

**DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN UN
NACIMIENTO DE RIO EN EL PÁRAMO DE SANTURBÁN, NORTE DE
SANTANDER**

PABLO MANUEL CASTELLANOS CAICEDO



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA
BUCARAMANGA
2007**

**DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN UN
NACIMIENTO DE RIO EN EL PÁRAMO DE SANTURBÁN, NORTE DE
SANTANDER**

PABLO MANUEL CASTELLANOS CAICEDO

Trabajo de Investigación presentado como requisito parcial para optar al título de
Biólogo

Directora:
Clemencia Serrato Hurtado
Bióloga Entomóloga

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA
BUCARAMANGA
2007

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS	3
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2. JUSTIFICACIÓN	4
3. METODOLOGÍA	5
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	5
3.2 MUESTREO ANÁLISIS	6
4. RESULTADOS	8
5. DISCUSIÓN	11

6.	AGRADECIMIENTOS	16
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

LEYENDAS DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Análisis de Nutrientes en los tramos de muestreo tomado en el último período de sequía (marzo).	22
Tabla 2.	Lista taxonómica, abundancia relativa promedio (media \pm d.S) y porcentaje de frecuencia de las especies más abundantes (AB: abreviatura del nombre de la especie)	23
Tabla 3.	Número de taxones (s), individuos (n), diversidad (H') y dominancia (λ) de macroinvertebrados acuáticos.	25
Tabla 4.	Coeficiente de similitud (J) para las parejas de estaciones.	26

LEYENDAS DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Análisis de Componentes Principales (ACP): Relación de las variables físicas, químicas e hidrológicas con los dos primeros ejes del ACP y proyección de los puntos de muestreo en dos ejes planos. P = punto de muestreo. M= mes de muestreo. Los números al final de cada sigla corresponden a cada uno de los muestreos realizados.	27
Figura 2. Abundancia porcentual de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos hallados durante todo el estudio.	28
Figura 3. Contribución porcentual de los taxones de macroinvertebrados acuáticos más abundantes para cada una de las estaciones de muestreo.	29
Figura 4. Gráfica (biplot) obtenida a partir del Análisis de Ordenación de correspondencia binaria (CA).	30

RESUMEN

TÍTULO:

DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN UN NACIMIENTO DE RIO EN EL PÁRAMO DE SANTURBÁN, NORTE DE SANTANDER.*

AUTOR:

Pablo Manuel Castellanos Caicedo**

Palabras claves:

Macroinvertebrados acuáticos, diversidad, nacimientos y cabeceras de río.

DESCRIPCIÓN

Entre septiembre del 2005 y febrero del 2006, se evaluó la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río ubicado en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander. Se ubicaron tres estaciones de muestreo: en la cabecera, en la zona media y en la desembocadura. La comunidad de macroinvertebrados encontrada estuvo conformada por 63 taxones, pertenecientes a 30 familias y doce órdenes, siendo el orden Diptera el más diverso. La estación tres presentó la mayor riqueza y abundancia de organismos. Los taxones colectados más abundantes fueron el microcrustáceo *Hyalella* sp. , en las localidades de la cabecera y de la zona media; y el Ephemeroptera *Prebaetodes* sp., en la estación de la desembocadura. Las estaciones de la cabecera y de la zona media presentaron una diversidad algo baja y una dominancia moderada, mientras que en la estación de la desembocadura se presentó un incremento en la diversidad de macroinvertebrados y una dominancia baja. Adicionalmente, según un Análisis de correspondencia binaria, el punto ubicado en la desembocadura difirió de las otras dos localidades en cuanto a la composición de macroinvertebrados acuáticos. Esto concordó con los valores del coeficiente de similitud, los cuales indicaron una alta variabilidad en la composición de especies entre estaciones.

* Trabajo de Investigación.

** Facultad de Ciencias, Programa de Biología, Directora: Clemencia Serrato Hurtado.

ABSTRACT

TITLE:

DIVERSITY OF AQUATIC MACROINVERTEBRATES IN A HEADWATER STREAM IN THE MOORLAND OF SANTURBÁN, NORTE DE SANTANDER.*

AUTHORS:

Pablo Manuel Castellanos Caicedo **

Key Words:

Aquatic macroinvertebrates, diversity, headwater streams and springs.

DESCRIPTION

From September 2005 to February 2006, it was determined the diversity of aquatic macroinvertebrates present in a headwater stream in the Moorland of Santurbán, Norte de Santander. We selected three sampling zones along the headwater stream: the headwater spring zone, the mid flow zone and the mouth stream zone. Aquatic macroinvertebrate community consisted of 63 taxa, 30 families and twelve orders, being the order Diptera the most diverse order. The mouth stream zone presented the biggest richness and abundance of aquatic macroinvertebrates. The most abundant taxa were the Amphipoda *Hyaella* sp., in the headwater spring and mid flow zones; and the Ephemeroptera *Prebaetodes* sp., in the sample zone in the mouth stream. The headwater spring and the mid flow zones presented low values of Shannon's diversity index and moderate values of Simpson's dominance index, while in the mouth stream zone there was an increase in the diversity of Shannon and a low value of Simpson's dominance. Additionally, according to an analysis of binary correspondence, the sample zone in the mouth differed from the two other locations in the composition of aquatic macroinvertebrates. This result agreed with the range of the coefficient of similarity, which suggests a high variability in species composition between stations.

* Investigation

** Faculty of Sciences, Program of Biology, Director: Clemencia Serrato Hurtado.

INTRODUCCIÓN

El páramo es un ecosistema que se caracteriza por su gran capacidad para captar y almacenar agua, aportando al país buena parte del agua potable, debido a que muchos de los ríos tienen sus cabeceras y nacimientos en ellos (Rangel, 2000). Estos nacimientos son importantes para el funcionamiento de los sistemas de rivera y presentan la mayoría de las propiedades estructurales y funcionales de los sistemas lóticos de mayor orden (Grubaugh *et al.*, 1997). Sin embargo, han sido considerados menos complejos y han sido poco estudiados, lo que genera que reciban poca protección especialmente de las actividades de manejo y uso de tierra (Benda *et al.*, 2005).

En la región del Nudo de Santurbán, se localizan numerosos nacimientos de agua que posteriormente surten a los principales ríos del Norte de Santander como el Zulia, Pamplonita y Sardinata; en esta región la reducción de cobertura vegetal original se ha acelerado por la intervención antrópica, lo cual puede afectar en alto grado los cuerpos de agua que nacen allí, perturbando las comunidades que en ellos se desarrollan.

Entre las comunidades que habitan estos sistemas se encuentran los macroinvertebrados acuáticos, que comprenden una gran parte de la diversidad biológica, siendo con frecuencia el principal componente animal de los sistemas lóticos (Esteves, 1988). Estos organismos juegan un papel importante en la red trófica de sistemas dulceacuícolas controlando la cantidad y distribución de sus presas y constituyendo una fuente alimenticia para consumidores terrestres y acuáticos (Wade *et al.*, 1989), e igualmente, al acelerar la descomposición de detritos (Wallace & Webster, 1996) y contribuir al reciclaje de nutrientes (Wallace *et al.*, 1997).

