

Artículo de  
Investigación

## Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados en la cuenca alta del río Caquetá

Federico Mosquera-Guerra\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Estudios en Recursos Hidrobiológicos Continentales, Departamento de Biología, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.

Autor para Correspondencia\*:  
Fede7\_727@hotmail.com

Recibido 05 de febrero de 2015.  
Aceptado 25 de mayo 2015.

## Resumen

La presente investigación se realizó entre los meses de marzo a septiembre del año 2009 y describe la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino, de la cuenca andino amazónica ubicado en el macizo Colombiano en el departamento del Cauca. Nuestros resultados muestran una baja riqueza de taxa de macroinvertebrados que sin embargo son abundantes para algunas familias, especialmente: Baetidae (*Baetodes*, *Camelobaetidioides*), Simuliidae, Chironomidae. Mediante herramientas estadísticas de análisis multivariado, se demostró que la densidad y la riqueza de las poblaciones de macroinvertebrados están influenciadas por las variaciones de descarga hidráulica generadas por los procesos asociados a las actividades agropecuarias en este caso el monocultivo de papa y la ganadería extensiva, a través de la evaluación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico químicos, asociados a tres sectores de la cuenca alta del río Caquetá que presentan diferentes grados de perturbación antrópica. Se discute la alteración de la comunidad bentónica con relación al cambio en el uso del suelo y pérdida de la cobertura vegetal en la cuenca. Se colectaron un total de 1 518 individuos correspondientes a ocho órdenes, pertenecientes a doce familias de 16 géneros.

**Palabras clave:** Macroinvertebrados bentónicos, río Caquetá, calidad del agua, Colombia.

## Abstract

The current investigation carried out between the months of March to September of 2009 and describes the structure of the community of macroinvertebrates aquatic in a river high Andean basin amazon located in the massif in Cauca department. Our results show a low wealth of taxa of macroinvertebrates that however are abundant for some families, especially: Baetidae (*Baetodes*, *Camelobaetidioides*), Simuliidae, Chironomidae. By means of statistical tools of variable analysis, one demonstrated that the density and the wealth of the populations of macroinvertebrates are influenced by the variations of hydraulic unloading generated by the processes associated to the farming activities in this case the monoculture of Pope and the extensive cattle ranch, through the evaluation of the community of bentónicos macroinvertebrates and chemical parameters physical, associated to three sectors of the high river basin of the Caquetá river that present/display different degrees from anthropic disturbance. One discusses to the alteration of the benthonic community in relation to the change in the use of the ground and loss of the vegetal cover in the river basin. A total of 1518 individuals corresponding to eight orders, pertaining to twelve families of 16 sorts was collected.

**Key words:** Benthonic, Macroinvertebrate, Caquetá River, quality of the water, Colombia.

## Introducción

Los ríos altoandinos son importantes precursores de grandes cauces, cuyo estudio contribuye al conocimiento de la sumatoria de procesos que tiene lugar en las regiones bajas de la cuenca Amazónica (Allan *et al.* 2006). Pese a esta realidad son pocos los estudios que se han realizado en los ríos de la región altoandina con respecto a sus características faunísticas y medioambientales. Los macroinvertebrados constituyen importantes comunidades biológicas que caracterizan los cursos de aguas corrientes, sistemas lóticos, en las regiones altoandinos; que a pesar de esta importancia, están escasamente estudiados (Jacobsen *et al.* 1997). La estructura de las comunidades lóticas, en general están controladas por muchos factores, como: interacciones abióticas entre especies (depredación, competencia, parasitismo, etc.), como también por factores abióticos (temperatura, velocidad del agua, descarga, etc.) (Townsend 1989, Poff 1992, Death & Winterbourn 1995, Ramírez & Pringle, 1998; Miserendino, 2001). En general la descarga hidráulica de un río es considerada como un factor importante de perturbación ambiental que gobierna la estructura (Townsend 1989, Ramírez & Pringle 1998) y la

zonación de macroinvertebrados (Statzner & Higler 1986). Sin embargo poco se sabe sobre la relevancia de este parámetro hidráulico, en relación a las comunidades de macroinvertebrados en los ríos altoandinos.

Según estudios realizados por Wasson & Marín (1988) y Wasson *et al.* (1997) en ríos ubicados en la región de la Cordillera Real de Bolivia y otros estudios llevados a cabo en la región de los Andes venezolanos por Flecker & Feifarek (1994), evidenciaron que altas descargas provenientes de las precipitaciones, conducen a una disminución en la densidad de las comunidades de invertebrados acuáticos. Sin embargo estos trabajos no llegaron a dilucidar la relación existente entre los factores ambientales que controlan la estructura de las comunidades de macroinvertebrados y las respuestas de las comunidades frente a eventos de perturbación, a pesar de que estos ríos están caracterizados por su baja diversidad (Jacobsen *et al.* 1997).

Por estas razones el presente trabajo tiene el objetivo evaluar la estructura espacio-temporal de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos respecto a su densidad y número de taxa, relacionadas a variables ambientales en un

río altoandino de referencia, considerado como modelo para el estudio de la organización de las comunidades de macroinvertebrados frente a perturbaciones naturales. La investigación relaciona la evaluación de algunos parámetros físico-químicos y las comunidades bénticas presentes en tres sectores de la Cuenca alta del río Caquetá-Colombia, con diferente grado de intervención antrópica, con el fin de establecer la presión ejercida por el modelo agropecuario sobre la calidad del agua de la cuenca. Los ecosistemas lóticos son típicamente complejos y envuelven muchos fenómenos físicos, químicos y biológicos, dentro de una intrincada dinámica espacial y temporal (Allan 1995; Banarescu 1995). Los métodos de evaluación de la calidad de las aguas basados en macroinvertebrados acuáticos ofrecen múltiples ventajas tales como: simplicidad metodológica, rapidez en la obtención de los resultados y una alta confiabilidad, lo que hace de estos métodos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria de la calidad del agua en las cuencas y ríos en general (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega 1988, Jonson *et al.* 1992). 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).

## Metodología

### Descripción del área de estudio

La cuenca alta del río Caquetá se ubica en un ecosistema de bosque alto andino o subpáramo a alturas 2985 y 2925 msnm, ubicado al sur oriente del departamento del Cauca, en el municipio de San Sebastián, corregimiento de Valencia, Colombia. Los sitios de monitoreo se localizan en

las coordenadas, sitio 1 N: 01°53'75,5"-W: 01°55'14,8", sitio 2 N: 01°55'86,3"-W: 076°40'74,4" y sitio 3 N: 01°55'86,3" - W: 076°39'29,4", el trayecto total entre las estaciones de muestreo es de 7,3 Km establecidos a distancias de 5 Km para los sitios 1 al 2 y 2,3 Km entre 2 al 3. Las divisorias de la Cuenca se encuentran en la cordillera Central, en alturas entre 2500 a 3000 msnm. Esta Cuenca se encuentra enmarcada dentro de las macrounidades morfogénicas de Montaña Alta y Media Andina (IDEAM 1999) (Figura 1). El tipo de drenaje encontrado en la cuenca es una red dentrítica con morfología ovalada y de lecho de arenas muy finas y rocas, permitiendo el establecimiento del perifiton y la fauna bentónica del río, la dinámica hídrica disminuye por la presencia de numerosos meandros tortuosos con 1,5 de sinuosidad.

### Análisis de campo y laboratorio

Se realizaron muestreos mensuales en cada uno de los sitios con el fin de establecer las características físicas y químicas del agua con base en los parámetros de temperatura, conductividad, Oxígeno, gas carbónico disuelto, pH, dureza (carbonacea y total), alcalinidad, nutrientes (nitratos y amonio). Para tales efectos se emplearon los métodos estándar colorimétricos y potenciométricos (APHA 1992), empleando una sonda multiparamétrica YSI Professional Plus 600 y kit de reactivos Aquamerck y un micromolinetete para la determinación de caudal.

Se realizaron muestreos mensuales en cada una de las estaciones para esto se empleó una red de pantalla de 1mm de ojo de nasa y con tres repeticiones por cada estación para un total de 18 muestras. Los organismos capturados se colocaran en recipientes plásticos con alcohol al 70% para asegurar su preservación. De igual manera se realizó

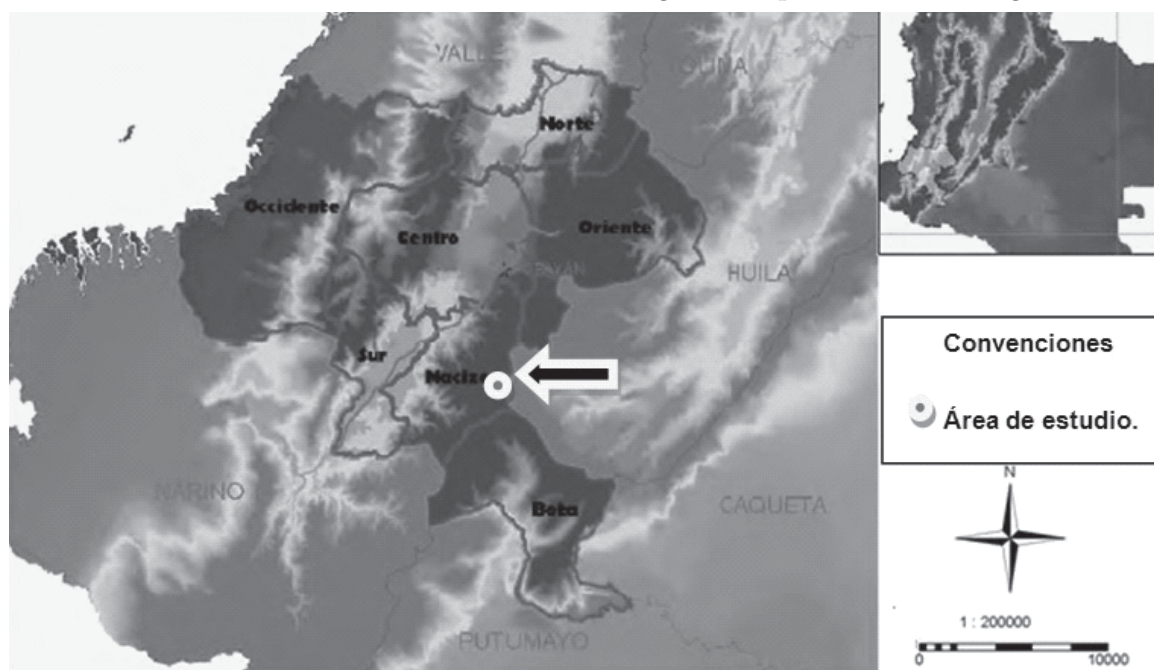


Figura 1. Ubicación del área de estudio, en el departamento del Cauca. IDEAM 2005.

