

## DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS Y FÍSICOQUÍMICOS, EN LA ESTACIÓN PISCÍCOLA, UNIVERSIDAD DE CALDAS, MUNICIPIO DE PALESTINA, COLOMBIA\*

*Christine M. Hahn-vonHessberg<sup>1</sup>, Daniel Ricardo Toro<sup>2</sup>, Alberto Grajales-Quintero<sup>3</sup>, Ginna María Duque-Quintero<sup>4</sup> y Lorena Serna-Uribe<sup>4</sup>*

### Resumen

Se determinó la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos en la Estación Piscícola, Granja Montelindo (Universidad de Caldas), ubicada en la Vereda Santágueda (Municipio de Palestina). Los puntos de muestreo seleccionados corresponden a la entrada y a la salida de agua de la Estación y al recorrido dentro de la misma, áreas donde se tomaron muestras puntuales sujetas a los parámetros fisicoquímicos para analizar la calidad. En el estudio se encontraron 55 familias, de las cuales sobresalen: Chironomidae con un 32,5%, seguida de Thiaridae con un 26,7% y Palaemonidae con una presencia del 6,7% de la población total; las demás se encuentran por debajo del 5% de representatividad. Según el BMW`P/Col. el agua que circula en la Estación Piscícola es de clase tres o medianamente contaminada y no presenta una disminución en la calidad al circular por la estación ni al ser devuelta al caño El Berrión.

**Palabras clave:** Macroinvertebrados, Chironomidae, Thiaridae, Palaemonidae, índice BMW`P/Col.

## DETERMINING WATER QUALITY BY MEANS OF BIOLOGICAL AND PHYSICOCHEMICAL INDICATORS IN THE FISH CULTIVATION STATION OF THE UNIVERSIDAD DE CALDAS, MUNICIPALITY OF PALESTINA, COLOMBIA

### Abstract

The water quality of the Fish Cultivation Station in the Montelindo Farm of the Universidad de Caldas (rSantágueda municipal rural settlement, Municipality of Palestina, Department of Caldas, Colombia) was established by measuring aquatic macro-invertebrates and physicochemical parameters. The sampling points were located at the water inlet and outlet, and several places inside the Station, these points were subject to the psychochemical parameters in order to analyze the quality. 55 macro-invertebrate families were found, being Chironomidae the most frequent (32.5%), followed by Thiaridae (26.7%) and Palaemonidae

\* Recibido 1 de junio de 2009, aceptado 12 de noviembre de 2009.

<sup>1</sup> Profesor Asociado, Departamento de Sistemas de Producción, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. E-mail: christine.hahn@ucaldas.edu.co

<sup>2</sup> Profesor Asistente, Departamento de Ciencias Biológicas, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. E-mail: archeas@msn.com

<sup>3</sup> Profesor Asociado, Departamento de Sistemas de Producción, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. E-mail: alberto.grajales@ucaldas.edu.co

<sup>4</sup> Estudiantes, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad de Caldas.

(6.7%); the others were located below 5% representativity. According to the BMW`P/Col., the water within the Station corresponds to a class three or mildly contaminated, and its quality is not affected by its circulation in the Station, nor in its return to the "El Berrión" stream.

**Key words:** macro-invertebrates, Chironomidae, Thiaridae, Palaemonidae, BMW`P/Col.

## INTRODUCCIÓN

La cantidad de agua que hay en la tierra es del orden de 1.385 millones de km<sup>3</sup>, de los cuales menos del 1% es agua dulce, fácilmente utilizable. De este limitado porcentaje el 38% corresponde a la humedad del suelo; el 52% a los lagos; el 8% de vapor atmosférico, el 1% de organismos vivos y 1% en ríos (MARQUEZ, 1996; ORREGO *et al.*, 1999). Además de ello, el 81% del total se encuentra en forma sólida de glaciares y capas de hielo en la Antártida, zonas polares y cumbres nevadas. La conservación de estos ecosistemas acuáticos depende del adecuado balance entre la precipitación, la escorrentía, la infiltración y la evapotranspiración (SÁNCHEZ, 1999).

