

LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DE POZO AZUL (CUENCA DEL RÍO GAIRA, COLOMBIA) Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AGUA

The Benthonic Macroinvertebrates of Pozo Azul (Gaira River Basin, Colombia) and their Relationship with Water Quality

FRANCISCO GUERRERO-BOLAÑO, ANA MANJARRÉS-HERNÁNDEZ,
NORBELIS NÚÑEZ-PADILLA
Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas,
Universidad del Magdalena, Santa Marta, Magdalena, Colombia.

Presentado en septiembre 15 de 2003, aceptado en noviembre 14 de 2003.

RESUMEN

En julio de 2002 se realizó el estudio de algunos parámetros fisicoquímicos y la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos asociados a cuatro coriotipos (piedra, hojarasca, sedimento y macrófitas) en el sector de Pozo Azul sobre la cuenca del río Gaira (Magdalena, Colombia). Se discute la relación entre la estructura de la comunidad y la calidad del agua del sector. Los parámetros fisicoquímicos estuvieron determinados en gran medida por las características geográficas del sistema. El agua se caracterizó por estar saturada de oxígeno y por la ausencia de compuestos intermedios de la estabilización de la materia orgánica como nitritos y amonio. Se colectaron 588 individuos distribuidos en 11 órdenes y 38 familias. Los órdenes más representativos fueron *Trichoptera*, *Coleoptera*, *Diptera* y *Ephemeroptera*, siendo el último de ellos el más abundante. Las familias más representativas fueron *Baetidae*, *Simuliidae*, *Perlidae*, *Chironomidae* e *Hydropsychidae*, en ese mismo orden de abundancia. Para la relación de la estructura de la comunidad con la calidad del agua se calculó el índice BMWP, adaptado por la Universidad del Valle, Cali, Colombia, que estableció para este caso un agua de óptima calidad y oligosapróbica, según la ecología sapróbica, estado alcanzado luego de la estabilización frente a pequeñas alteraciones inducidas por las actividades del cultivo del café en la zona.

Palabras clave: Macroinvertebrados bentónicos, río Gaira, calidad de agua, Colombia.

ABSTRACT

On July 2002, a study of some physicochemical parameters and their relationship with the benthonic macroinvertebrates community structure on four coriotypes: stone, trash, silt and macrophytes, was carried out in Pozo Azul (Gaira River basin, Magdalena, Colombia). The physicochemical parameters were determined, to a considerable extent, by the geographic characteristics of the system. The water was found to be oxygen saturated, and intermediate compounds of the organic matter stabilization, such as

nitrites and ammonium, there were found 588 individuals distributed in 11 orders and 38 families. The most representative orders were *Trichoptera*, *Coleoptera*, *Diptera* and *Ephemeroptera*. The most representative families were *Baetidae*, *Simuliidae*, *Perlidae*, *Chironomidae*, and *Hydropsychidae*, in this rank of abundance. The BMWP index for the relationship between the community structure and the water quality (adapted by Universidad del Valle, Cali, Colombia) was calculated. According to this index the water quality was optimum. Also, given the general characteristics of the site studied, the water mass quality was classified as good and oligosaprobite, based on the saprobite ecology. It is possible that this state was reached due to stabilization after a small perturbation induced by coffee cultivation in the zone.

Key words: Benthonic macroinvertebrates, Gaira River, water quality, Colombia.

INTRODUCCIÓN

El concepto de bioindicador, aplicado a la evaluación de calidad de agua, es definido como una especie, población o comunidad, que tiene requerimientos específicos con relación a un conjunto de variables físicas o químicas conocidas, de tal modo que la ausencia, o los cambios en número de individuos, morfología, fisiología o comportamiento indican que las variables físico-químicas dadas están fuera de sus límites preferidos. El indicador ideal es aquel que tiene tolerancias ambientales estrechas; por el contrario, aquellos organismos o poblaciones que tienen tolerancias amplias para diferentes condiciones ambientales y cuyos patrones de distribución y abundancia se afectan poco por variaciones del hábitat, se consideran pobres indicadores de calidad ambiental (Zúñiga de Cardozo, 2000). En aguas limpias es común encontrar poblaciones dominantes de efemerópteros, plecópteros y tricópteros, a diferencia de los cuerpos de aguas contaminadas donde prevalecen poblaciones de quironómidos y anélidos (Roldán 1999). Si a los estudios ecológicos se suman una serie de análisis fisicoquímicos y microbiológicos, un ecólogo acuático o limnólogo, podrá con certeza diagnosticar el verdadero estado del ecosistema (Roldán, 1999). Por tanto, es importante reconocer el valor que tiene la bioindicación como un método para evaluar la calidad del agua.