colecta manual sobre la hojarasca y el lodo. Los especímenes colectados se llevaron al laboratorio de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad del Cauca, donde se identificaron con ayuda de claves taxonómicas. (Roldan 1980, 1988, 2001, 2003, Zamora 1995, 1998, 1999). Se empleó el software de procesamiento estadístico (SPSS Versión Académica 11,5), para realizar pruebas de normalidad como Kolmogorov-Smirnov, se estableció que los datos obtenidos no se ajustan a la distribución normal, se procedió a emplear pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Mann Whitney en las cuales no se obtuvo significancia estadística, se aplicaron pruebas descriptivas de similitud, como Bray Curtis y análisis de Correlación de Spearman, Componentes principales, Correspondencia distendida y Canónica además se calcularon Índices de diversidad de Shannon-Weaver y BMWP. (Zamora 1999).

#### *Estimación de la diversidad*

Se estimó la diversidad alfa utilizando la riqueza específica (número total de especies determinadas por punto en cada muestreo). Adicionalmente, se analizó la diversidad estructural utilizando el índice de diversidad de Shannon-Wiener y el índice de equidad de Pielou. Se realizó una curva de acumulación de especies, con el objeto de realizar una evaluación de muestreo a través de la estimación de la riqueza esperada utilizando los estimadores Chao y Chao 1.

Se analizó el comportamiento de las variables físicas y químicas utilizando un Análisis de Componentes Principales (PCA). Se exploró la similitud entre puntos de acuerdo al período de muestreo y época climática y su relación el comportamiento de la comunidad de macroinvertebrados, usando un análisis de correspondencia sin tendencia (DCA). Adicionalmente, se estudió la diversidad beta utilizando también el coeficiente de Bray Curtis para realizar el dendrograma.

#### *Relación con variables ambientales*

Para determinar si existe relación (el tipo y la magnitud) entre la riqueza y la diversidad de Shannon para los Macroinvertebrados en los sitios de muestreo, con los cambios en las variables físicas y químicas determinadas en el agua, se realizó un análisis de regresión y de correlación.

Para identificar si hay diferencias significativas entre la diversidad de los puntos de muestreo en la río, se aplicó un test no paramétrico de Kruskal-Wallis y Komogorv Smirnov.

## **Resultados y discusión**

### *Aspectos físico químicos*

#### *Gases disueltos en el agua*

El oxígeno disuelto obtuvo un porcentaje promedio para el

sitio uno de 7,1 mg/L, en el sitio dos con 7,3 y el sitio 3 con 7,9, que representan valores normales para ecosistemas de alta montaña, con bajas temperaturas, buena dinámica hídrica y poca o escasa intervención. Por su parte el porcentaje de saturación de oxígeno presentó valores promedio de 65% en el sitio uno, 68,3 % en el sitio dos y en el sitio tres con un 69,1, presentando para todos los sitios condiciones de subsaturación debido en parte al aumento de la temperatura del agua, producto de la remoción de la vegetación riparia en la cuenca que permite la penetración lumínica al cauce elevando su temperatura.

En cuanto a la presencia de dióxido de carbono en el sistema encontramos un promedio de 1,8 mg/l en el sitio uno; en el sitio dos, 2,5 mg/l; y 1,5 mg/l en el sitio tres, valores relativamente menores debido a que la productividad del sistema es autóctono y depende en gran parte de la materia orgánica e inorgánica particulada, por esta razón en el sitio dos donde confluye la quebrada el porvenir y el río Caquetá este afluente arrastra las descargas de contaminantes producidos por los habitantes y las actividades agropecuarias del corregimiento que tiene el mismo nombre.

#### *Carbono inorgánico disuelto, pH y alcalinidad*

El potencial de hidrogeniones mostró valores promedio de 7,4 para el sitio uno, de 7,3 en el sitio dos y de 7,4 en el sitio tres, presentando una buena capacidad buffer en el sistema y este se encuentra influenciado por los bicarbonatos, presentando valores de alcalinidad promedio altos, donde se obtuvieron para el sitio uno, un total de 90 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , sitio dos con 76,6 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  y en el sitio tres con 86,6 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , por el contrario los valores de la acidez fueron bajos y en promedio se obtuvo par el sitio uno, un total de 3,8 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , sitio dos con 3,5 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  y en el sitio tres con 1,6 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ .

En las durezas se presentó coherencia entre los valores de dureza total y carbonácea. En promedio para la dureza total se obtuvieron para el sitio uno, un total de 164 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , lo que determina que las aguas son duras para esta zona. En el sitio dos el promedio fue 46-6 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  y en el sitio tres con 37,9 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ . La dureza carbónacea en promedio se obtuvo para el sitio uno, un total de 51,5 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , sitio dos con 31,4 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  y en el sitio tres con 19,1 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , estos resultados permiten inferir que la durezas son influidas por iones de  $\text{Ca}^+$  y  $\text{Mn}^+$  y que el sitio uno presenta aguas duras productivas para la biota acuática. Se encontraron valores promedio de  $\text{Ca}^+$  para el sitio uno, de 14 mg/L, sitio dos con 12 mg/L y en el sitio tres con 13,8 mg/L demostrando que el sitio uno y tres presenta mayor concentración de iones de calcio en el agua producto de la erosión y los niveles de intervención en la cuenca.