El conocimiento de la actividad biológica de estos organismos permite entender la dinámica del sistema que habitan y los estudios basados en su taxonomía y distribución, proveen información importante para comprender la ecología y el papel que desempeñan en el medio. Pero a pesar de su importancia, la información disponible de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en el país es aun insuficiente (Roldan, 2001) siendo aun mas escasa la información publicada respecto a su dinámica en cabeceras y nacimientos de ríos. La mayoría de estudios se han desarrollado en sistemas de mayor orden en los departamento del Antioquia (Posada *et al.*, 2000) y Valle del Cauca (Zúñiga *et al.*, 1994; Caicedo & Palacios, 1998), y en la Sabana de Bogotá (Riss *et al.*, 2002; Gutiérrez *et al.*, 2002; 2006). A pesar de todos los avances en Colombia, hasta el momento no existen reportes sobre la biota acuática presente en la zona del Páramo de Santurbán. Esta investigación se desarrolló con el propósito de determinar la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río, en el Páramo de Santurbán.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río, afluente de la Quebrada la Plata, en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.2.1 Caracterizar taxonómicamente la comunidad de macroinvertebrados en un nacimiento afluente de la Quebrada La Plata en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander.
- 1.2.2 Evaluar la riqueza específica, la equidad y la dominancia de la comunidad en tres localidades en un nacimiento de río en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander.
- 1.2.3 Determinar el grado de similitud de especies entre las estaciones de muestreo ubicadas en el nacimiento objeto de estudio.

2. JUSTIFICACIÓN

La información suministrada en la presente investigación, permitirá ampliar el conocimiento sobre la diversidad de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en cabeceras y nacimientos de río, conformando una línea base para el desarrollo de estudios posteriores de bioindicación de sistemas lóticos de primer orden de alta montaña en Colombia.

3. METODOLOGÍA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El nacimiento objeto de estudio, que se denominará en adelante “El Mortiño”, es afluente de la Quebrada la Plata y se localiza entre los 7°15´Norte, 72°46´Oeste en la Vereda el Aventino, perteneciente al Municipio de Mutiscua, en la región del Nudo de Santurbán, Departamento del Norte de Santander. La región del Nudo de Santurbán presenta un ciclo hidrológico unimodal, con una precipitación media anual de 1290.7 mms (IDEAM, 2005, 2006), con un periodo de baja precipitación que comprende los meses de diciembre a marzo, y un periodo de alta precipitación comprendido entre abril y noviembre (Rangel, 2000). La zona de estudio pertenece a la franja de subpáramo o páramo bajo, atmosféricamente húmedo. El uso del suelo en el sector es principalmente agrícola y presenta una escasa superficie forestal.

En un relicto de bosque se localiza el nacimiento el Mortiño, el cual presenta una longitud aproximada de 850 m desde su nacimiento hasta la desembocadura. En este cuerpo de agua se ubicaron tres estaciones de muestreo. La estación uno se ubicó en la cabecera del nacimiento a 3306 m.s.n.m. En esta zona el nacimiento presenta un cauce de 20cm y una profundidad de 6cm aproximadamente. La estación dos se ubicó en la zona media, a una altitud de 3193 m.s.n.m. La profundidad en esta zona era aproximadamente de unos 20cm y el cauce del nacimiento de 60cm. En las localidades de la cabecera y de la zona media, el sustrato estaba constituido principalmente por rocas de tamaño pequeño, arena y sedimento. Estas dos estaciones presentan un dosel cerrado que limita la entrada de luz. Además se observó un alto aporte de material vegetal como ramas y hojarasca en estas dos localidades. La tercera estación se ubicó en la desembocadura del nacimiento en la Quebrada la Plata a una altitud de 3120 m.s.n.m. Esta zona

presentaba una mayor entrada de luz, debido a que presenta un dosel no cerrado. Esta estación presenta un cauce de 2.5m y una profundidad de 60cm aproximados. El sustrato en esta localidad esta constituido principalmente por rocas de tamaño grande y mediano y arena, permitiendo una alternancia de rápidos y remansos.

3.2 MUESTREO Y ANÁLISIS

Se realizaron cinco salidas de campo, entre septiembre del 2005 y febrero del 2006, teniendo en cuenta que los muestreos comprendiesen parte de la temporada de alta y baja precipitación. Con el fin de describir el hábitat, en cada estación se registraron *in situ* los parámetros de temperatura, pH, conductividad y salinidad, empleando una sonda multiparámetro portátil marca Eijkelkamp, y el oxígeno disuelto se registró mediante un oxímetro marca YSI. El caudal para cada estación se cuantificó mediante el método del flotador (Wetzel, 2001).

En cada estación se marcó un transepto de 10 metros en donde se ubicaron al azar nueve parcelas de 33cm² en las cuales se tomaron los macroinvertebrados abarcando 1m² por estación. Estas muestras se colectaron mediante búsqueda manual y empleando una red Surber para las partes más profundas. Los individuos colectados fueron depositados en frascos plásticos debidamente rotulados, con alcohol al 70% para su preservación.

Los macroinvertebrados fueron transportados al Laboratorio de Limnología de la Universidad Industrial de Santander, UIS, donde se separaron empleando un microscopio estereoscópico marca Zeuss y se identificaron hasta el mínimo nivel taxonómico con la ayuda de las claves de McCafferty, (1981); Roldán, (1988); Machado, (1989); Pennak, (1989); Merritt &

Cummins (1996); Muñoz-Quesada (1997); Domínguez & Fernández, (2001); y Posada & Roldán, (2003). Para la identificación de los chironómidos se siguió la metodología descrita por Epler (2001).

A los datos físicos se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con prueba post hoc Tukey. Además estos parámetros abióticos fueron analizados mediante una técnica de ordenación tipo componentes principales (ACP) (Legendre & Legendre, 1998).

Para describir la comunidad en los diferentes puntos de muestreo se emplearon los parámetros biológicos de riqueza de especies, diversidad biológica de Shannon – Wiener (H') y dominancia de Simpson (D). Las diferencias en diversidad entre los transeptos se evaluaron mediante un análisis de varianza y se empleó un Análisis de correspondencia binaria para evaluar los cambios espaciales en la composición de especies. Finalmente, con el objetivo de comparar el grado de similitud entre las estaciones se empleó el coeficiente de Jaccard (J).