La presencia de una comunidad en un cuerpo de agua es un índice inequívoco de las condiciones que allí prevalecen y también indica que las fluctuaciones de contaminación que puedan presentarse no son lo suficientemente fuertes como para provocar un cambio significativo en la misma (Roldán, 1999). Los macroinvertebrados acuáticos son considerados como los mejores indicadores de la calidad del agua, entre los cuales los insectos en estado inmaduro representan la mayor parte de la biomasa de esta comunidad (Zúñiga de Cardozo, 2000). Dentro de las razones que hacen importante al grupo de los insectos en la bioindicación se tiene el que este grupo constituye el componente de mayor diversidad en ecosistemas terrestres y dulceacuícolas, y que responden a los cambios ambientales más rápidamente que los vertebrados utilizados como bioindicadores, los cuales pueden exhibir respuestas evidentes cuando ya es tarde desde el punto de vista del manejo de la conservación (Zúñiga de Cardozo, 2000).

Los macroinvertebrados acuáticos mejor conocidos en Colombia son los insectos y, en alguna medida, los anélidos y los moluscos (Roldán, 1988, 1992). Aunque ya se tienen algo de experiencia con los bioindicadores en el trópico americano, (Roldán, 1999), la mayoría de los estudios se han basado en los métodos europeos y norteamericanos. Esto es debido a que aún no se había aplicado el índice del *Biological Monitoring Working Party* (BMWP); dicho índice fue adaptado inicialmente por la Universidad de Antioquia y posteriormente por la Universidad del Valle, con base en familias encontradas en Colombia, marcando el punto de partida para su utilización en otras regiones del país. Dentro de los trabajos realizados en Colombia respecto a la relación de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos con la calidad del agua en ríos, se encuentran los de Roldán *et al.* (1973), Machado y Roldán (1981), Matthias y Moreno (1983), Zúñiga de Cardozo *et al.* (1993 y 1997). En la región de Santa Marta la información actual se limita al trabajo de Escobar (1989). El BMWP es un método de puntaje simple para todos los grupos de macroinvertebrados reportados en una región, identificados a nivel de familia y que solo requiere datos cualitativos de presencia o ausencia. El puntaje está en una escala de 1 a 10, de acuerdo al grado de tolerancia a la contaminación orgánica. El puntaje total de los índices BMWP clasifica los cuerpos de agua en 5 clases según el nivel de contaminación, teniendo de este modo, aguas de calidad: buena, aceptable, dudosa, crítica y muy crítica (Roldán, 1999). En el presente trabajo, además de estudiar algunos parámetros físico-químicos y las comunidades bénticas de macroinvertebrados presentes en el sector de Pozo Azul (Cuenca del río Gaira, Colombia), se estudia la aplicabilidad de la fauna béntica asociada principalmente a cuatro coriotipos: piedra, sedimento, hojarasca y macrófitas como indicadora de la calidad del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Gaira se encuentra ubicada en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, en el departamento del Magdalena, Colombia. Se localiza entre los 11°52'06" y 11°10'08" de latitud Norte; y entre los 74°46'22" y 74°11'07" longitud Oeste. Limita al Norte con la cuenca del río Manzanares, al sur con la cuenca del río Toribio, al este con la cuenca del río Guachaca y al oeste con el mar Caribe. El río Gaira nace a una altura de 2.750 m.s.n.m. en la cuchilla de San Lorenzo, en una zona que corresponde a una transición de bosques muy húmedos subtropical y bosques muy húmedos montañosos bajos, (Grimaldo-Salazar 2001). Tiene una longitud de 32.53 Km aproximadamente desde su nacimiento hasta su desembocadura en el mar Caribe (Frayter *et al.*, 2000). La variación temporal del clima de la cuenca hidrográfica del río depende de la posición latitudinal dentro de la zona intertropical y la variación altitudinal y la orientación respecto a los vientos. La estación de muestreo se localizó a 750 m.s.n.m., tiene una temperatura ambiente promedio de 20.5°C y amplia vegetación de lado y lado de la cuenca. El cauce del río presenta zonas de corrientes rápidas y zonas de calma, ofreciendo además variedad de ambientes, tales como: sistema pedregoso, arenoso, pendientes suaves, permitiendo así el desarrollo de comunidades biológicas adaptadas a cada una de ellas. Esta zona se encuentra influenciada, en su mayoría, por la acción humana debido a la cercanía de fincas cafeteras.

MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Para evaluar los parámetros físicoquímicos se registró la temperatura del agua y del aire con un termómetro de mercurio con precisión \pm de 0.1°C . El oxígeno disuelto se determinó *in situ* por el método Winkler. Las muestras para determinación de nitritos, amonio, cloruros, dureza, alcalinidad y acidez se recolectaron en una botella plástica con capacidad de 4 litros, para su posterior análisis en el laboratorio mediante kits colorimétricos de Laboratorios Merck.