#### *Nutrientes*

En cuanto a los nutrientes el nitrógeno se pretendió

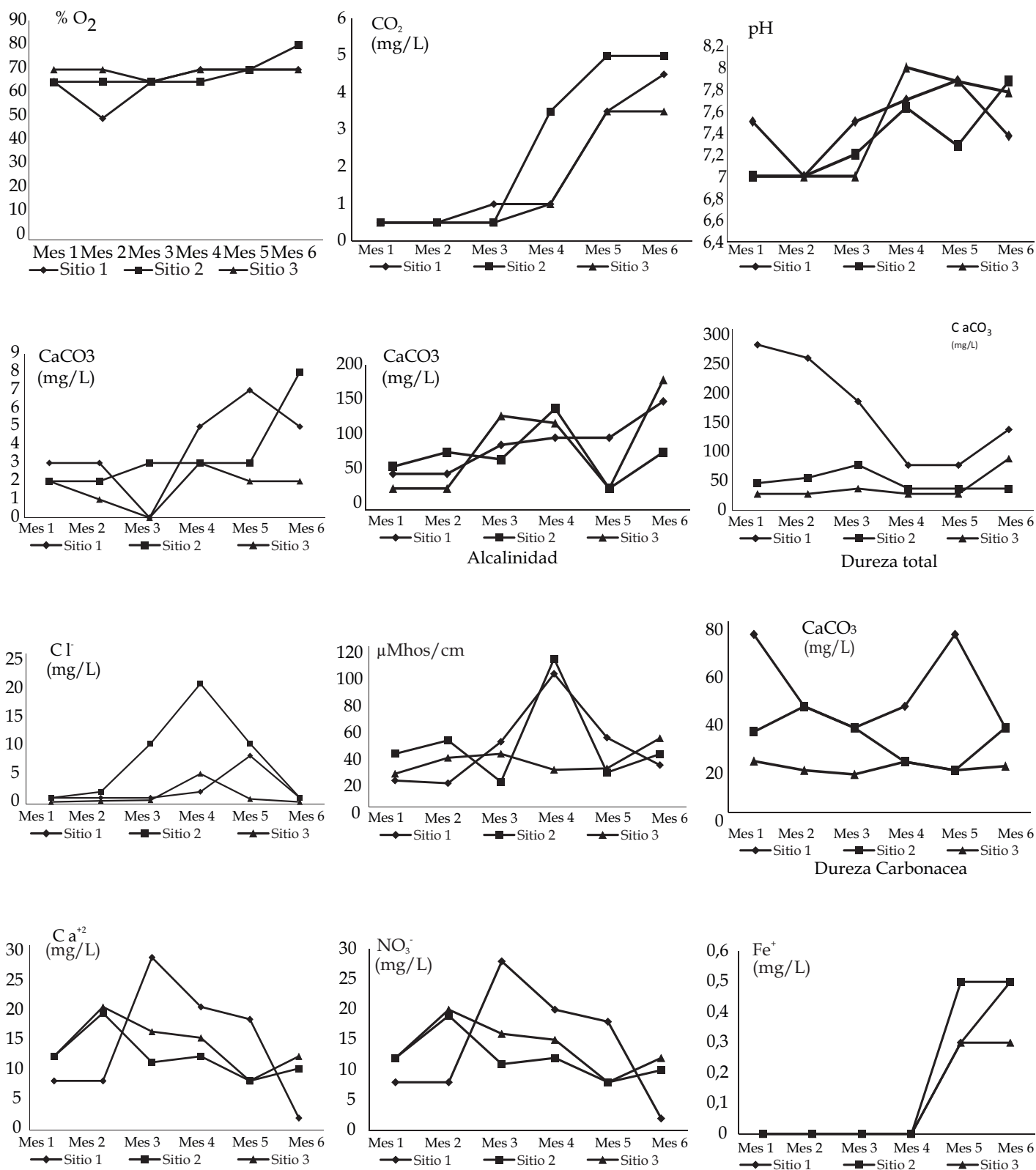
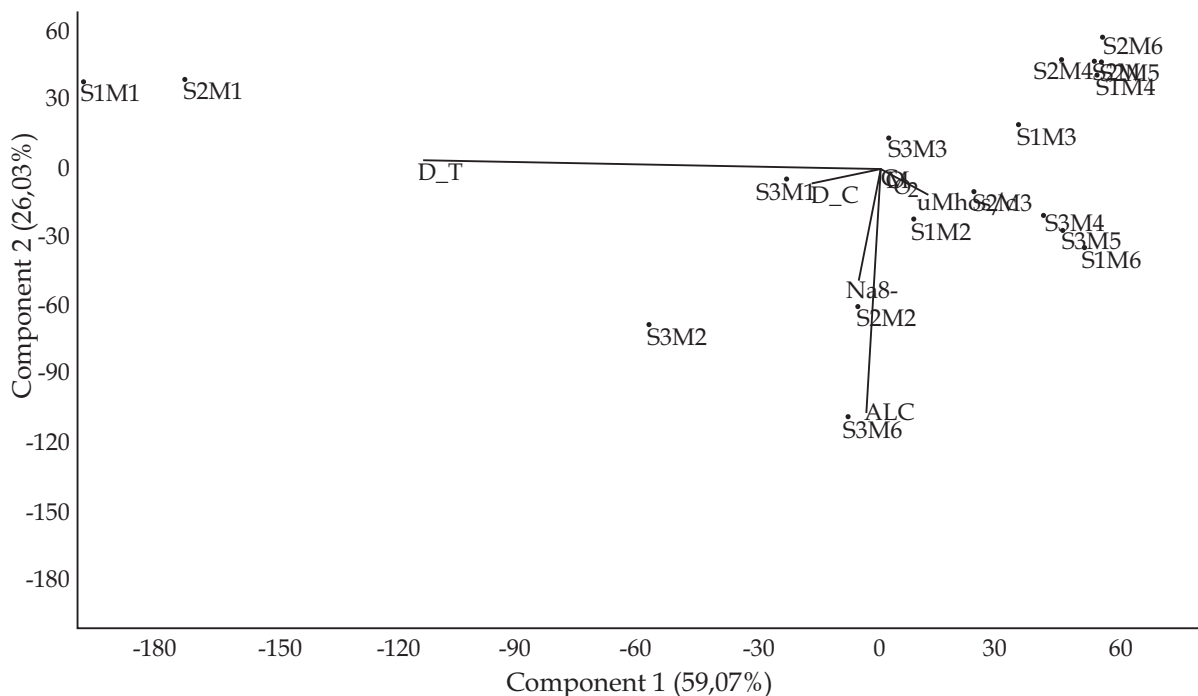


Figura 2. Comportamiento temporal de las variables físicas y químicas durante los meses de muestreo. En la figura en su parte superior se detalla los gases disueltos, el sistema buffer pH, alcalinidad y acidez y en la parte inferior las durezas.





**Figura 3.** Análisis de componente principal para las variables físicas y químicas del agua. S1-S3: Puntos de muestreo; M1-M6: periodos de muestreo (Marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre).

establecer las concentraciones de amonio y nitratos como indicadores de los procesos de degradación de materia orgánica en el sistema. En cuanto al amonio, no se registraron valores, aspecto que consideramos se relaciona con la sensibilidad del método empleado, pues fue posible encontrar valores de nitratos, que se consideran relativamente altos para este tipo de ecosistemas acuáticos de alta montaña. En cuanto a los nitratos, en el sitio uno, se encontraron valores promedio de 70,8 mg/L, en el sitio dos, de 58,3 mg/L y el sitio tres, de 47 mg/L. Estos valores corresponden al aporte alóctono de los agroquímicos y la ganadería extensiva.

*Conductividad e iones disueltos*

Los mayores valores en la conductividad se obtuvieron en épocas de lluvia, correspondiente al mes cinco donde los niveles del río aumentaron significativamente, ya que el arrastre de sedimentos es mayor. En el caso de los sitios uno y dos que presentan conductividades relativamente altas de 111 y 99,74 uMhos/cm, los demás análisis se ajustan a los rangos para ecosistemas de alta montaña que están entre 20 y 50 uMhos/cm, que de acuerdo con Roldan (2008), esto implica que las alteraciones en el balance hídrico de la cuenca es alterado por la remoción de la cobertura vegetal por cambios en el uso del suelo que genera alteración del ciclo hidrológico y aportes de sedimentos al cauce por la escorrentía de las lluvias (Figura 2).

Los cloruros se ubican en gran medida en sales como el cloruro de sodio; su incremento se debe a factores como el arrastre de material de sectores erosionados de la cuenca

como en el caso de su incremento en el mes julio de lluvias en los sectores uno y dos, otra causa de los elevados valores en estos sitios se debe también a las descargas de aguas servidas de núcleos poblacionales en el caso del sitio dos la vereda el Porvenir y en el sitio uno el corregimiento de Valencia, se correlaciona con la conductividad (Tabla 1). En un ecosistema acuático el  $Fe^{+}$ , es un elemento esencial especialmente como pigmento respiratorio en cuanto al muestreo lo observamos en un aumento drástico en las concentraciones de los meses cinco y seis en todos los sitios de muestreo debido a la precipitación de estos iones por la disminución drástica del caudal, considerándose perjudicial para la biota (Figura 3).

*Variables Bióticas*

Los macroinvertebrados encontrados en la cuenca alta del río Caquetá (Tabla 2), las estaciones de muestreo en las que fueron encontrados y su distribución geográfica de acuerdo con: Roldán (1999, 2003 y 2008). Fueron reportados para el sistema ocho órdenes de Macroinvertebrados, doce familias y 16 géneros, con un total de 1.518 individuos colectados. De los 20 órdenes de Macroinvertebrados reportados para Colombia (Roldan 2003), se identificaron ocho para la cuenca alta del río Caquetá, en la cual se encontró la mayor población de los órdenes Ephemeroptera, Díptera, Coleóptera, Haplotaxia y Tricóptera.

En la Figura 4 (a), se relaciona la presencia de catorce géneros, pertenecientes a once familias y seis órdenes en el sitio uno, con una marcada dominancia del orden Díptera que presenta cuatro familias con seis géneros, los órdenes

**Tabla 1.** Promedio y desviación estándar, de los parámetros físico químicos evaluados en la Cuenca Alta del río Caquetá.

Parámetros	Unidades	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3	
		X	S	X	S	X	S
T° Ambiental	°C	11,40	5,20	18,70	2,50	13,30	1,20
T° Agua	°C	12,10	2,20	11,50	1,00	10,00	0,50
Humedad	%	71,20	16,90	57,20	24,30	76,50	15,60
O <sub>2</sub> D	mg OD/L	7,10	1,30	7,40	0,40	7,90	0,20
CO <sub>2</sub>	mgCO <sub>2</sub> /L	1,80	1,70	2,50	2,30	2,40	2,10
pH	Unidades	7,50	0,30	7,30	0,40	7,40	0,40
Acidez	mgCaCO <sub>3</sub> /L	3,80	2,40	3,50	2,30	1,70	1,00
Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /L	90,00	37,40	60,00	21,00	86,70	65,30
Dureza Total	mgCaCO <sub>3</sub> /L	152,90	88,40	46,60	15,50	38,00	23,50
Dureza Carb	mgCaCO <sub>3</sub> /L	51,60	18,30	31,40	10,00	19,00	2,20
Nitratos	mg(NO <sub>3</sub> -)/L	70,80	40,10	58,30	25,80	47,50	30,60
Amonio	mg(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calcio	mgCa <sup>2+</sup> /L	14,00	9,60	12,00	3,70	13,80	4,10
Conductividad	uMhos/cm	61,10	35,00	58,90	45,60	36,20	13,30
Cloruros	mg(Cl <sup>-</sup> )/L	2,30	2,80	7,30	7,50	2,90	3,10
Hierro	mgFe/L	0,10	0,20	0,20	0,30	0,10	0,20

Ephemeroptera, Coleóptera y Haplotaquia presentan dos familias e igual número de géneros, los Crustáceos e Hirudineos presentan una sola familia y un solo género.

En este sitio, se presenta una marcada dominancia de los géneros *Camelobatioides* con un 29,35% y 27,17% de *Baetodes*, seguido de un 12,86 % *Molophilus*, 11,59% *Ablabesymia* y 4,35% *Hellobdella*. La presencia de Dípteros de los géneros *Chironomus*, *Ablabesymia*, *Alluaudomyia* y del orden Haplotaquia con el género *Tubifex*, indican según Zamora (1999) y Roldan (2003), alteración de las condiciones físicas químicas y de la estructura composición de las comunidades biológicas del cuerpo de agua, que generalmente se asocian con ecosistemas en degradación en condiciones de eutrofia, por el aporte de carga orgánica e inorgánica y alteraciones de los microhábitats generados por la acumulación de sedimentos originados de la erosión por cambio en el uso del suelo y que es transportada por la escorrentía superficial cuando se presentan las precipitaciones.