4. RESULTADOS

Los rangos de las variables fisicoquímicas se presentan en la Tabla 1. El valor mínimo de temperatura del agua fue 10.6°C y ocurrió durante febrero del 2006 en la estación uno, mientras el valor máximo registrado, 18.3°C, se presentó durante el mes de noviembre en la estación dos. La concentración de oxígeno disuelto mínima, 4.0 mg/l, fue registrada para la estación uno en el mes de septiembre del 2005 y la concentración máxima de oxígeno disuelto, 7.1 mg/l, se presentó en la estación tres durante de enero del 2006. El pH varió de 6.1 unidades en la estación uno en octubre del 2005 a 7.9 en la misma estación en noviembre del 2005. La salinidad varió de 11.2 mg/l en la estación tres para el mes de septiembre del 2005 a 24 mg/l en la estación uno durante octubre del 2005. La conductividad varió de 14.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la estación tres en noviembre del 2005 a 45.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la estación dos en febrero del 2006. El caudal presentó un valor mínimo de $4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ en la estación uno durante el mes de noviembre del 2005 y un máximo de $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$ en la estación de la desembocadura durante octubre del 2005. Se encontraron diferencias significativa entre el oxígeno disuelto (ANOVA, $F = 7.03$, $p < 0.01$), la conductividad (ANOVA, $F = 12.16$, $p < 0.01$), y el caudal (ANOVA, $F = 11.03$, $p < 0.01$) en los diferentes puntos de muestreo.

Según el análisis de componente principales (ACP) los tres primeros ejes de ordenación explican el 86.4% de la variación. El primer factor explica el 43.95% y tiene una correlación positiva con la conductividad ($r^2=0.91$) y la salinidad ($r^2=0.89$) y una correlación negativa con el caudal ($r^2=-0.86$) y el oxígeno disuelto ($r^2=-0.73$); el segundo factor explica el 27 % y se asocia negativamente con la precipitación ($r^2=-0.86$) Y la temperatura ($r^2=-0.87$). El plano de ordenación muestra similitud en la propiedades fisicoquímicas de las estaciones uno y dos, explicada por una alta conductividad y salinidad, y

bajos valores de oxígeno disuelto y caudal; difiriendo de la estación tres que presentaba un mayor caudal y alta disponibilidad de oxígeno (Figura1).

El listado general de taxones registrado en toda el área de estudio se presenta en la Tabla 2. Un total de 4845 individuos de macroinvertebrados acuáticos fueron colectados, pertenecientes a 63 taxones de 30 familias y doce órdenes. El orden más diverso fue Díptera con 32 morfoespecies, alcanzando una representatividad del 50.8% de los taxones. En la Figura 2 se muestra la contribución porcentual de cada orden. El orden Amphipoda presentó la mayor abundancia con 1068 individuos, y entre los artrópodos el orden Diptera fue el más abundante con 990 individuos. Los valores de los parámetros de diversidad alfa son presentados en la Tabla 3. La riqueza de especies en cada estación durante los cinco muestreos varió de once en la estación dos en octubre del 2005 a 36 en la estación tres en los muestreos de noviembre del 2005 y enero del 2006. En general, el número de taxones fue menor en la estación uno, presentando poca diferencia con relación a la estación dos, y fue considerablemente mayor en la estación tres. La variabilidad de la riqueza específica en la cuenca, muestra que los valores más altos se encuentran en el sector ubicado en la desembocadura. En las estaciones de la parte alta y media estos valores son menores, variando de onces a 20 morfoespecies (Tabla 3).

La abundancia de individuos en cada estación varió de 174 en la estación dos en septiembre del 2005 a 627 en la estación tres en febrero del 2006. La estación que presentó mayor abundancia de individuos fue la estación ubicada en la desembocadura. Los taxones más abundantes fueron el Amphipoda *Hyalella* sp. en las estaciones uno y dos, y el efemeróptero *Prebaetodes* sp. en la estación tres (Figura 3). Otros taxones comunes incluyen Planariidae y *Prionocyphon* sp. en las estaciones de la parte alta y media; y el élmidido *Heterelmis* sp. en la estación de la desembocadura.

El valor de la diversidad de Shannon-Wiener (H') durante los cinco muestreos para cada estación varió de 1.50 bits/individuo en la estación uno en septiembre del 2005, a 3.01 bits/individuo en la estación tres en octubre del 2005 (Tabla 3). La dominancia varió de 0.07 bits/individuo en octubre del 2005 en la estación tres, a 0.37 bits/individuo en la estación uno en septiembre del 2005. El análisis de variancia muestra diferencias significativas en diversidad de Shannon (ANOVA, $F = 75.06$, $p < 0.001$) y en la dominancia de Simpson (ANOVA, $F = 16.35$, $p < 0.001$) entre las estaciones de muestreo. No se presentaron diferencias significativas para la diversidad y dominancia entre el periodo de alta precipitación y el periodo de baja precipitación.

El análisis de correspondencia binario muestra la diferencia en la composición de especies de la estación de la desembocadura con respecto a las estaciones de la cabecera y de la zona media (Figura 4). Los dos primeros ejes explican el 71.6% de la variación. Los puntos de muestreo se distribuyeron separadamente en el espacio de ordenación. La estación de la desembocadura se ubicó considerablemente separada de las otras dos localidades a lo largo del eje uno. Los valores del coeficiente de similitud Jaccard son mostrados en la Tabla 4. La mayor similitud de especies se presentó entre las estaciones uno y dos; y el menor valor fue entre las estaciones uno y tres.

5. DISCUSIÓN

Las estaciones de la cabecera y de la zona media difieren de la estación de la desembocadura en cuanto a los parámetros fisicoquímicos evaluados, siendo el caudal, el oxígeno disuelto y la conductividad los factores determinantes de la variación. En el caso de la estación de la desembocadura, el caudal fue un factor importante, donde se registró un desarrollo de especies con adaptaciones a alta corriente. El oxígeno disuelto en los ecosistemas lóticos depende de la presión atmosférica, la temperatura y la altura sobre el nivel del mar (Catalán, 1969). La cantidad de oxígeno también depende de las características del cauce y la turbulencia del agua (Machado y Roldán, 1981). La mayor concentración de oxígeno que se presentó en la estación de la desembocadura estaría influenciada por el flujo turbulento que se presenta en esta zona. El pH presentó un valor medio casi neutro. Las pocas variaciones del pH no perjudican la vida acuática y son el resultado de la alta estabilidad del medio (Machado y Roldán 1981).

Los 63 taxones de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el nacimiento El Mortiño, muestran que este pequeño cuerpo de agua presenta una alta riqueza, respecto a lo reportado por Gavilán *et al.*, (2000) en cuerpos de agua ubicados a una altitud similar como la Quebrada El Salado y el Río Vetas, en la subcuenca del Río Suratá; y la microcuenca del Río Jordán, en el Páramo de Berlín, donde reportaron riquezas de 20, 13 y 26 morfoespecies respectivamente.