PARÁMETROS BIOLÓGICOS

Para establecer la estructura de la comunidad se llevó a cabo la recolección de macroinvertebrados benthicos en diferentes coriotipos: piedra, hojarasca, sedimento y macrofitas; adicionalmente, sobre la superficie del agua en corrientes, en zonas de quietud y cascadas, sustratos que fueron agrupados como la categoría otros, con el fin de ampliar el inventario y conocer la diversidad tanto en corriente rápida como en corriente lenta. Para la recolección de las muestras se siguió la metodología empleada por Escobar 1989. En el laboratorio se procedió a la identificación de las muestras con ayuda del estereoscopio hasta el taxón de familia con base al soporte bibliográfico (Roldán, 1988; McCafferty, 1983). Se calculó el índice de calidad del agua BMWP, adaptado por la Universidad del Valle, y se utilizarán los criterios de la ecología sapróbita (Zúñiga de Cardozo, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Temperatura. La temperatura del aire y el agua fueron 26 y 20°C , respectivamente. En general, la temperatura en el agua en los trópicos depende de la altura sobre el nivel del mar (Machado y Roldán, 1981). Esto se refleja en los valores obtenidos para este parámetro en el ambiente y en el agua a una altura de 750 m.s.m.n. La temperatura del agua presenta un valor menor al obtenido por Grimaldo-Salazar (2001) para zonas a menor altura dentro de la cuenca. Así mismo, la variación de la temperatura, en comparación con los valores reportados por el mismo autor, fue mínima pues según éste, la temperatura del sector de Pozo Azul se mantiene dentro del rango de 17.5 a 20°C . Esto indica una estabilidad relativa de este factor dentro del sector, lo cual favorece el desarrollo de la biota.

Oxígeno disuelto. Se obtuvo un valor de 8.8 mg/l, el cual coincide exactamente con el valor a saturación para una temperatura de 20°C . Según Catalán (1969), el oxígeno disuelto en los ecosistemas lóticos depende de la presión atmosférica, de la temperatura y de la altura sobre el nivel del mar. La cantidad de oxígeno también depende de las características del cauce, la turbulencia del agua y los procesos químicos y biológicos (Machado y Roldán, 1981). Para la zona de estudio esta alta concentración de oxígeno se debe, entre otros factores, al flujo turbulento causado por la gran cantidad de piedras y cascadas, a la altura sobre el nivel del mar y, muy probablemente, a que haya poca cantidad de materia orgánica. Estos valores de oxígeno favorecen una alta densidad biológica y el desarrollo de la fauna benthica.

Cloruros. La cantidad de cloruros fue de 6 mg/l, la cual es un reflejo de la ubicación de la zona y, muy probablemente, de una contaminación mínima o inexistente. Los cloruros presentes varían entre las distintas fuentes de agua; podría decirse que aumenta desde las zonas altas, donde su concentración es mínima, hasta las zonas costeras, donde las concentraciones son elevadas. El valor de los cloruros también aumenta a medida que los cuerpos de agua reciben mayor descarga contaminante (Sawyer *et al.*, 2001).

Alcalinidad y dureza. La alcalinidad fue de 50 mg/l de CaCO_3 , mayor la dureza, 18mg/l de CaCO_3 , lo cual es indicativo de dureza de tipo carbonácea. En general, cuando se presenta esta situación, la dureza y la alcalinidad suelen estar correlacionadas. El valor de dureza obtenido permite catalogar el agua como blanda. La alcalinidad presenta un valor que puede catalogarse como relativamente alto. Una alta concentración de los bicarbonatos explica la capacidad tampón y el particular efecto que debe producir en el mantenimiento de las condiciones de neutralidad de la acidez y del pH del agua (Escobar, 1989).

Acidez. El valor obtenido para este parámetro fue de 10 mg/l de la CaCO_3 , un valor relativamente bajo y que concuerda con un alto valor para la alcalinidad, lo cual muestra la capacidad neutralizadora de las formas ácidas por parte del cuerpo de agua. En general, el grado de acidez tiene efectos nocivos para los organismos acuáticos e indica una muy posible contaminación del cuerpo de agua. En este caso, el valor de acidez no representa peligro para la biota de la zona.

