- Mc Cafferty, P. & Provonsha, A. (1981). *Aquatic Entomology*. USA: Science Books International.
- Merritt, R. & Cummins, K. (1978). *An introduction to the aquatic insects of North America*. USA: Kendall-Hunt Publishing Company.
- Ortiz, J. (2005). *Response of the benthic, acroinvertebrates community to a point source in La Tordera stream, Cataluña, España*. Tesis doctoral no publicada. Instituto de Medio Ambiente Universidad de Girona.
- Posada, J., Roldán, G. & Ramírez, J. (2000). Caracterización fisicoquímica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Revista Biología Tropical*, 48 (1), 59-70.
- Rincón, M. (1996). Aspectos bioecológicos de los tricópteros de la quebrada Carrizal Boyacá, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 22 (1), 53-60.
- Rincón, M. & Ladino, Y. (1997). Calidad biológica de los sistemas acuáticos del Santuario de Flora y Fauna de Iguaque. *Diojenis*, 4 (2), 183-200.
- Rincón, M. (1999). Estudio preliminar de la distribución altitudinal y espacial de los tricópteros en la cordillera Oriental (Colombia). *Revista insectos de colombia*, 2, 267-282.
- Roldán, G. (1992). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. (1ª reimp.). Medellín, Colombia: Fondo FEN, Colciencias, Universidad de Antioquia.



- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col.* Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia. Colección Ciencia y Tecnología.
- Rosenberg, D. & Resh, V. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.* USA: Chapman & Hall.
- Rueda, G. (2002). Métodos para el estudio de comunidades bentónicas fluviales. En G. Rueda, (Ed.). *Manual de métodos y limnología.* Colombia: Asociación Colombiana de Limnología.
- Serrano, L. & Zepeda, A. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Ephemeroptera en El Salvador.* San Salvador: Ciudad Universitaria.
- Tomanova, S., Goitia, E. & Heles, J. (2006). Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 556, 251-264.
- Urrego, P. & Ramírez, J. (2000). Cambios diurnos de variables físicas y químicas en la zona ritral del río Medellín. *Caldasia*, 22 (1), 127-141.
- Wetzel, G. & Likens, E. (1991). *Limnological Analyses.* USA: Springer Verlag.