Los organismos del Orden Amphipoda están generalmente asociados a materia orgánica en descomposición, donde forman densas poblaciones, siendo considerados como indicadores de aguas contaminadas (Roldán ,2001; Covich & Thorp, 2001). Sin embargo, la alta abundancia del

amphipodo *Hyalella* sp., en las estaciones ubicadas en la cabecera y en la zona media puede ser favorecida por la acumulación de material vegetal que se presenta en estas localidades. De forma similar, Posada *et al.*, (2000) encontraron una abundancia significativa de estos microcrustáceos en la cuenca de la Quebrada Piedras Blancas, en aquellas estaciones donde se amontona hojarasca en cantidad. Respecto a la alta abundancia de ninfas de *Prebaetodes* sp. (Baetidae) en la estación tres, ésta puede estar influenciada por el mayor caudal y alta disponibilidad de oxígeno disuelto, debido a que estos organismos presentan adaptaciones para una alta velocidad de corriente, como el cuerpo achatado, liso y elongado y piernas proyectadas lateralmente, lo que reduce el arrastre y aumenta la fricción contra el sustrato (Merritt & Cummins, 1996). De manera similar, Pérez & Segnini (2005) encontraron en un río de alta montaña, que la densidad de *Prebaetodes* sp. es considerablemente mayor en las zonas de bastante corriente.

La estación de la desembocadura ofrece una mayor cantidad y variedad de hábitats para el desarrollo de macroinvertebrados acuáticos, lo cual probablemente haya favorecido la riqueza de especies y abundancia de organismos en comparación con las demás localidades evaluadas. Esto concuerda con el primer principio ecológico de Thienemann (1954), el cual sugiere que la riqueza de macroinvertebrados acuáticos se incrementa en los ambientes más heterogéneos. Cowie (1985) encontró que la mayor riqueza de macroinvertebrados acuáticos se presenta en los sectores que presentan la mayor heterogeneidad de sustrato. Otro factor que pudo haber favorecido la abundancia de individuos en esta localidad fue la mayor velocidad de corriente de agua. Habdija *et al.*, (2004), observaron que la densidad de macroinvertebrados acuáticos estaba asociada a un incremento en la velocidad de la corriente del agua. De igual forma, Silveira *et al.*, (2006) encontraron que las regiones que presentaban poco caudal y poca profundidad presentan una menor abundancia de macroinvertebrados acuáticos.

Los valores del índice de diversidad de Shannon indican una diversidad algo baja para las estaciones de la cabecera y de la zona media, y una diversidad media para la estación ubicada en la desembocadura de acuerdo a los rangos propuestos por Margalef (1983). Los valores de dominancia estuvieron relacionados con la diversidad de Shannon, presentándose una dominancia moderada en las zonas de menor diversidad y una dominancia baja en la localidad de la desembocadura. La menor diversidad que se presentó en las estaciones de la zona alta y de la zona media puede deberse a que estas regiones presentan mayor cobertura vegetal y menor disponibilidad de luz que la estación de la desembocadura, debido a que presentan un dosel cerrado. La vegetación ribereña y el dosel son factores importantes que afectan los procesos biológicos en las cabeceras de ríos (Gomi *et al.*, 2002). Según el concepto de río continuo (Vannote *et al.*, 1980) estas características hacen que las comunidades que habitan los nacimientos de ríos presenten una diversidad relativamente baja al estar limitadas por un estrecho rango de temperatura.

La diferencia entre estas localidades con la estación de la desembocadura está dada además por una mayor diversidad de especies. Bernal *et al.*, (2006) encontraron en la Quebrada Paloblanco, un río de primer orden afluente del Otún, que la diversidad de macroinvertebrados aumentaba en el punto ubicado en la desembocadura. El incremento de la diversidad en la zona de la desembocadura estaría mediado por la mayor diversidad de hábitats que presenta esta zona, concordando con Rice *et al.*, (2001), quienes plantean que en las regiones de confluencia de los ríos la acumulación de sedimentos y material vegetal permite la formación de canales y pozos aumentando la diversidad de hábitats y de especies en estos sectores. Adicionalmente, la mayor la mayor velocidad de corriente también pudo jugar un papel importante en la mayor diversidad presentada en esta zona. Según Allan (1995) las zonas donde predomina el sustrato

rocoso, que permite la formación de rápidos, son hábitats con una diversidad más grande de macroinvertebrados acuáticos.

El análisis de correspondencia binaria entre las abundancias de los taxones y las estaciones, muestra diferencias entre las estaciones. Las estaciones de la cabecera y la zona media difieren notablemente de la estación de la desembocadura, según su composición. En la localidad ubicada en la desembocadura el ensamble de macroinvertebrados acuáticos estuvo constituido principalmente por organismos resistentes a altas velocidades de corriente de agua como *Prebaetodes* sp., *Heterelmis* sp., *Hydroptila* sp. y *Nectopsyche* sp. Según Skoroszewski & de Moor (1999) el hábitat preferido por los representantes de las familias Baetidae, Elmidae, Hydropsychidae y Leptophlebiae son las piedras lisas de tamaño mediano, asociado con un caudal de medio a alto. Según la hipótesis de la dependencia de bioma (Corkum, 1992), los ensambles de macroinvertebrados acuáticos dentro de los ríos serían similares solo cuando los biomas son similares, debido a la influencia de la vegetación riparia sobre la biota del río.

Este resultado concuerda con los valores del coeficiente de similitud de Jaccard obtenidos, los cuales indican una alta variabilidad en la composición de especies entre las estaciones. Downes *et al.*, (2000) encontraron que los sitios de un mismo río pueden presentar una composición taxonómica de macroinvertebrados muy diferentes. Igualmente, Heino *et al.*, (2004) sugieren que la composición de macroinvertebrados en diferentes locaciones es más variable en las pequeñas cabeceras de ríos que en los ríos de mayor orden.

El mayor valor en el coeficiente de similitud que se presentó entre las estaciones uno y dos puede obedecer a la similitud de sustrato y cobertura de bosque, los cuales son factores importantes para los macroinvertebrados acuáticos como lo plantea Hawkins *et al.*, (1982). Las estaciones uno y tres

presentaron el menor valor de similitud, lo cual puede deberse a que estas locaciones se encuentran bastante apartadas entre sí, y sus características físicas son diferentes.