Amonio y nitritos. Los valores para ambos parámetros fueron de 0 mg/l. Los nitritos hacen parte del proceso de degradación del amonio a nitrito y de este a nitrato; sin embargo, para la adecuada interpretación de este resultado había sido necesaria la medición de los nitratos, que no se realizó debido a la no idoneidad del material disponible. Un valor de 0 mg/l para amonio y nitritos podría indicar tres cosas: que es deficiente el proceso de estabilización de la materia orgánica; que éste es altamente eficiente y el nitrógeno se concentra en forma de nitratos; o que la contaminación orgánica es mínima o inexistente y que el valor de los nitratos se encontraría dentro del nivel normal para las aguas naturales (0,3 a 0,5 mg/l), debido a la captación de su fuente principal en un sistema no perturbado, la atmósfera (Machado y Roldán, 1981). Considerando que el agua se encontraba prácticamente saturada en oxígeno y que los demás parámetros fisicoquímicos evaluados no evidencian contaminación orgánica, la situación más probable es la tercera.

PARÁMETROS BIOLÓGICOS

En el presente estudio se colectaron 588 individuos representados por 11 órdenes y 38 familias, lo que mostró una alta diversidad biológica.

Estructura de la comunidad béntica. El mayor porcentaje de individuos fue registrado por la familia *Baetidae* del orden *Ephemeroptera*. La familia *Simuliidae* del orden *Diptera* fue la segunda más representativa. La tercera familia más representativa fue *Perlidae*. Los

órdenes mejor representados fueron *Trichoptera* y *Coleoptera* con 8 familias. La mayoría de las familias presentaron un porcentaje similar (Fig. 1), lo que podría explicarse por una distribución aproximadamente homogénea de la energía. Al mismo tiempo, se puede establecer que, probablemente, la mayor cantidad de energía fluye a través de los efemerópteros, dípteros, plecópteros, tricópteros y coleópteros, los cuales constituyen los organismos mejor adaptados a las condiciones ambientales. Solo pocas familias presentan valores bastante altos: *Baetidae* y *Simulidae* (Fig. 1).

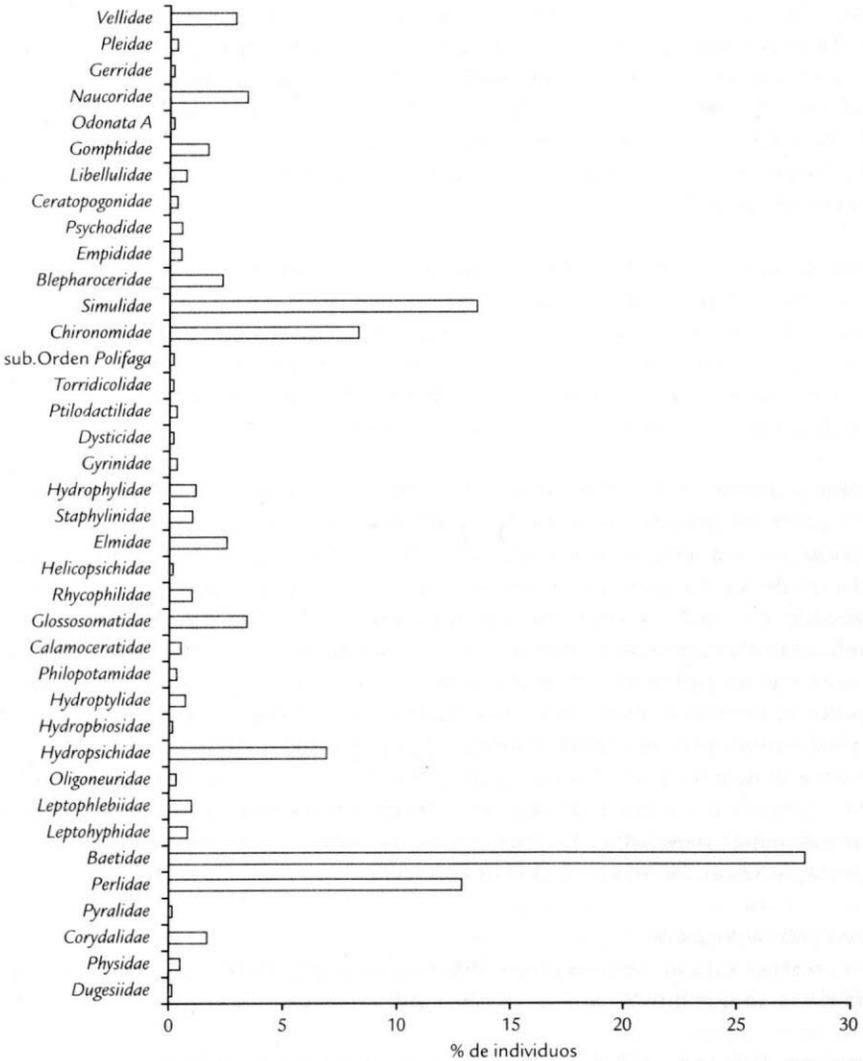


Figura 1. Estructura general de la comunidad.