En la Figura 4 (b), se relaciona la presencia de once géneros, pertenecientes a nueve familias y seis órdenes en el Sitio dos, con una marcada dominancia del orden Díptera, que presenta cuatro familias con cinco géneros. El orden Ephemeroptera, presenta dos familias e igual número de géneros, los Crustáceos, Coleópteros, Gordiodes, Haplotaquia y Trichoptera presentan una sola familia y género.

En el sitio dos, se presenta una marcada dominancia de los géneros *Camelobaetidius* con un 41,28% y 14,39% de *Baetodes*, seguido de un 20,49 % *Simulium*, 12,94% *Molophilus* y 4,22% *Aelosoma*. La presencia de Dípteros de los géneros *Ablabesymia*, *Alluaudomyia*, *Tipula*, *Molophilus* y del orden Haplotaquia con el género *Aelosoma*, indican

según Zamora (1999) y Roldan (2003) que son habitantes de aguas loticas o de márgenes arenosos de arroyos con presencia de fango y abundante materia orgánica en descomposición; el orden Haplotaquia con el género *Aelosoma*, usualmente habita en aguas eutrofizadas sobre fondo fangoso y abundante cantidad de detritus.

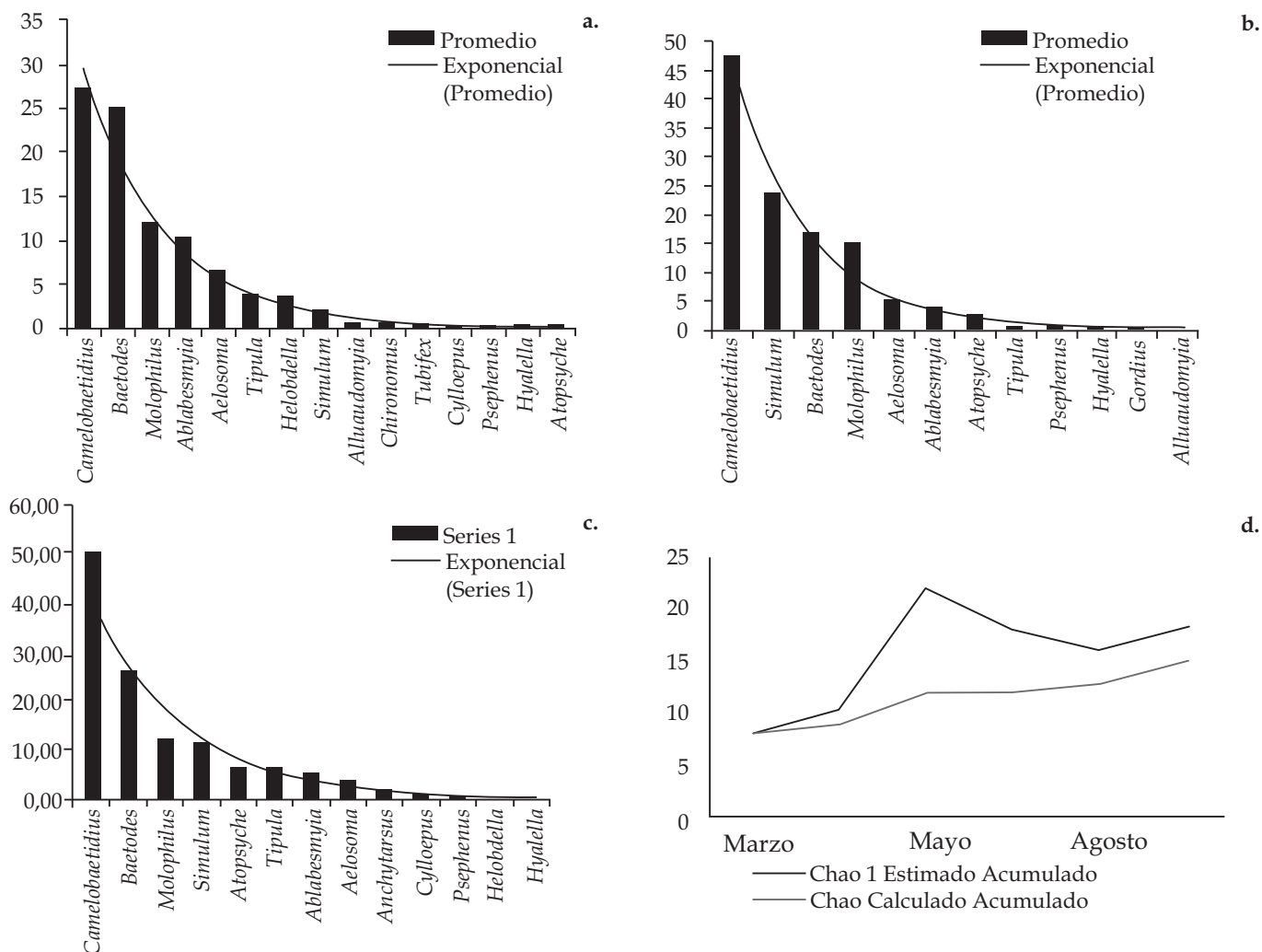
La alteración en la estructura y composición de la comunidad Macroinvertebrados en el cauce se relaciona con los aportes alóctos orgánicos e inorgánicos generados por el cambio en el uso del suelo en la Cuenca. En este sitio fue el único en que se encontró dos individuos el género *Gordius* en mes seis y este está relacionado con ecosistemas oligotróficos.

En la Figura 4 (c), se relaciona la presencia de trece géneros pertenecientes a diez familias de siete órdenes en el sitio tres, con una dominancia del orden Díptera que presenta cuatro familias con cuatro géneros, el orden Coleóptero presenta tres familias, los Ephemeropteros con dos familias e igual número de géneros, los Crustáceos, Haplotaquia, Hirudinea y Trichoptera presentan una sola familia y género.

En el sitio tres, se presenta la dominancia de los géneros *Camelobaetidius* con un 37% y 20% de *Baetodes*, seguido de un 13% *Molophilus*, 9% *Simulium* y 6% *Atopsyche*. La abundancia promedio de los géneros que indican condiciones de eutrofia de la cuenca, disminuye, en el caso de los géneros de Dípteros como *Ablabesymia* con un 4% y *Tipula* con 6%. El orden Coleóptera presenta una mayor diversidad con relación a las demás estaciones, encontrando tres géneros de los cuales el *Anchytarsus* solo se encontró en este sitio, debido a que el hábitat de este

**Tabla 2.** Lista de Macroinvertebrados por sitios en el río Caquetá y número de individuos por género.

Orden	Familia	Género	S1	S2	S3
Aphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella</i>	1	3	2
Coleóptera	Elmidae	<i>Anchytarsus</i>	-	2	10
	Elmidae	<i>Cyloopus</i>	1	1	6
	Psephenidae	<i>Psephenus</i>	1	2	5
Díptera	Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia</i>	3	-	12
	Chironomidae	<i>Ablabesymia</i>	61	22	34
	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	3	-	-
	Tipulidae	<i>Molophilus</i>	71	89	107
	Tipulidae	<i>Tipula</i>	22	3	10
Ephemeroptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>	11	141	79
	Baetidae	<i>Camelobaetidius</i>	162	284	312
Gordiodes	Baetidae	<i>Baetodes</i>	150	99	165
	Gordidae	<i>Gordius</i>	-	2	-
Haplotaquia	Aelosomatidae	<i>Aelosoma</i>	41	29	25
Hirudinea	Glossiphoniformes	<i>Hellobdella</i>	24	-	6
Trichoptera	Hidrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	1	14	48
		Total	552	688	835



**Figura 4.** a. Porcentaje de abundancia de Macroinvertebrados para el sitio 1, b. Porcentaje de abundancias para el sitio 2, c. Porcentaje de abundancias para el sitio 3 y d. Curvas de riqueza acumulada y estimada.

género son de aguas con corrientes frías y muy oxigenadas; sustrato pedregoso y material vegetal.