6. AGRADECIMIENTOS

Numerosas personas han colaborado para el desarrollo de esta investigación. Agradecemos al Laboratorio de Limnología de la Universidad Industrial de Santander, UIS, y a su directora Rosa Aura Gavilán, por permitir llevar acabo este estudio. A Solimary García, Fernán Lizandro Sanabria, Ricardo Prada y Néstor Cepeda, por su asistencia en el trabajo de campo. Adicionalmente, gracias a Faiber Caupaz y Libia Carolina González por su colaboración con la identificación de los organismos; e igualmente a Rodolfo Ospina por su atención prestada y el espacio dispuesto.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN D.** Stream ecology. Structure and function of running waters. Londres: Chapman & Hall; 1995.
- BENDA L, HASSAN A, CHURCH M, MAY CL.** Geomorphology of Steepland Headwaters: The Transition from Hillslopes to Channels. *Journal of the American Water Resources Association*. 2005; 41(4): 837-851.
- BERNAL E, GARCÍA G, NOVOA MA, PINZÓN A.** Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada Paloblanco de la cuenca del río Otún (Risaralda, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*. 2006; 11(2): 45-59.
- CAICEDO O, PALACIOS J.** Los Macroinvertebrados Bénticos y la Contaminación Orgánica en la Quebrada La Mosca (Guarne, Antioquia, Colombia). *Actualidades Biológicas*. 1998; 20 (69): 61-73.
- CATALÁN G.** Química del agua. Madrid: Ed. Blume. 1969.
- CORKUM LD.** 1992. Spatial patterns of macroinvertebrates along rivers within and among biomes. *Hydrobiologia* 239(2): 101-114.
- COVICH A, THORP J.** Introduction to the subphylum Crustacea. En: J. Thorp & A. Covich (eds). *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Academic Press, Inc, San Diego. 2001. 777-809.
- COWIE B.** An analysis of changes in the invertebrate community along a southern New Zealand montane stream. *Hydrobiologia*. 1985; 120(1):35–46.
- DOMÍNGUEZ E, FERNÁNDEZ H.** Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales. Instituto M. Lillo. Tucumán, Argentina. 2001. 282 pp.
- DOWNES BJ, HINDELL JS, BOND NR.** What's in a site? Variation in lotic macroinvertebrate density and diversity in a spatially replicated experiment. *Austral Ecology*. 2000; 25 (2): 128–139.

- EPLER JH.** 2001. Identification Manual for the Larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. A guide to the taxonomy of the midges of the southeastern United States, including Florida. Special Publication SJ2001-SP13. North Carolina Department of Environment and Natural Resources, Raleigh, NC, and St. Johns River Water Management District, Palatka, FL.
- ESTEVEZ FA.** Fundamentos de Limnología. Ed. Interciencias. FINEP. Rio de Janeiro, Brasil. 1988.
- GAVILÁN RA, DONATO JC, SERRATO C, CÁCERES MY, PLATA Y, NAVARRO G.** Las comunidades bentónicas y perifíticas como base para la evaluación de los sistemas hídricos lóticos del área de jurisdicción de la CDMB. 2000.
- GOMI T, SIDLE RC, RICHARDSON JS.** Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. *BioScience*. 2002; 52 (10): 905–916.
- GRUBAUGH JW, WALLACE V, HOUSTON ES.** Production of benthic macroinvertebrate communities along a Southern Appalachian River continuum. *Freshwater Biology*. 1997; 37(3): 581–596.
- GUTIÉRREZ JD, RISS W, OSPINA R.** Bioindicación de la calidad del agua con lógica difusa Sugeno y macroinvertebrados acuáticos de la Sabana de Bogotá. *Acta Biológica Colombiana*. 2002; 7(2): 37-51.
- GUTIÉRREZ JD, RISS W, OSPINA R.** Bioindicación de la calidad del agua en la sabana de Bogota – Colombia, mediante la utilización de la lógica difusa neuroadaptativa como herramienta. *Caldasia*. 2006; 28(1): 45-56.
- HABDIJA I, PRIMC HABDIJA B, MATONIČKIN R, KUČINIĆ M, RADANOVIĆ I, MILIŠA M, MIHALJEVI Z.** Current velocity and food supply as factors affecting the composition of macroinvertebrates in bryophyte habitats in karst running water. *Biologia Bratislava*. 2004; 59(5): 577—593.
- HAWKINS CP, MURPHY ML, ANDERSON NH.** Effects of canopy, substrate composition, and gradient on the structure of macroinvertebrate communities in Cascade Range streams of Oregon. *Ecology*. 1982; 63(6): 1840–1856.

HEINO J, LOUHI P, MUOTKA T. Identifying the scales of variability in stream macroinvertebrate abundance, functional composition and assemblage structure. *Freshwater Biology*. 2004; 49(9): 1230-1239.

IDEAM. Datos históricos de precipitación. Estación La Caldera. IDEAM; 2005

IDEAM Datos diarios de precipitación 2005-2006. Estación la Caldera. IDEAM; 2006

LEGENDRE P, LEGENDRE L. Numerical Ecology. Developments in Environmental Modelling 20. Second edition. Elsevier, Amsterdam, 1998.

MACHADO TA. Distribución ecológica e identificación de los coleópteros en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. Tesis de grado. Universidad de Antioquia. Medellín. 1989.

MACHADO T, ROLDÁN G. Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. *Actualidades Biológicas*. 1981; 10 (35) 3-19.

MARGALEF R. Limnología. Barcelona: Omega. 1983.

MCCAFFERTY WP. Aquatic Entomology. Boston: Science Books International. 1981.

MERRITT RW, CUMMINS KW. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Third edition. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa. 1996. 862 pp.

MUÑOZ-Q F. Manual de Trichoptera Neotropical: anotaciones y claves de las familias y géneros conocidos del Orden Trichoptera para Colombia. Departamento de Procesos Químicos y Biológicos. Universidad del Valle. Cali. 1997.

PENNAK RW. Freshwater invertebrates of United States. Third edition. Wiley-Interscience, Nueva York. 1989.

PÉREZ B, SEGNINI S. Variación espacial de la composición y diversidad de géneros de Ephemeroptera (Insecta) en un río tropical altiandino. *Entomotropica*. 2005; 20 (1): 49-57.

POSADA J, ROLDAN G. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el noroccidente de Colombia. *Caldasia*. 2003; 21(1): 169-192.

- POSADA J, ROLDAN G, RAMÍREZ JJ.** Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Revista de Biología Tropical*. 2000; 48 (1): 59-70.
- RANGEL O.** Clima en Colombia. Colombia Diversidad Biótica III La región de vida paramuna. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia- Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 2000.
- RICE SP, GREENWOOD MT, JOYCE CB.** Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organisation of macroinvertebrate fauna along river systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2001; 58(4): 824–840.
- RISS W, OSPINA R, GUTIÉRREZ JD.** Establecimiento de valores de bioindicación para los macroinvertebrados acuáticos de la Sabana de Bogotá. *Caldasia*. 2002; 24(1): 135-156.
- ROLDÁN G.** Guía para el Estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo FEN Colombia. COLCIENCIAS. Universidad de Antioquia. Medellín. 1988.
- ROLDÁN G.** Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Ciencia y Tecnología. Universidad de Antioquia. Medellín. 2001.
- SILVEIRA MP, BUSS DF, NESSIMIAN JL, BAPTISTA DF.** Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a Southeastern Brazilian river. *Brazilian Journal of Biology*. 2006; 66: 623-632.
- SKOROSZEWSKI R, DE-MOOR F.** Specialist Report Macroinvertebrates. Consulting Services for the Establishment and Monitoring of the Instream Flow Requirements for River Courses Downstream of LHWP Dams. Cape Town. 1999.
- THIENEMANN A.** Ein drittes biozonotisches Grundprinzip. *Archiv für Hydrobiologie*. 1954; 49(3):421–22.