Evaluación de los coriotipos en términos de abundancia y diversidad de la entomofauna

—Piedra. Fue el coriotipo con mayor diversidad y abundancia (Figs. 2 y 3). Dentro de éste, el mayor porcentaje de familias se encontró asociado a corriente rápida. La familia más abundante fue *Baetidae*, encontrada principalmente en la zona de corriente rápida. La segunda familia más representativa fue *Simullidae*. En tercer lugar la *Hydropsychidae*, asociada a piedra únicamente en corriente lenta. La familia *Glossosomatidae* representa el aporte más importante de la fauna asociada a corriente lenta de este coriotipo. En términos generales, las familias restantes se repartieron de una manera más o menos equitativa, pero asociada en su gran mayoría a la zona de corriente rápida o por lo menos con representantes en ella. Estos resultados son de esperarse ya que estas zonas se caracterizan por presentar una fauna diversa con adaptaciones estructurales como ventosas y ganchos para resistir la velocidad de la corriente; así es común encontrar una gran variedad de efemerópteros, coleópteros, plecópteros y megalópteros.

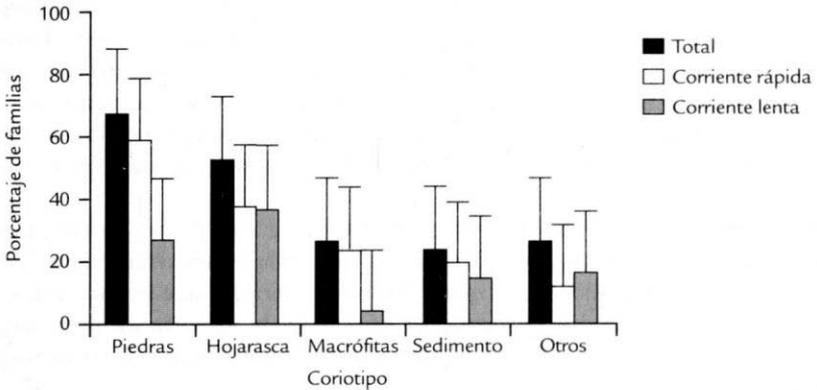


Figura 2. Porcentaje de familias por coriotipos y zonas de rabiones y remansos.

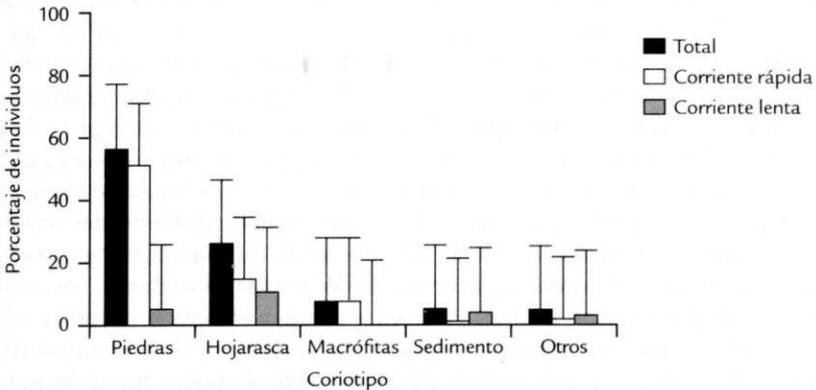


Figura 3. Porcentaje de individuos por coriotipo y zona de rabiones y remansos.

—Hojarasca. Fue el segundo coriotipo más diverso. Puede observarse que las familias se reparten equitativamente entre los dos tipos de corrientes (Fig. 2). De igual manera, éste fue el segundo coriotipo en cuanto a abundancia se refiere (Fig. 3). En este coriotipo la fauna no solo estuvo distribuida equitativamente en cuanto a diversidad entre los dos tipos de corrientes, sino también en cuanto a abundancia. Es importante resaltar la presencia significativa de la familia *Perlidae* en este coriotipo, del cual podría decirse que es menos estable que el coriotipo piedra ya que hay mayor facilidad de que las hojas sean arrastradas por la corriente permitiendo así posibles variaciones de las condiciones de este tipo de hábitat. No es sorprendente que la familia *Perlidae* se encuentre en las corrientes rápidas por su mayor oxigenación. La familia *Chironomidae* más tolerante, se encuentra en la zona de corriente lenta donde la oxigenación es menor.

—Sedimentos. Fue el coriotipo con menor diversidad, las familias se encontraron distribuidas más o menos equitativamente entre los dos tipos de corriente (Fig. 2). Se sabe que los chironómidos son organismos bastante tolerantes a la contaminación orgánica. En contraste los *Gomphidae* tienen un rango estrecho de tolerancia, lo cual puede representar un indicio de que las condiciones en el sedimento no son del todo desfavorables, aunque pueden existir factores de alteración menores, lo cual podría notarse en la cantidad de individuos. Esta inferencia podría apoyarse en la presencia de individuos de las familias *Perlidae* y *Corydalidae*, con alto grado de sensibilidad ecológica, en la zona de corriente lenta.