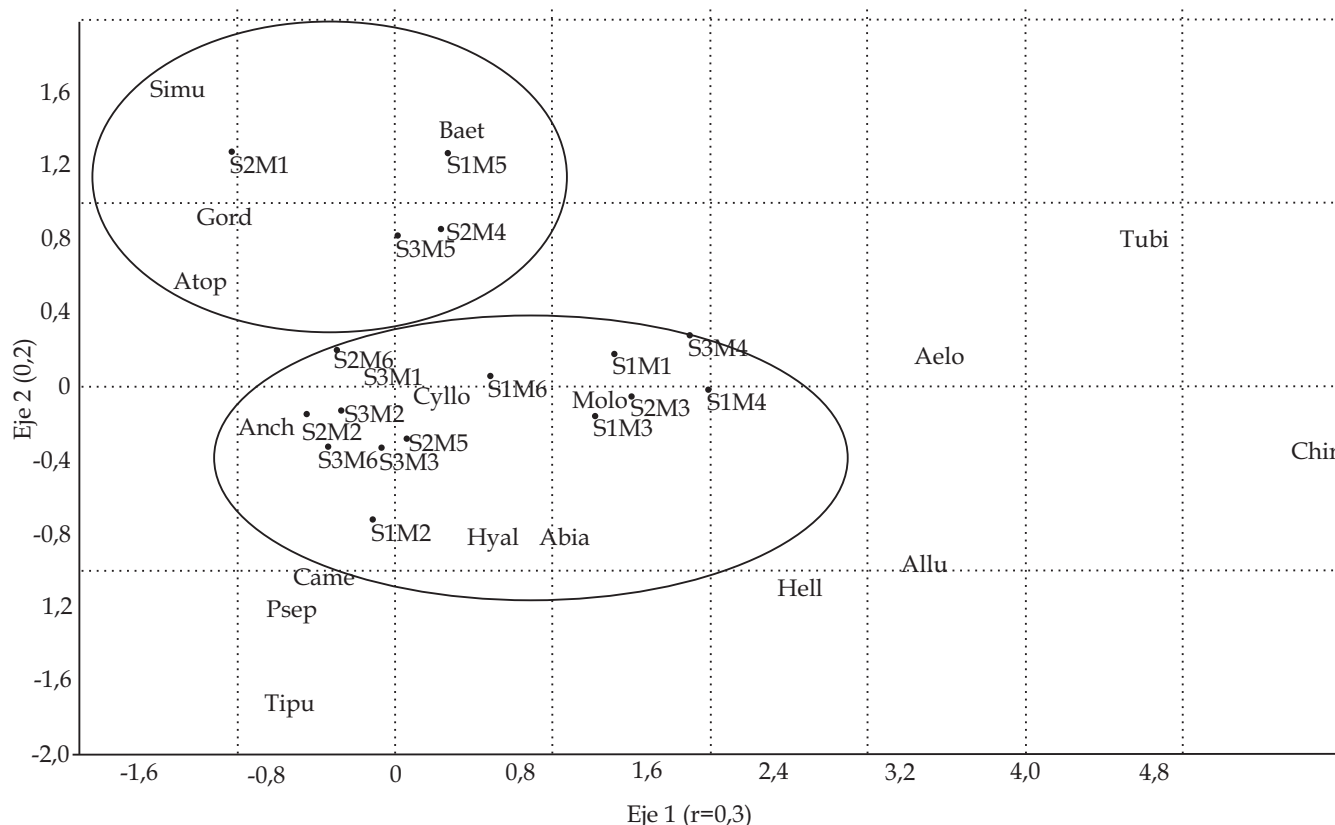
La estructura y composición de esta comunidad, presenta variaciones con respecto a las demás estaciones debido a que las condiciones ambientales varían en términos de calidad físico-químicas del agua como también la presencia de cobertura vegetal en los márgenes de la cuenca que generan microhábitats y recursos alimenticios para los géneros con hábitos detritívoros.

El análisis de correspondencia tiende a separar los puntos de acuerdo al periodo de muestreo pero es clara una mayor relación entre los meses y los sitios muestreados con la diversidad encontrada. En la parte central del gráfico encontramos gran parte de los muestreos, solamente en la parte superior se destaca el M5 para el sitio uno y tres además de los meses M1 y M4 para el sitio dos, relacionados con algunos géneros como *Simulium*, *Gordius*, *Atopsyche*, en el margen opuesto se observan géneros comunes en los sitios de muestreo como Tubificidae, Chironomidae, *Helobdella* y *Alluaudomyia* (Figura 5).

#### Diversidad de Macroinvertebrados

Se relacionan géneros comunes para los tres sitios de muestreo. Comparten un total de nueve géneros, pertenecientes a siete familias de un total de cinco órdenes, en los que se destaca el orden Díptera con cuatro familias y los Efemerópteros con dos familias.

Llama la atención la presencia del orden Crustáceo con el género *Hyalella*, indicadores de aguas oxigenadas y corrientosas. Se encontró una dominancia marcada por los géneros *Camelobaetidius* y *Baetodes* del orden Efemeróptera. En cuanto a la bioindicación de los géneros según Roldan (2003), se encontró un total de cinco géneros con características de hábitat oligotrófico ricos en Oxígeno en los que se destacan los *Baetodes*, *Camelobaetidius*, *Simulium*, *Hyalella* y *Atopsyche*, pero también se comparten cuatro géneros con características eutróficas como son *Ablabesmyia*, *Molophilus*, *Tipula*, del orden Díptera y *Aelosoma* del orden Haploxtaxia que indican que el ecosistema se encuentra en un estado de degradación ya que estos organismos se caracterizan por encontrarse en hábitat lóticos con presencia de fango y materia orgánica en



**Figura 5.** Análisis de correspondencia sin tendencia (DCA). S1 - S3: Puntos de muestreo; M1 - M6: períodos de muestreo (Marzo, abril, mayo, junio, agosto y septiembre).

descomposición.

El promedio del índice de diversidad de Shannon-Weaver para los tres sitios se encuentra en la escala entre 0 y 2,5 presentando una baja diversidad. No obstante, se destaca que en algunos meses el ecosistema presenta en los sitios uno y tres, valores correspondientes a rangos entre 1,6 y 3,0 indicando una mediana diversidad. El sitio tres presentó una estabilidad en la distribución en los valores de diversidad y equitatividad. En cuanto al índice de equitatividad de Pielou para los sitios, presenta valores cercanos a uno para el sitio uno en los meses uno, tres, cuatro y seis, disminuyendo drásticamente en el mes cinco de abundantes precipitaciones en el área de estudio, los sitios dos y tres presentan valores menores al sitio uno pero una menor variabilidad entre los valores mensuales que le permiten tener una curva más estable (Figura 6).

El análisis estadístico no arrojó diferencias significativas, entre meses de muestreo ni puntos y épocas climáticas. Sin embargo, temporalmente se observan algunos cambios, pero no hay un patrón muy claro en los diferentes índices y su fluctuación es muy diferente entre puntos de muestreo (Figura 6).

En la Tabla 3 se presentan los valores medios y de dispersión, mínimo y máximo entre meses para los índices de diversidad analizados, observándose muy baja de diversidad estructural, relacionados con un número promedio de especies relativamente bajo y con una equidad muy reducida debido a la marcada y permanente

dominancia de unos pocos géneros.

El clúster basado en Bray-Curtis relaciona claramente la separación de los muestreos agrupando la mayoría de los puntos según el mes de colecta, lo que indica que las diferencias entre meses son considerables y mayores a las que hay entre puntos de muestreo (Figura 7). El dendrograma presenta grupos conformados, en su mayoría, por los puntos dentro de cada mes de muestreo en respuesta a la dominancia de las especies más

**Tabla 3.** Valores de los estadísticos de tendencia central, dispersión, máximos y mínimos de índices de riqueza específica.

Índice	Sitio	$\bar{X}$	Mínimo	Máximo
Riqueza de especies	S1	7,00	5,00	10,00
	S2	6,30	3,00	8,00
	S3	8,50	4,00	12,00
Índice de Margalef	S1	1415,00	0,90	2118,00
	S2	1,18	0,96	1412,00
	S3	1575,00	0,92	2139,00
Diversidad de Shannon H'	S1	1,46	0,58	1987,00
	S2	1,25	0,74	1562,00
	S3	1,53	1157,00	1869,00
Equidad de Pielou J'	S1	0,75	0,36	0,98
	S2	0,69	0,60	0,80
	S3	0,73	0,63	0,83