- VANNOTE R, MINSHALL GW, CUMMINS KW, SEDELL JR, CUSHING CE.** The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1980; 37: 130–137.
- WADE KR, ORMEROD JJ, & GEE AS.** Classification and ordination of macroinvertebrate assemblages to predict stream acidity in upland Wales. *Hydrobiologia*. 1989; 171(1): 59-78.
- WALLACE JB, WEBSTER JR.** The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology*. 1996; 41: 115–139.
- WALLACE JB, EGGERTON SL, MEYER JL, WEBSTER JR.** Multiple trophic levels of a forest stream linked to terrestrial litter inputs. *Science*. 1997; 277: 102–104.
- WETZEL R.** *Limnology. Lake and river ecosystems*. 3 ed. San Diego: Academic Press; 2001.
- ZÚÑIGA MC, ROJAS MA, SERRATO C.** Interrelación de indicadores ambientales de calidad en cuerpos de aguas superficiales del Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología*. 1994; 20(2):124 -130.

Tabla 1

Parámetro	Estación 1	Estación 2	Estación 3
Temperatura del agua (°C)	10.6 – 17.8	12.0 – 18.3	11.2 - 16.7
Oxígeno disuelto (mg/l)	4.0 – 6.4	4.7 – 6.7	6.7 – 7.1
pH (unidades)	6.1 – 7.9	6.2 – 7.7	6.5 – 7.3
Conductividad (µS/cm)	28.3 – 43.6	19.5 – 43.6	14.2 – 26.5
Salinidad (mg/l)	17.8 – 24.0	14.4 – 22.8	7.4 – 23.0
Caudal (m³/s)	4x10 ⁻⁴ – 1x10 ⁻³	1x10 ⁻³ – 2x10 ⁻³	0.1 – 0.6

Tabla 2

Orden Tricladida	Familia Planariidae	Planariidae	
Orden Oligochaeta	Familia Haplotaxidae	Haplotaxidae	
Orden Hirudinea	Familia Glossiphoniidae	Glossiphoniidae	
Orden Lamellibranchiata	Familia Sphaeridae	Sphaeridae	
Orden Acari	Familia Hydrachnidia	Hydrachnidia	
Orden Amphipoda	Familia Hyalellidae	<i>Hyalella</i> sp.	
Orden Coleoptera	Familia Scirtidae	<i>Prionocyphon</i> sp.	
	Familia Elmidae	<i>Heterelmis</i> sp. (larva)	
		<i>Heterelmis</i> sp. (adulto)	
		<i>Stenelmis</i> sp.	
			<i>Microcyloepus</i> sp.
			<i>Pseudodisersus</i> sp.
		Familia Lutrochidae	<i>Lutrochus</i> sp.
		Familia Ptylodactilidae	<i>Anchytarsus</i> sp.
	Orden Plecoptera	Familia Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.
	Orden Ephemeroptera	Familia Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i> sp.
<i>Tricorythodes</i> sp.			
Familia Baetidae		<i>Prebaetodes</i> sp.	
		<i>Baetodes</i> sp.	
		<i>Andesiops</i> sp.	
Orden Diptera	Familia Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.1	
		<i>Tipula</i> sp.2	
		<i>Limonia</i> sp.	
		<i>Molophilus</i> sp.	
		<i>Hexatoma</i> sp.	
	Familia Psychodidae	<i>Maruina</i> sp.	
		<i>Pericoma</i> sp.	
		<i>Simulium</i> sp.	
	Familia Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	
	Familia Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon</i> sp.1	
		<i>Atrichopogon</i> sp.2	
			<i>Alluaudomya</i> sp.
		Familia Tabanidae	<i>Haematopota</i> sp.
		Familia Empididae	<i>Chelifera</i> sp.
		Familia Sbf. Chironominae	<i>Polypedilum</i> sp.
	Chironomidae	<i>Endochironomus</i> sp.	
		Gen 1 pc	

	Tanytarsini	<i>Tanytarsus</i> s.p
	Sbf. Orthoclaadiinae	<i>Thienemanniella</i> s.p
		<i>Lopescladius</i> s.p
		<i>Orthocladus</i> sp.1
		<i>Orthocladus</i> s.p.2
		<i>Orthocladus</i> s.p.3
		<i>Orthocladus</i> s.p.4
		<i>Orthocladus</i> s.p.5
		<i>Parametrioecnemus</i> s.p
		<i>Nanocladus</i> s.p p.c
		<i>Apsecrotanypus</i> s.p
	Sbf. Tanypodinae	<i>Apsecrotanypus</i> s.p
		<i>Krenopelopia</i> s.p
	Sbf. Podonominae	<i>Boreochlus</i> s.p p.c
		<i>Paraboreochlus</i> s.p p.c
	Familia Blephariceridae	<i>Paltostoma</i> sp.
Orden Odonata	Familia Aeshnidae	<i>Aeshna</i> sp.
Orden Trichoptera	Familia Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i> sp.
	Familia Odontoceridae	<i>Marilia</i> sp.
	Familia Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i> sp.
	Familia Hydropsychidae	<i>Smicridea</i> sp.
	Familia Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> sp.
	Familia Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> sp.1
		<i>Nectopsyche</i> sp.2
	Familia Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i> sp.
	Familia Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i> sp.
		<i>Cyrnellus</i> sp.

Tabla 3

FECHA	VARIABLE	ESTACIÓN		
		1	2	3
Sep-05	s	15	14	31
	n	276	174	322
	H'	1.50	1.73	2.63
	λ	0.37	0.32	0.13
Oct-06	s	16	11	32
	n	260	228	318
	H'	1.84	1.77	3.01
	λ	0.22	0.24	0.07
Nov-05	s	19	16	36
	n	315	290	559
	H'	1.99	1.80	2.81
	λ	0.19	0.25	0.08
Ene-06	s	13	14	36
	n	195	256	530
	H'	2.01	1.79	2.88
	λ	0.18	0.21	0.09
Feb-06	s	15	20	30
	n	227	267	627
	H'	1.73	1.89	2.74
	λ	0.26	0.26	0.09