—Macrófitas. La familia más importante dentro este coriotipo fue *Perlidae*, pero solo en corriente rápida. La segunda familia fue la *Baetidae* y en tercer lugar la familia *Simullidae*. Es importante destacar que fue en este coriotipo que se encontró el único representante de la familia *Ptyralidae*. Por otro lado, la importante presencia de la familia *Perlidae* es un buen indicio de las condiciones que ofrece este coriotipo para el desarrollo de la fauna.

Frecuencia de la comunidad béntica. De las 38 familias encontradas, solo dos (*Perlidae* y *Hydropsychidae*) estuvieron presentes en la mayoría de los coriotipos muestreados. Otras 24 familias predominaron en pocos substratos y 12 de estas familias solo fueron halladas en un tipo de coriotipo específico. El coriotipo con mayor cantidad fue el de piedra, en donde se encontraron las familias *Dugesidae*, *Physidae*, *Hidrobiosidae*, *Helicopsichidae*, *Torridicolidae*, *Ceratopogonidae*, *Gerridae* y el Suborden *Polifaga* (Tabla 1). El que familias como *Perlidae* y *Corydalidae*, con un rango de tolerancia ecológica relativamente estrecha, se encontrará distribuido de una manera regular dentro de los coriotipos podría interpretarse como un indicio de estabilidad dentro del cuerpo de agua. Los órdenes característicos de las aguas limpias estaban bien representados en la zona de estudio. El orden *Ephemeroptera* fue el más abundante, los órdenes *Trichoptera* y *Coleoptera* fueron los más diversos y el orden *Plecoptera* ocupó la tercera posición en cuanto a abundancia. Sin embargo, la familia más representativa del orden *Ephemeroptera* fue *Baetidae* y, aunque las identificaciones taxonómicas no se hicieron hasta el nivel de género, existe una fuerte probabilidad de que el más abundante haya sido *Baetodes*, el cual tiene un amplio rango de tolerancia en cuanto a perturbaciones del hábitat se refiere.

FAMILIAS	PIEDRA	HOJARASCA	SEDIMENTO	MACRÓFITA	OTROS
<i>Dugesidae</i>	X				
<i>Physidae</i>	X				
<i>Corydalidae</i>		X	X	X	
<i>Pyralidae</i>					X
<i>Perlidae</i>	X	X	X	X	
<i>Baetidae</i>	X	X		X	
<i>Leptohyphidae</i>	X	X			
<i>Leptophlebiidae</i>	X	X			
<i>Oligoneuridae</i>		X		X	
<i>Hydropsichidae</i>	X	X	X		X
<i>Hydrobiosidae</i>	X				
<i>Hydroptylidae</i>	X	X			
<i>Philopotamidae</i>	X		X		
<i>Calamoceratidae</i>	X				
<i>Glossosomatidae</i>	X	X		X	
<i>Rhyacophilidae</i>	X				
<i>Helicopsichidae</i>	X				
<i>Elmidae</i>	X				
<i>Staphylinidae</i>		X		X	
<i>Hydrophyliidae</i>	X	X			
<i>Gyrinidae</i>		X			
<i>Dysticidae</i>				X	
<i>Ptilodactilidae</i>				X	
<i>Torridicolidae</i>	X				
Sub.Orden Polifaga	X				
<i>Chironomidae</i>		X	X		
<i>Simuliidae</i>	X	X		X	
<i>Blepharoceridae</i>	X			X	
<i>Empididae</i>	X	X		X	
<i>Psychodidae</i>	X	X		X	
<i>Ceratopogonidae</i>	X				
<i>Libellulidae</i>		X	X		
<i>Gomphidae</i>		X	X		
Odonata A	X				
<i>Naucoridae</i>	X	X	X		X
<i>Gerridae</i>	X				
<i>Pleidae</i>				X	
<i>Vellidae</i>	X			X	

Tabla 1. Frecuencia de la fauna béntica en cada uno de los coriotos.