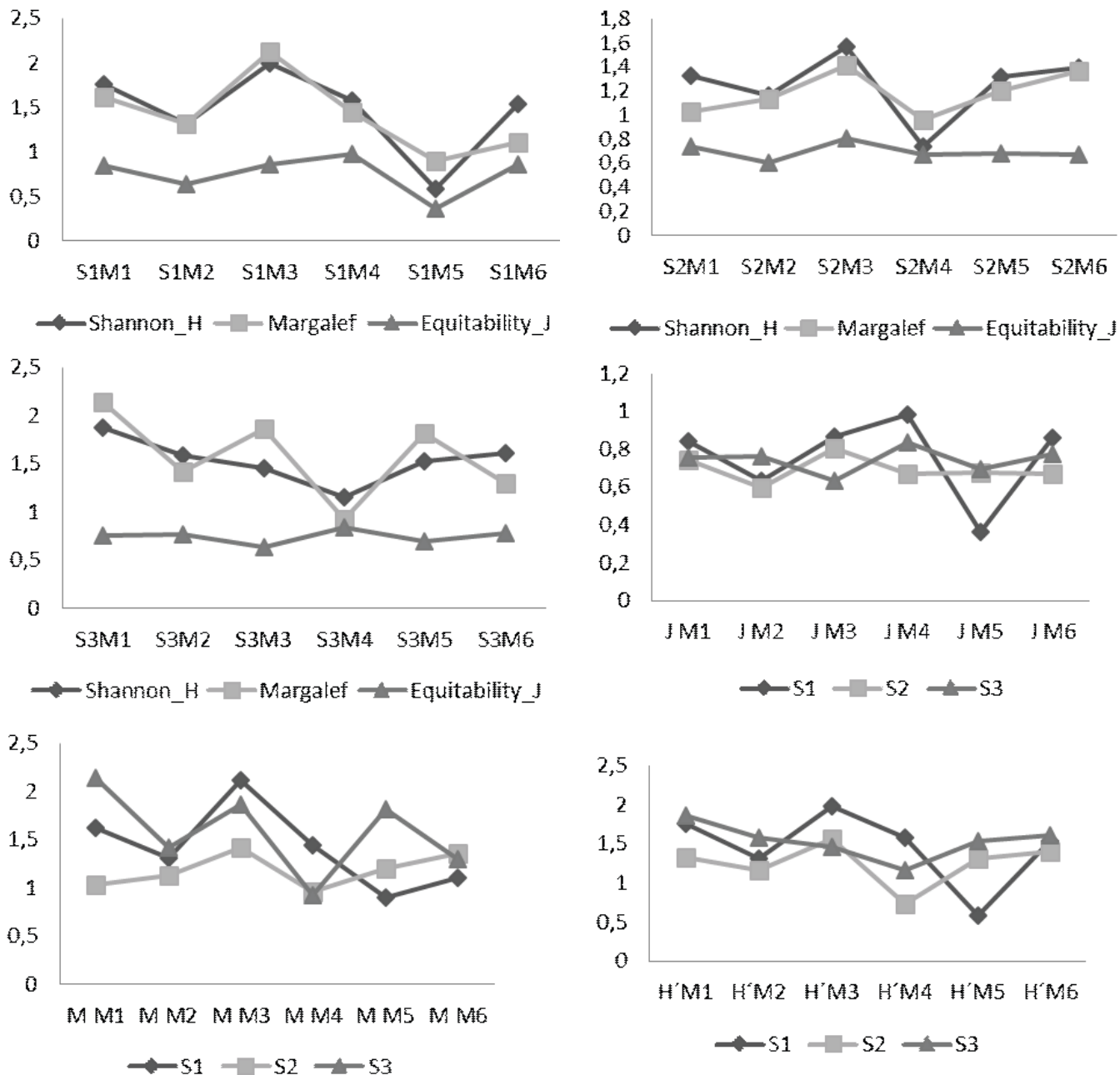


Figura 6. a. b. y c. Índice de Shannon weaver, Margalef y equitatividad de Pieluo para los sitios. d. Índice de equitatividad de Pielou para los sitios. e. Índice de Margalef para los sitios y f. Índice de Shannon weaver para los sitios.

representativas que se alternan mes a mes en el río.  
*Relación entre la comunidad de macroinvertebrados y las variables abióticas*  
 La tabla 4 muestra las correlaciones positivas entre la comunidad de macroinvertebrados y algunas variables abióticas, en los géneros dominantes *Camelobaetidius* y *Baetodes*, que presentan correlaciones con los siguientes parámetros, iones de  $Cl^-$ ,  $Ca^{+2}$ , alcalinidad y dureza carbónica, en cuanto a los géneros *Helobdella*, *Atopsyche*, se correlacionan positivamente con iones de  $Fe^{+}$ , con la alcalinidad, el Oxígeno disuelto y la dureza total al igual que el género *Psephenus* del orden Coleoptera se correlaciona positivamente con la alcalinidad.

En la Figura 8 se señala las relaciones entre los macroinvertebrados y los parámetros físicos- químicos, presentando relaciones similares entre los sitios en el tiempo a excepción de algunos muestreos puntuales en los sitios, lo que permite inferir que no se presenta diferencia significativa entre los sitios y que en cambio presentan condiciones similares en su caracterización física y química al igual que la estructura y composición de la fauna bentónica.  
 En cuanto a la (Tabla 5) que se refiere al Índice biológico BMWP, para los sitios uno, dos y tres, arrojó una valoración promedio de 60 puntos, que indican aguas de calidad medianamente contaminadas. Factores como el aporte

alóctono de sedimentos, vertimientos de agroquímicos y desechos urbanos, junto con la alta tasa de cambio de uso del suelo, han generado la alteración de las comunidades de Macroinvertebrados de la cuenca alta del río Caquetá (Figura 9).

En época de lluvias el índice desciende drásticamente en todos los sitios, debido a que el aumento espontáneo del caudal generó un fenómeno de arrastre de los individuos de las comunidades de Macroinvertebrados presentes en el área de estudio que incide directamente en el número de organismos colectados. Por el contrario en época de escasas de lluvias el índice se comporta estable en los sitios dos y tres, presentando incluso un leve aumento, factores como la temperatura del agua y disminución del caudal inciden directamente en la variación de este índice. El valor más alto para este índice biológico se alcanzó en el mes uno en el sitio tres, seguidos del sitio dos y tres en el mes tres, períodos de transición que generaron condiciones ambientales óptimas para la presencia de los diferentes géneros.

Podemos determinar que al emplear un índice de diversidad como es el caso de Shannon - Weaver y otro cualitativo de biondicación como es el BMWP adaptado para Colombia por Zamora (2007), se encontraron valores bajos de diversidad en todos los sitios monitoreados, al

igual que una biondicación con dominancia de géneros de aguas en condiciones de eutrófia, lo que sugiere que el ecosistema acuático de la cuenca alta del río Caquetá, está bajo tensores antrópicos que generan cambios en la estructura y composición de las comunidades bentónicas presentes en el cauce, ocurriendo comportamientos similares a través de 7 Km monitoreados y que para el sitio tres presenta una leve puntuación mayor, evidenciando que los tensores provenientes de las actividades agropecuarias tienen unos niveles de impacto sobre el área de influencia de la cuenca.

La estructura de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de la cuenca alta del río estuvieron dominadas en términos de abundancia, especialmente por los órdenes Díptera y Ephemeroptera.

Los resultados obtenidos muestran que la diversidad y la abundancia de macroinvertebrados bentónicos son homogéneas en los sitios monitoreados a lo largo de la cuenca alta del río, permaneciendo estable en función de las características físicas del habitat fluvial, especialmente de sus parámetros físico-químicos e hidráulicos. La distribución de los organismos está fuertemente condicionada por la compleja geomorfología fluvial de la cuenca y la productividad aloctona. Existe un gran número de características de los ríos que actúan como factores

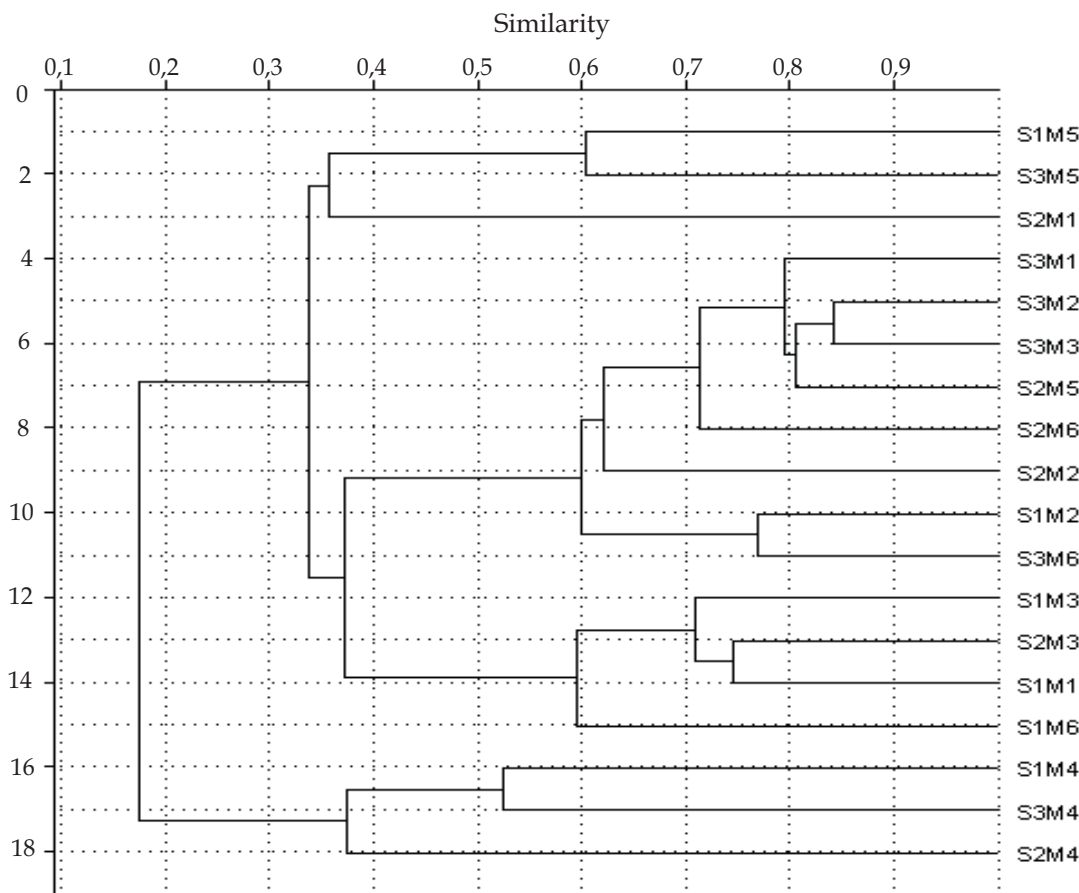


Figura 7. Análisis de clasificación Bray-Curtis con base en la matriz de abundancia de especies en cada mes de muestreo. M1-M6: meses de muestreo, S1-S3: sitios de muestreo.