Tabla 4

Estación	1	2	3
1	-	-	-
2	0.58	-	-
3	0.30	0.38	-

Figura 1

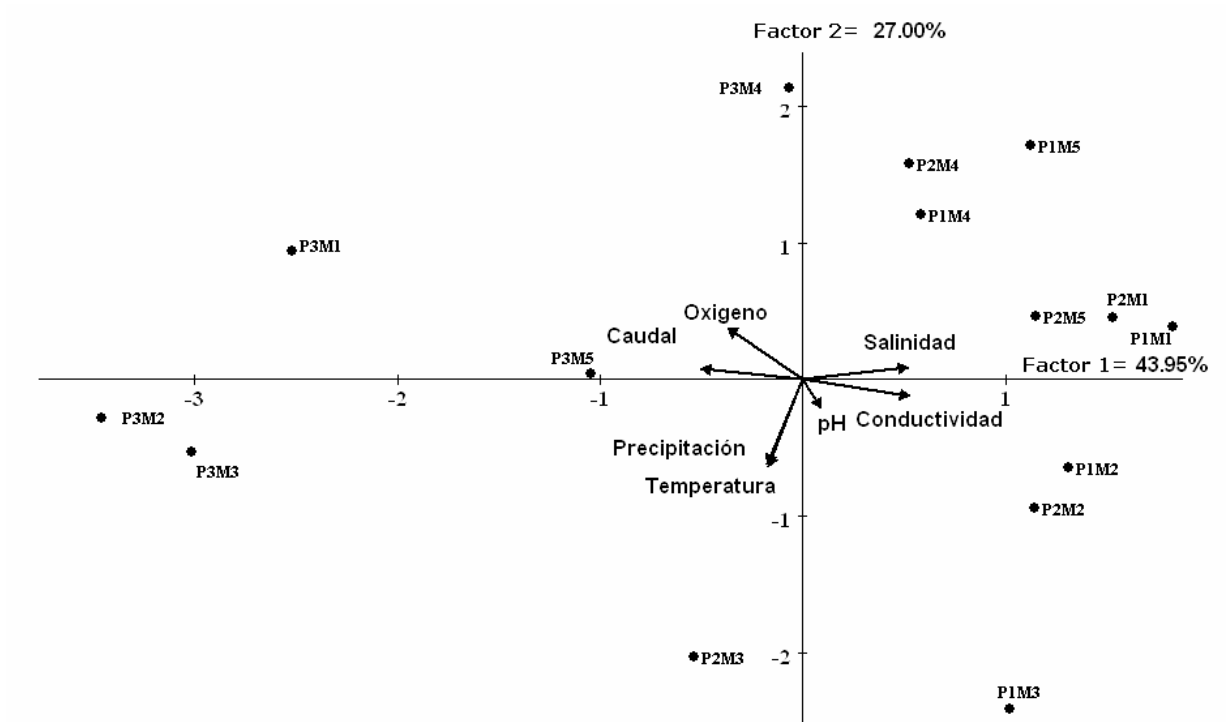


Figura 2

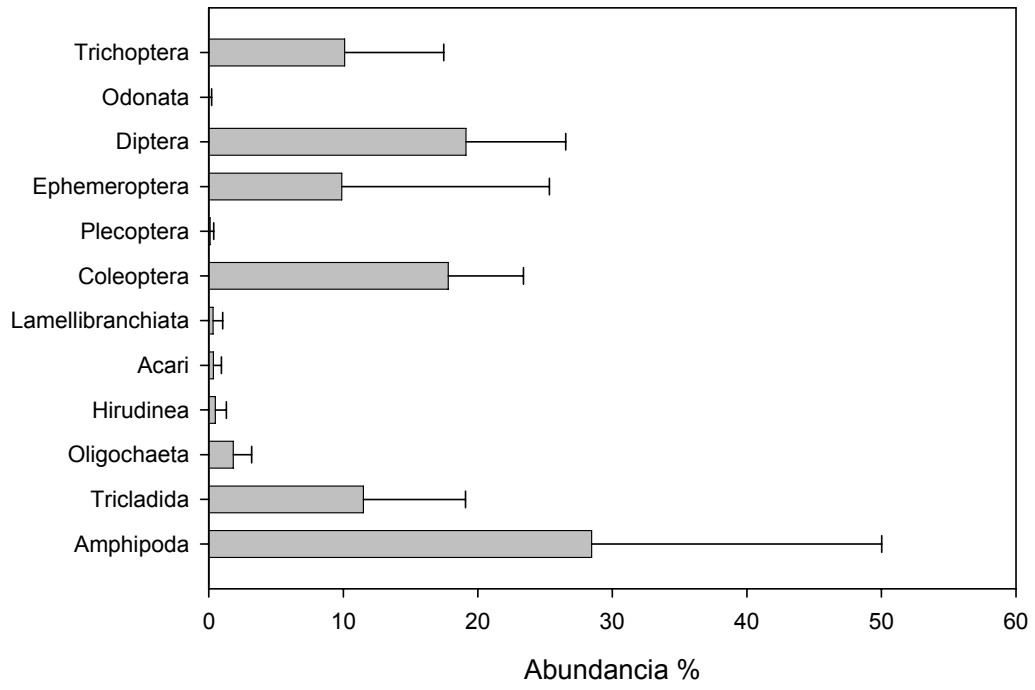


Figura 3

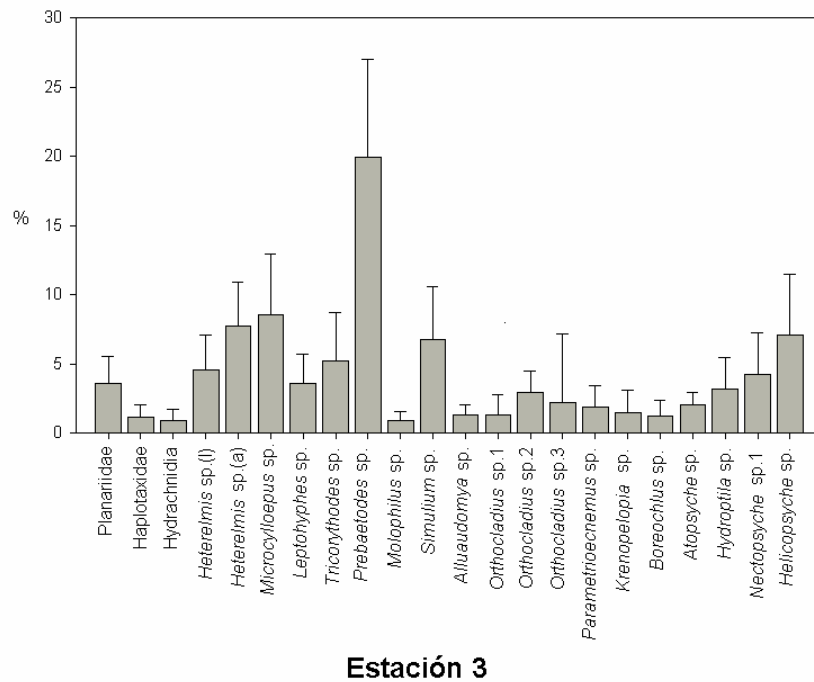
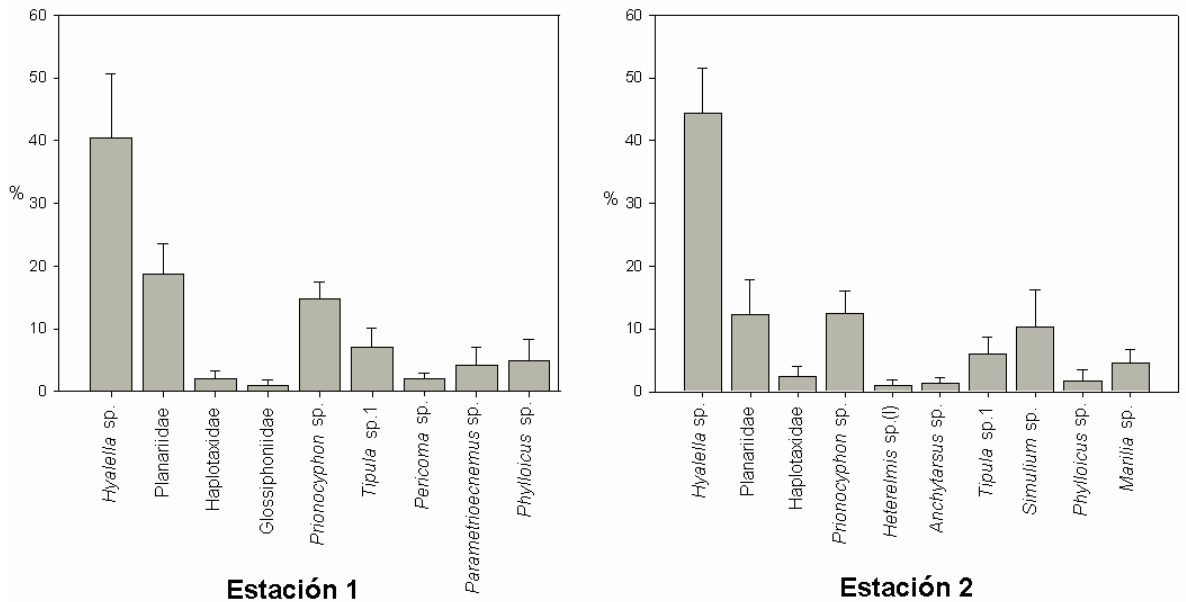
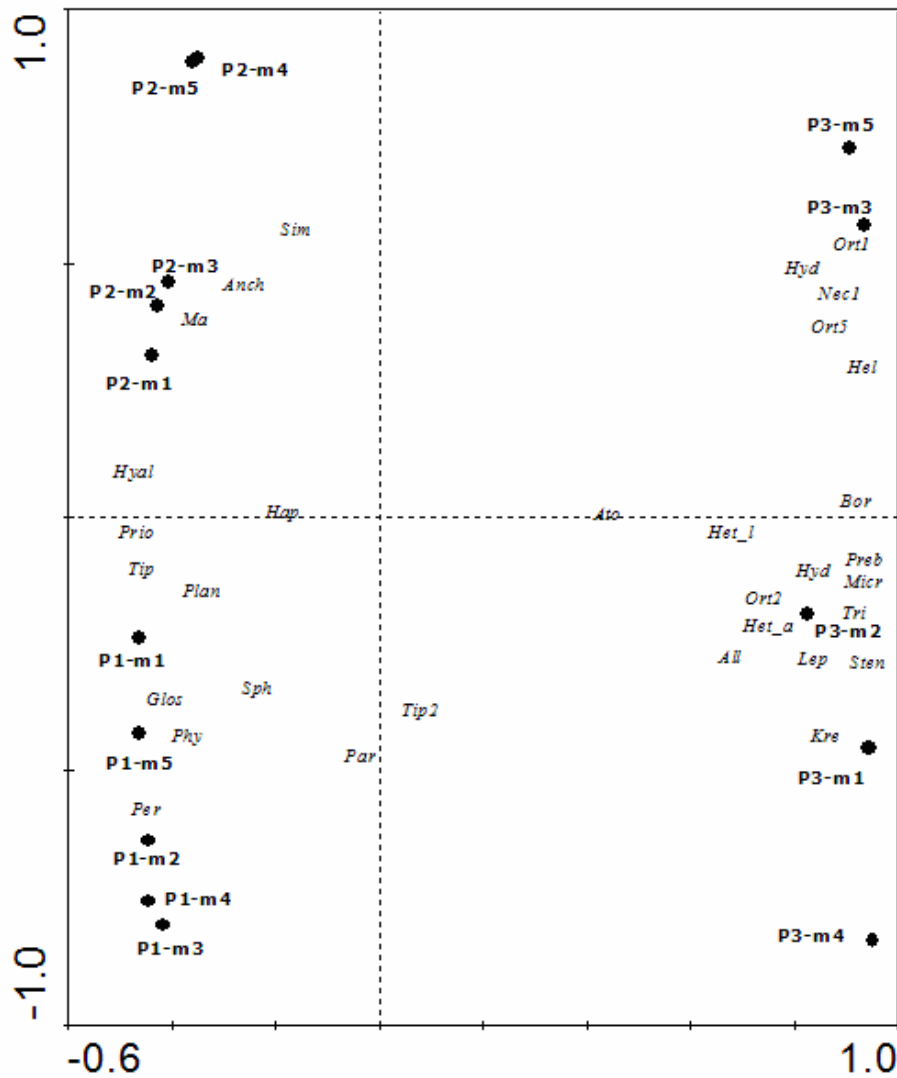


Figura 4



<i>All</i>	<i>Alluaudomya</i> sp.	<i>Hyd</i>	<i>Hydrachnidia</i> sp.	<i>Per</i>	<i>Pericoma</i> sp.
<i>Anch</i>	<i>Anchytarsus</i> sp.	<i>Hy</i>	<i>Hydroptila</i> sp.	<i>Plan</i>	Planariidae
<i>Ato</i>	<i>Atopsyche</i> sp.	<i>Lep</i>	<i>Leptohyphes</i> sp.	<i>Preb</i>	<i>Prebaetodes</i> sp.
<i>Bor</i>	<i>Boreochlus</i> sp.	<i>Ma</i>	<i>Marilia</i> sp.	<i>Prio</i>	<i>Prionocyphon</i> sp.