Así mismo, el orden que ocupó la segunda posición en cuanto a diversidad y abundancia fue el *Diptera*. La familia *Chironomidae* representó el segundo lugar en abun-

dancia dentro de este orden y el cuarto lugar respecto al total de familias. Los quironómidos son característicos de aguas donde se presenta el arrastre de sedimentos y teniendo en cuenta que el sector se halla influenciado por las cercanías de fincas cafeteras, este grupo representa un serio indicio de que en el lugar hay perturbaciones mínimas por parte de la acción antrópica. Por otro lado, el significativo aporte a la abundancia por parte de la familia *Perlidae*, bastante sensible a los procesos de perturbación, y, en general, de los grupos de efemerópteros, plecópteros, tricópteros y coleópteros con características ecológicas similares a este respecto, podría indicar que tales perturbaciones se presentan en las épocas lluviosas correspondientes a los meses de mayo - junio (estación lluviosa menor) y septiembre - noviembre (estación lluviosa mayor), durante las cuales las perturbaciones podrían acentuarse. Debido a que el muestreo se llevó a cabo en el período conocido como el "Veranillo de San Juan", junio - agosto (Álvarez-León y Polanía, 1996), y a que las alteraciones que podría estar sufriendo la zona son menores, las características de ésta podrían mostrar una estabilidad relativa no solo a nivel fisicoquímico sino también biológico. Las características encontradas en la zona permiten clasificarla, de acuerdo a la ecología sapróbita, como una zona oligosapróbica, donde el nivel de oxígeno disuelto alcanza la saturación, no se encuentran compuestos intermedios del proceso de estabilización de la materia orgánica como nitritos y amonio, hay tendencia hacia la alcalinidad y la temperatura favorece el desarrollo de la biota. La presencia de la familia *Chironomidae* puede representar un indicio de que tal estado ha sido alcanzado luego de una estabilización frente a alteraciones menores causadas por la influencia de las fincas cafeteras ubicadas en el sector. Es necesario tener en cuenta lo planteado por Zúñiga de Cardozo (1996) con respecto a la interpretación de la clasificación planteada por el sistema saprobio. Esta autora plantea que los límites de las zonas deben tomarse con cautela y en forma flexible, ya que los organismos usados como indicadores no siempre se hallan perfectamente definidos en su estado ecológico y algunos pueden presentarse en más de una zona sapróbita.

ÍNDICE DEL BMWP

El puntaje para el sector Pozo Azul es de 192, equivalente a la clase 1, aguas muy limpias de buena calidad. También se puede observar cuáles son aquellas familias que pueden tolerar un elevado grado de contaminación dentro de este sector, a saber: *Physidae*, *Gyridinidae*, *Dysticidae*, *Hidrophilidae* y *Chironomidae*; y aquellas que no toleran los mínimos grados de contaminación, como: *Perlidae*, *Oligoneuridae*, *Calmoceratidae* y *Blepharoceridae* (Tabla 2). La interpretación de este índice se debe realizar con cautela pues, al estar basado en un criterio de presencia-ausencia, si se soslayan las características ecológicas globales del sistema en estudio, puede inducir a conclusiones erradas. En este caso, la presencia de solo dos individuos de la familia *Oligoneuridae* permitió la obtención de un puntaje de 10, en tanto que la importante presencia de 49 individuos de la familia *Chironomidae* contribuyó una sola vez con un puntaje de 2. Si hubiera tenido abundancia podría decirse que las características del sistema favorecen a la segunda familia y no a la primera, como podría pensarse por el del índice. Sería de gran utilidad el hallazgo de un método que permitiera calcular puntajes ponderados respecto a la abundancia de cada grupo.

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN
<i>Tricladida</i>	<i>Dugesidae</i>	4
<i>Basonmatophora</i>	<i>Physidae</i>	3
<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalidae</i>	9
<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyralidae</i>	4
<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	10
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuridae</i>	10
	<i>Leptophlebiidae</i>	8
	<i>Leptohyphidae</i>	7
	<i>Baetidae</i>	5
<i>Trichoptera</i>	<i>Calamoceratidae</i>	10
	<i>Helicopsichidae</i>	9
	<i>Philopotamidae</i>	9
	<i>Hydrobiosidae</i>	8
	<i>Hydroptylidae</i>	8
	<i>Glossosomatidae</i>	7
	<i>Hydropsichidae</i>	5
<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactilidae</i>	9
	<i>Elmidae</i>	8
	<i>Gyrinidae</i>	3
	<i>Dysticidae</i>	3
	<i>Hydrophilidae</i>	3
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	10
	<i>Simuliidae</i>	5
	<i>Ceratopogonidae</i>	4
	<i>Psychodidae</i>	4
	<i>Empididae</i>	4
	<i>Chironomidae</i>	2
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	8
	<i>Libellulidae</i>	8
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	5
Total		192

Tabla 3. Puntuaciones por familia de acuerdo al índice BMWP adaptado por la Universidad del Valle.

CONCLUSIONES

El agua del sector de Pozo Azul se caracterizó por estar saturada de oxígeno y por carecer de nitritos y amonio, lo cual no evidencia contaminación orgánica en el sector. La mayor abundancia de individuos y familias se presentó en el coriotipo piedra, seguido por los coriotipos hojarasca, macrófitas y sedimento, en orden descendente. Esto se debe, posiblemente, a que el sustrato piedra ofrece una mayor estabilidad y disponibilidad de microhábitats y alimento. En la zona de corriente rápida se presentó una

mayor abundancia de individuos y familias, probablemente porque la turbulencia favorece la difusión de oxígeno disponible para estos organismos.