Colombia dispone anualmente de 2.000 km<sup>3</sup> (58 l/seg/km<sup>2</sup>) de agua como escorrentía y para infiltración profunda (MARÍN, 1992 en MÁRQUEZ, 1996). De lo cual se consume un cerca de 3.284 m<sup>3</sup>/s., equivalente a 63.072 mm<sup>3</sup>/año. Ante factores condicionantes como densidad poblacional, tipos de asentamientos, actividades productivas y sistemas tecnológicos, se presentan efectos como la desregulación de la disponibilidad espacial y temporal en la oferta hídrica, deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas del agua, conflictos intersectoriales e interterritoriales e imposibilidad de manejo integral de las cuencas (ORREGO *et al.*, 1999).

De ahí que se haya presentado en las últimas décadas un creciente interés por conocer el estado de los cuerpos acuáticos y su evolución en el tiempo con el fin de encontrar estándares de juicio de "Calidad de Agua" que permitan satisfacer las demandas de uso del recurso (FIGUEROA *et al.*, 2000). Los cambios ecológicos en las corrientes acuáticas, por acciones antrópicas o por fenómenos naturales, alteran por tanto, la estructura de la comunidad bentónica (Instituto *Mi Río*, 1997; LÓPEZ *et al.* 1995 en POSADA *et al.* 1999). El cambio en los constituyentes fisicoquímicos se refleja en la actividad de la población microbiológica ya sea en su crecimiento, proliferación y muerte (JARAMILLO, 1995). La integración de la aplicación de indicadores biológicos (macroinvertebrados), junto con análisis microbiológicos y fisicoquímicos, en lo referente a la evaluación de la calidad de agua, se convierte en una alternativa altamente efectiva en la búsqueda de un mayor control y buen uso de la misma (JARAMILLO, 1995).

Un claro ejemplo de esto se ve reflejado en la producción acuícola con el aumento de materia orgánica producida por las excreciones de los peces, por el alimento y por otros insumos adicionados en los estanques de cultivo (TACON, 2003 en PARDO *et al.*, 2006). El efluente va hacia fuentes naturales generando variaciones tales como la disminución en la concentración de oxígeno (OD), el aumento en la concentración de sólidos en suspensión (SST) y el crecimiento exagerado de algas y eutroficación. De ésta manera, cuando las condiciones alóctonas del recurso son deficientes, es fundamental diagnosticar las causas para que esta situación no

continúe afectando el proceso productivo ni las condiciones agroecológicas de la cuenca y de la región. La conservación de éste permite optimizar la producción en términos de rentabilidad y sostenibilidad, puesto que debe entregarse nuevamente en igual o mejores condiciones a las encontradas al momento de captarlo (BOTERO & JIMENEZ *et al.*, 2006).

## MARCO TEÓRICO

La gestión y administración adecuada de los recursos hídricos obliga a conocer su comportamiento y respuesta ante las diferentes intervenciones antrópicas, siendo necesaria la implementación de métodos rápidos y económicos para el diagnóstico de las características de las fuentes de agua (GÓMEZ *et al.*, 2007). Para este tipo de análisis se usan los bioindicadores, que son organismos puntuales y selectos de estrés ambiental que pueden evaluar y predecir los efectos de las modificaciones ambientales antes que el daño sea irreversible (McCARTHY & SHUGART, 1990).

Los efectos de la contaminación sobre los organismos bentónicos en ecosistemas acuáticos han sido ampliamente estudiados en Europa y Estados Unidos (VERDONSCHOT & NIJBOER, 2004 en PAVÉ & MARCHESI, 2005). Más recientemente se han utilizado los macroinvertebrados en estudios de impacto urbano (ROY *et al.* 2003 en PAVÉ & MARCHESI, 2005), los cuales sustentan que el estudio de las comunidades del macrobentos, han resultado útiles en el análisis del ecosistema para elaborar planes de manejo, ya que estas comunidades y su productividad se ven afectadas por diversos factores del medio físico (BOURNAUD *et al.*, 1996 en HURTADO *et al.*, 2005) tales como temperatura del agua, velocidad de la corriente, naturaleza del sustrato y flujo. Este último adquiere un papel dominante ya que con él se relacionan otros factores fisicoquímicos como el oxígeno, pH y turbidez (MARGALEF, 1983 en GARCÍA, 1999).