<i>Kre</i>	<i>Krenopelopia</i> sp.	<i>Micr</i>	<i>Microcylloepus</i> sp.	<i>Sim</i>	<i>Simulium</i> sp.
<i>Glos</i>	Glossiphoniidae	<i>Nec</i>	<i>Nectopsyche</i> sp. ¹	<i>Sph</i>	Sphaeriidae
<i>Hap</i>	Haplotaixidae	<i>Ort1</i>	<i>Orthocladus</i> sp. ¹	<i>Sten</i>	<i>Stenelmis</i> sp.
<i>Hel</i>	<i>Helicopsyche</i> sp.	<i>Ort2</i>	<i>Orthocladus</i> sp. ²	<i>Tip</i>	<i>Tipula</i> sp. ¹
<i>Het_a</i>	<i>Heterelmis</i> sp.	<i>Ort5</i>	<i>Orthocladus</i> sp. ⁵	<i>Tip2</i>	<i>Tipula</i> sp. ²
<i>Het_l</i>	<i>Heterelmis</i> sp.	<i>Par</i>	<i>Parametrioecnemus</i> sp.	<i>Tri</i>	<i>Tricorythodes</i> sp.
<i>Hyal</i>	<i>Hyailella</i> sp.	<i>Phy</i>	<i>Phylloicus</i> sp.		