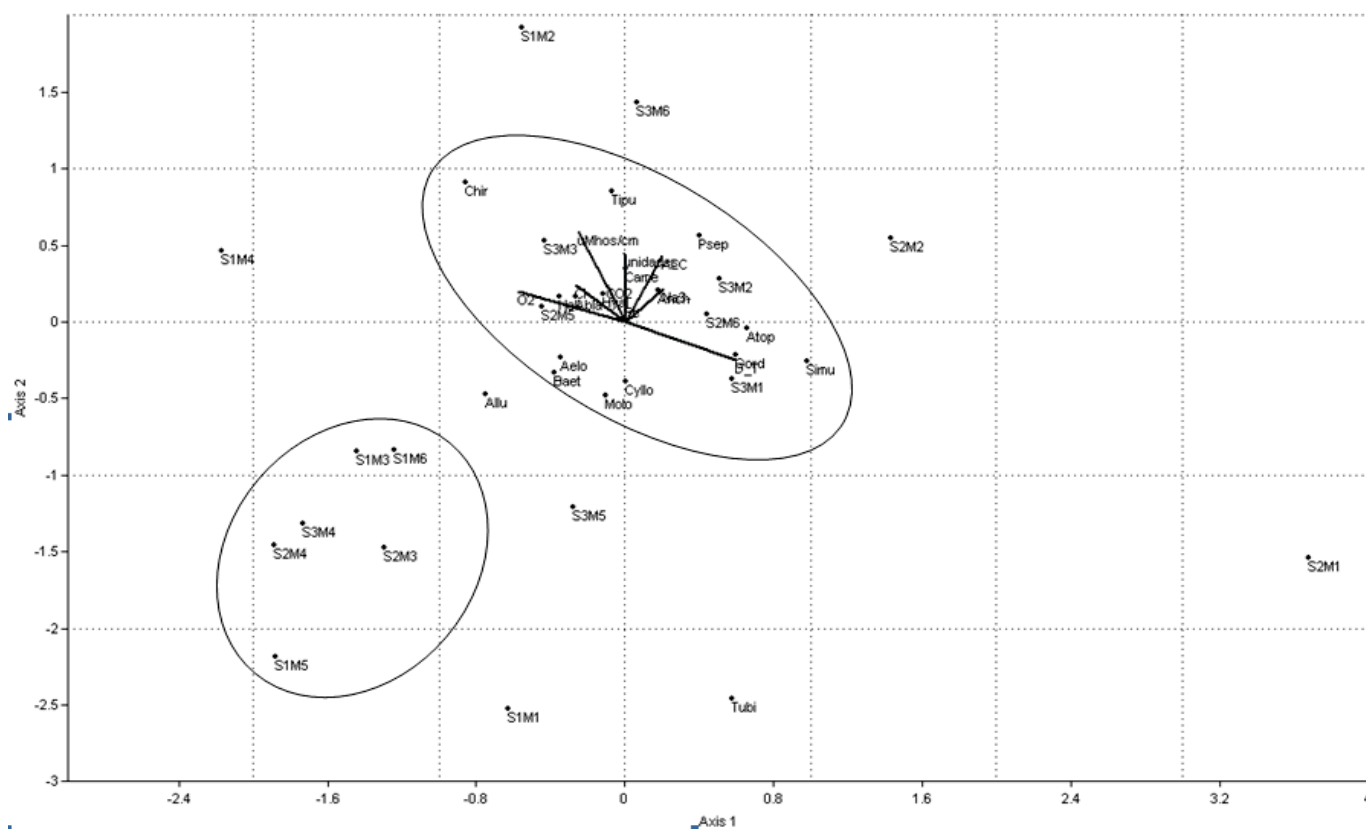
**Tabla 4.** Correlación de Spearman entre las variables independientes vs dependientes de la cuenca alta del río Caquetá.

	Anch	Cyllo	Psep	Hyal	Abla	Allu	Chir	Molo	Tipu	Simu	Came	Baet	Aelo	Tubi	Hell	Atop	Gord
uMhos/cm	0,80	0,90	0,10	0,60	0,60	0,80	0,10	0,40	0,50	0,90	0,10	0,40	0,10	0,20	0,30	0,80	0,60
unidades	1,00	0,40	0,40	0,80	1,00	0,10	0,70	0,50	0,60	0,60	0,10	0,50	0,50	0,80	0,70	0,80	0,20
Na3-	0,50	0,70	0,00	0,60	0,90	0,80	0,20	0,60	1,00	0,80	0,30	0,10	0,80	0,80	0,10	0,20	0,10
Fe	0,40	0,20	0,10	0,40	0,20	0,30	0,30	0,30	0,50	0,60	0,60	0,30	0,20	0,50	0,0*	0,60	0,30
Cl-	1,00	0,40	0,70	0,20	0,10	0,40	0,20	0,70	0,60	0,20	0,60	0,0*	0,60	1,00	0,20	0,60	0,50
Ca+2	0,90	0,40	0,80	0,20	0,20	0,30	1,00	0,40	0,30	0,90	0,10	0,50	0,10	0,20	0,40	0,80	0,20
AC	0,90	0,20	0,50	0,50	0,30	0,20	0,90	0,40	0,40	0,50	0,90	0,0*	0,80	0,70	0,80	1,00	0,50
ALC	0,10	0,90	0,0*	1,00	0,30	0,20	0,40	1,00	0,10	0,50	0,0*	0,70	0,70	0,60	0,80	0,0*	0,20
CO2	0,30	0,30	0,30	0,60	0,10	0,10	0,90	0,10	1,00	0,70	0,70	0,30	0,50	0,30	0,40	0,70	0,40
O2	0,90	0,10	0,40	0,50	0,60	0,80	0,20	0,40	0,30	0,80	0,20	0,70	0,90	0,30	0,0*	0,40	0,50
D C	0,40	0,40	0,50	1,00	0,90	0,50	0,80	0,60	0,60	0,90	0,90	0,0*	0,20	0,10	0,70	0,90	0,30
D T	0,10	0,30	0,20	0,70	0,70	0,30	0,60	0,50	0,10	0,10	0,50	0,30	0,60	0,10	0,20	0,0*	0,20

controladores de los patrones de distribución de los macroinvertebrados bentónicos (Brooks *et al.* 2005). Las características del sustrato, incluyendo su estructura física, contenido orgánico y estabilidad, son rasgos de gran importancia ecológica (Ward *et al.* 2002). Sin embargo, las características hidráulicas tienen particular relevancia de los ríos, siendo propuestos como uno de los principales determinantes de la organización de las comunidades (Pavis & Barmuta 1989, Carling 1992). La influencia de las condiciones hidráulicas sobre los patrones de distribución

espacial de los macroinvertebrados en el mes cinco, fue determinante en el estado de las poblaciones influenciadas por el fenómeno de deriva.

Los patrones de distribución espacial de la biota de los ríos presentan una elevada complejidad, debido a que los paisajes fluviales incluyen una gran cantidad de series de hábitats y gradientes ambientales (Ward 1998). Estos tipos de sistemas son altamente dinámicos, manifestando constantemente cambios en los hábitats (Stanford *et al.* 1996, Ward *et al.* 2002), siendo los procesos hidrológicos



**Figura 8.** Análisis de Correspondencia Canónica, se relaciona los parámetros físico químicos y biológicos de la cuenca alta del río Caquetá.

**Tabla 5.** Índice de BMWP aplicado a los tres sitios de muestreo de la cuenca alta del río Caquetá.

Sitios de muestreo	Índice de Calidad	Calidad del H <sub>2</sub> O	Características del H <sub>2</sub> O
Sitio1: El puente	62	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas
Sitio 2: El porvenir	64	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas
Sitio 3: Tamboras	66	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas

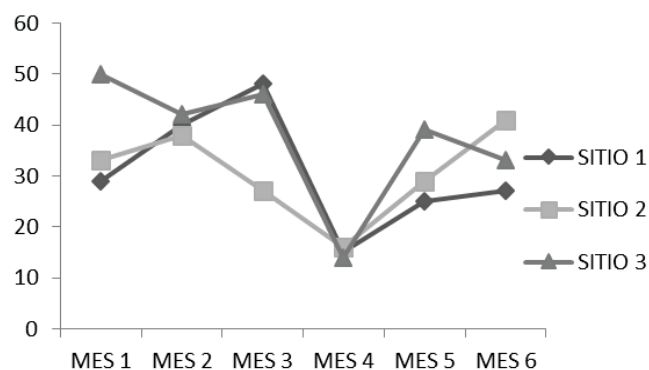
(e.g. pulsos de inundación) y geomorfológicos (e.g. sedimentación y erosión), elementos claves en su funcionamiento (Leuven & Poudevigne 2002). Los gradientes ambientales y regímenes de perturbaciones que los caracterizan, los hacen sistemas complejos y diversos, muy sensibles a las actividades humanas (Bornette *et al.* 1998, Ward, 1998) como es el caso de la cuenca alta del río Caquetá donde las actividades como la deforestación, vertimientos, remoción en masa, compactación y alteración del balance hídrico determinan las características físicas químicas y biológicas del agua en el cauce.

En el presente estudio, la variable diversidad fue la que mejor explicó los patrones espaciales de los organismos. De acuerdo a las condiciones hidráulicas que presentan los ríos, existe una amplia gama de hábitats que pueden ser utilizados por los macroinvertebrados, que va desde aquellos donde la fuerza hidráulica es de baja magnitud con un bajo nivel de oxígeno, hasta los que tienen un alto estrés hidráulico con altos niveles de oxígeno. Al respecto, muchos organismos presentan especializaciones morfológicas, como ganchos, branquias ventrales y un cuerpo comprimido dorsoventralmente para evitar ser desprendidos del sustrato (Statzner 1988, Statzner & Holm 1989). Otros organismos, construyen sus propios refugios para minimizar su exposición a la corriente, mientras que algunos taxa se concentran en los márgenes laterales del canal, donde la magnitud de las fuerzas hidráulicas son reducidas (Rempel *et al.* 1999). Es importante destacar que la entrada de detritus alóctono tiene una gran relevancia sobre la estructura de los macroinvertebrados bentónicos fluviales (Velasquez & Miserendino 2003). En el caso de los ríos de las regiones de alta montaña como es el caso del área estudiada, la relación entre los regímenes hidrológicos y geomorfológicos está dada por la acción del balance hídrico, los ríos como agentes de evacuación de sedimentos y transporte de detritus alóctono. Los primeros, aunque realizan un transporte voluminoso, actualmente, limitan sus efectos a los pisos altitudinales superiores, donde construyen morrenas y no participan en la exportación de sedimentos desde la montaña. Las complejas interacciones que se establecen entre las variables hidrológicas y geomorfológicas dependen fundamentalmente del régimen hidrológico, de los mecanismos de acceso de los sedimentos al cauce, las herencias geomorfológicas del Cuaternario Reciente y de la relación entre producción de sedimentos y capacidad de transporte (Fenn 1987). Debido a los factores y procesos descritos previamente, las cuencas

hidrográficas de montañas templadas-frías, son naturalmente inestables y vulnerables.