Las familias más representativas del sector fueron *Baetidae*, *Simullidae*, *Perlidae*, *Chironomidae* e *Hydropsychidae*, en este mismo orden de abundancia. *Perlidae* y *Simullidae* son indicadoras de aguas limpias y bien oxigenadas. *Baetidae* e *Hydropsychidae* pueden encontrarse en aguas desde aceptable a óptima calidad. *Chironomidae* es indicadora de condiciones anaeróbicas y/o de alta contaminación. Con base en los parámetros fisicoquímicos medidos y el índice BMWP, el agua del sector de Pozo Azul se catalogó como muy limpia y de buena calidad. Este índice debe utilizarse con cautela en la cuenca hidrográfica de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia en tanto no se tenga el conocimiento básico sobre la fauna de macroinvertebrados y sus características ecológicas.

RECOMENDACIONES

Deben realizarse estudios más intensivos de las poblaciones bénticas del sector y en general de los ríos que conforman la cuenca hidrográfica de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia con el fin de determinar con mayor certeza las poblaciones de macroinvertebrados con mayor potencial de bioindicación en la zona. Así mismo, realizar estudios sobre la relación entre la estructura de las comunidades y las variaciones climáticas que se presentan en la zona

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Magdalena, Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ-LEÓN, R.; POLANÍA, J. 1996. Los manglares del Caribe colombiano: síntesis de su conocimiento. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 20 (78).
- CATALÁN, G. 1969. Química del agua. Ed. Blume. Madrid, España.
- ESCOBAR, A. 1989. Estudio de las comunidades macrobentónicas en el río Manzanares y sus principales afluentes y su relación con la calidad de agua. Actualidades Biológicas, 18(65) 45 - 60.
- FRAYTER, V.; JIMÉNEZ, E.; PABÓN, R.; RIVERA, V. 2000. Plan de manejo integral de la cuenca hidrográfica del río Gaira. Tesis de Grado. Programa de Ingeniería Agronómica. Universidad del Magdalena. Santa Marta, Colombia.
- GRIMALDO - SALAZAR, M. 2001. Inventario de los macroinvertebrados asociados a las macrófitas acuáticas en el río Gaira (departamento del Magdalena). Tesis de grado. Universidad del Magdalena. Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Biología, Énfasis en Recursos Hídricos. Santa Marta.
- MACHADO, T.; ROLDÁN, G. 1981. Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. Actualidades Biológicas, 10(35) 3 - 19.

- MATTHIAS, U.; MORENO, H. 1983. Estudio de algunos parámetros fisicoquímicos y biológicos del río Medellín y sus principales afluentes. *Actualidades Biológicas*, 1(46): 106 - 117.
- MCCAFFEERTY, P. 1983. *Aquatic Entomology*. Jones and Bartlett Publishes, Inc. Boston, U.S.A.
- ROLDÁN, G., 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. FEN Colombia. Colciencias. Universidad de Antioquia.
- _____. 1992. *Fundamentos de la Limnología Neotropical*. Ed. Universidad de Antioquia.
- _____. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como bioindicadores de la calidad del agua. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 23(88): 375 - 387.
- _____; BUILES, J.; TRUJILLO, C. M.; SUÁREZ, A. 1973. Efectos de la contaminación industrial y doméstica sobre la fauna béntica del río Medellín. *Actualidades Biológicas*, 2(5): 54 - 64.
- SAWYER, C. P.; MCCARTY, A.; PARKIN, G. 2001. *Química para Ingeniería Ambiental*. Cuarta Edición. Ed. Mc Graw Hill.
- ZÚÑIGA DE CARDOZO, M. C. 1996. *Contaminación de corrientes acuáticas*. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Departamento de Procesos Químicos y Biológicos - Sección de Saneamiento Ambiental. Cali, Colombia.
- _____. 2000. Los insectos como bioindicadores de la calidad del agua. Manuscrito. Universidad del Valle. Departamento de Procesos Químicos y Biológicos. Cali, Colombia.
- _____; ROJAS, A. M.; CAICEDO, G. 1993. Indicadores de calidad del agua en la cuenca del río Cauca. *Revista AINSA*, 13(2): 17-28.
- _____; ROJAS, A. M.; MOSQUERA, S. 1997. Biological Aspects of Ephemeroptera in Rivers of Southwestern Colombia (South America). En: P. Londolt and Sartori M. (Eds) *Ephemeroptera and Plecoptera: Biology, Ecology and Systematics*. pp. 261-268.