Los cambios en las coberturas vegetales en el bosque alto andino del corregimiento de Valencia en el Municipio de San Sebastián, se asocian a las actividades del modelo agropecuario, que implica la tala, quema, introducción de especies vegetales y animales, uso agroquímicos, vertimientos e impactos asociados que generan alteraciones directas e indirectas en todos los componentes del paisaje de la cuenca alta del río Caquetá, comprometiendo el balance hídrico de la cuenca y las características físico-químicas y biológicas del cauce. En cuanto a las características físico químicas del agua del río Caquetá se caracterizó por la sub-saturación de Oxígeno, por presentar niveles elevados de nitratos, lo cual evidencia contaminación orgánica e inorgánica en el sector con diferentes grados de particularidad con relación a los sitios de monitoreo y el caudal acorde a la época del año.

En cuanto a los macroinvertebrados colectados, en el sitio uno, se colectaron 552 individuos de macroinvertebrados acuáticos, correspondiente al 27,5% del total del material colectado, donde los órdenes Díptera, Haplótaxia, Coleóptera y Ephemeroptera fueron los que presentaron el mayor número de familias. En el sitio dos, El Porvenir, se encontró 688 especímenes, correspondiente a un 34,3% de los individuos obtenidos, donde los órdenes Díptera y Ephemeroptera presentan un mayor número de familias. Para el Sitio tres, Tamboras, se colectó un total de 761 individuos, constituyéndose en el sitio con mayor número de especímenes con un 38% de la muestra; también se presentó una dominancia de las familias de los órdenes Díptera y Ephemeroptera, la muestra presentó dominancia de géneros con características oportunistas como lo son *Baetodes* y *Camelobaetidius* de la familia

**Figura 9.** Índice de BMWP en los tres sitios de estudio.



Baetidae del orden Ephemeroptera, las alteraciones en las comunidades bentónicas se observan por la ausencia de individuos del orden Plecóptera sensible alteraciones físico químicas del cauce y de carencia de recursos alóctonos como la hojarasca de la vegetación riverense ausente en los sitios uno y dos.

En cuanto a la estructura y composición de la comunidad de Macroinvertebrados se observa una similitud entre los sitios presentando una homogenización de los géneros presentes pertenecientes a ecosistemas característicos mesoeutróficos.

Deben realizarse estudios más intensivos de las poblaciones benthicas del sector y en general de los ríos que conforman la cuenca hidrográfica de la cuenca alta del río Caquetá, con el fin de determinar el comportamiento de las comunidades bentónicas frente a tensores antrópicos asociados a las actividades agropecuarias en el área y realizar un trabajo por parte de instituciones gubernamentales y sociedad en general de socialización de buenas prácticas agrícolas en el corregimiento de Valencia, municipio de San Sebastián, departamento del Cauca, Colombia.

### Agradecimientos

A la Universidad Cuaca por el apoyo logístico para la realización de las actividades de campo y laboratorio. Al Grupo de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad del Cauca, al docente Gerardo Naudorf Sanz por su colaboración en la dirección del presente trabajo.

### Literatura citada

Alba-Tercedor, J. & A. Sánchez-Ortega. 1988. Un método rápido simple para evaluar la calidad de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética* 4: 51-56.

Allan, J. D. 1995. *Stream ecology. Structure and function of running waters*. Chapman & Hall. Londres.

Allan, D.J., Flecker A.S., Segnini, D.C., Sokol, E. & Kling G.W. 2006. Limnology of Andean piedmont rivers of Venezuela. *Journal North American Benthological Society*. 24(1): 66-81.

Anónimo, 1999. Análisis de la información IDEAM 1999, Información complementaria tomada de atlas de Colombia, IGAC, 1992 y mapa Geológico de Colombia, INGEOMINAS, 1998.

Brooks, A., T. Haeusler, I. Reinfelds & S. Williams. 2005. Hydraulic microhabitats and the distribution of macroinvertebrate assemblages in riffles. *Freshwater Biology* 50:331-344.

Bornette, G., C. Amoros, H. Piegay, J. Tachet & T. Hein. 1998. Ecological complexity of wetlands within a river landscape. *Biological Conservation* 85:35-45.

Bucksteeg, K. 1993. *Vorstellungen der Wasserwirtschaft zur Fließgewässerqualität*. Págs. 12-38 en: *Bayerisches Landesamt für Wasserforschung (ed). Auswirkungen von Abwassereinleitungen auf die Gewässerökologie*, Oldenburg, Munich.

Death, R.G. & Winterbourn M. J. 1995. Diversity patterns in stream

benthic invertebrate community: the influence of habitat stability. *Ecology*. 5: 1446-1460.

Fenn, C. 1987. Sediment transfer processes in Alpine glacier basins. En Gurnell, A.M. and Clark, M. J. (Eds.) *Glacio fluvial Sediment Transfer: an Alpine Perspective*. Wiley, Chichester. 59-86.

Flecker, A. & Feifarek Br. 1994. Disturbance and the temporal variability of invertebrate assemblages in two Andean streams. *Freshwater Biology*. 31: 131-142.

Jacobsen, D. R. Schultz & Escalada A. 1997. Structure and diversity of stream invertebrate assemblage: the influence of temperature with altitude and latitude. *Freshwater Biology*. 38: 247-261.

Jonson, R. K., T. Wiederholm & D. M. Rosenberg. 1992. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. Págs. 40-158 en: D. M. Rosenberg & V. H. Resh (eds). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, Nueva York.

Leuven, R. & I. Poudevigne. 2002. Riverine landscape dynamics and ecological risk assessment. *Freshwater Biology* 47: 845-865.

Miserendino, M. L. 2001. Macroinvertebrates assemblages in Andean Patagonian rivers and streams: environmental relationships. *Hydrobiologia*. 444: 147-158.

Poff, N.L. 1992. What disturbance can be predictable: a perspective on the definition of disturbance in streams. *Journal of the North American Benthological Society*. 11(1): 86-92.

Ramírez, 1998. *Limnología Colombiana Aportes a su Conocimiento y Estadísticas de Análisis*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.

Ramírez, A. & C. Pringle 1998. Structure and production of benthic insect assemblage in a neotropical stream. *Journal North American Benthological Society*. 17(4): 443-463.

Rempel, L. J. Richardson & Healey M. 1999. Flow refugia for benthic macroinvertebrates during flooding of a large river. *Journal of the North American Benthological Society* 18:34-48.

Roldán, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como bioindicadores de la calidad del agua. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 23(88): 375 - 387.

\_\_\_\_\_, 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método *BMWP/Col*, 170 p. Primera edición. Medellín. Colombia :Editorial Universidad de Antioquia.

\_\_\_\_\_, 2008. *Fundamentos de limnología tropical*. 440 p. Segunda edición. Medellín. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.

Stanford, J. J. Ward, W. Liss, C. Frissell, R. Williams, J. Lichatowich & C. Coutant. 1996. A general protocol for restoration of regulated rivers. *Regulated Rivers: Research and Management* 12: 391-413.

Statzner, B. & T. Holm 1982. Morphological adaptations of benthic invertebrates to stream flow - an old question studied by means of new technique (Laser Doppler Anemometry). *Oecologia* 53:290-292.

Statzner, B. & B. Hígler 1986. Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. *Freshwater Biology*. 16:127-139.

Townsend, C.R. 1989. The patch dynamic of stream community ecology. *Journal of the North American Benthological Society*. 1: 36-50.

Townsend, C., M. Scarsbrook & Dolédec S. 1977. The intermediate disturbance hypothesis, refugia and biodiversity in streams.

- Limnology and Oceanography 42: 938-949.
- Velázquez, S. M. & Miserendino M. L. 2003. Análisis de la materia orgánica alóctona y organización funcional de macroinvertebrados en relación con el tipo de hábitat en ríos de montaña de la Patagonia. *Ecología Austral*. 13:67-82.
- Ward, J. 1998. Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biological Conservation* 83:269-278.
- Wasson, J.G. & Marín R. 1988. Tipología y potencialidades biológicas de los ríos de altura en la región de La Paz (Bolivia): Metodologías y primeros resultados. *Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales de La Salle*. XLVIII: 97-122.
- Wasson, J.G., R Marin, J. Guyot & Maridet L. 1997. Hydromorphological variability and benthic community structure in five high altitude Andean streams (Bolivia). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26:1169-1173.
- Zamora, H. 2007. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua, en los ecosistemas acuáticos epicontinentales de Colombia. *Rev. De la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas ACCB*. 19:73-81
- Zúñiga de Cardozo, M. C. 2000. Los insectos como bioindicadores de la calidad del agua. Manuscrito. Universidad del Valle. Departamento de Procesos Químicos y Biológicos. Cali, Colombia.