La bioindicación con macroinvertebrados acuáticos en Colombia se remonta a los años '70 al estudiar el Río Medellín, donde observaron cambios en la estructura de las comunidades, encontrando diferencias en el número y tipo de taxa de un tramo poco perturbado respecto a una zona donde los vertimientos industriales y domésticos se incrementaban (ROLDÁN *et al.* 1973). En el Río Anorí (MACHADO & ROLDÁN, 1981) estudiaron las características fisicoquímicas y biológicas de sus principales afluentes, observando cómo estos presentan pocas variaciones fisicoquímicas a lo largo del tiempo.

En un estudio realizado por JARAMILLO (1995) se cuantificó los grupos de macroinvertebrados presentes en el licor mixto y se determinó su relación con la eficiencia en la planta de tratamiento de aguas residuales de El Retiro en el Departamento de Antioquia. En 1999, GARCÍA estudió la distribución espacial y temporal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el Río Guadalajara de Buga con relación a la calidad de agua. POSADA *et al.* (1999) caracterizaron la calidad fisicoquímica y biológica de las aguas en la cuenca de la Quebrada Piedras Blancas, Antioquia.

En 2001, MACHADO realizó una caracterización fisicoquímica y biológica de las cuencas de los ríos Tapias y Tareas en el Departamento de Caldas con el fin de evaluar la evolución fisicoquímica y biológica de las corrientes. JARAMILLO (1995)

evaluó la importancia de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. GUERRERO *et al.* (2003) realizaron un estudio sobre las comunidades bentónicas y su relación con la calidad del agua en la cuenca del Río Gaira "Pozo Azul". En el 2006 BERNAL *et al.*, caracterizaron la comunidad de macroinvertebrados de la Quebrada Paloblanco en la cuenca del Río Otún del Departamento de Risaralda. Para el 2008 GUTIÉRREZ utilizó los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la granja Yamboró, Huila. En el mismo año, DUQUE evaluó la calidad del agua de la parte alta de tres quebradas en la microcuenca Llanitos (Villamaría, Caldas) a través de análisis fisicoquímicos y de macroinvertebrados acuáticos.

En suma, los macroinvertebrados acuáticos han adquirido una creciente importancia en el análisis de la calidad del agua, debido a que no sólo revelan las condiciones ambientales actuales, sino que actúan como reveladores de las condiciones en el tiempo (ALBA-TERCEDOR, 1996). Estos organismos incluyen grupos como platelmintos, anélidos, artrópodos y moluscos. Los artrópodos constituyen el grupo más numeroso y entre estos las larvas y ninfas de insectos son las más importantes representadas por efemerópteros, odonatos, plecópteros, neurópteros, hemípteros, coleópteros, tricópteros, lepidópteros y dípteros (MARGALEF, 1983; Roldán, 1992). Estos viven adheridos a hojas, rocas, en contacto con el sustrato y por lo tanto, con las sustancias tóxicas que se encuentren en él, y que como resultado de sus estrategias de vida y su hábito sedentario, actúan como monitores continuos del lugar que habitan (ROSENBERG & RESH, 1993 en PAVÉ & MARCHESE, 2005). Estos organismos bentónicos presentan una amplia distribución, ciclos de vida relativamente largos, de fácil identificación y apreciables a simple vista, lo que hace de ellos el grupo con más amplia aceptación como indicadores de la calidad del agua (GHETTI & BONAZZI, 1981).

De la misma manera, entre los indicadores microbiológicos se encuentran las bacterias. Así, cuando ocurre una intensa proliferación de bacterias en materiales orgánicos, éstas pueden consumir muchas partes de oxígeno del agua y perjudicar la vida de peces (WOYNAROVICH, 1985).

De acuerdo con la clase de hábitat acuático, la composición de la flora bacteriana difiere, dependiendo no sólo del contenido en el agua de material orgánico e inorgánico, pH, turbidez y temperatura, y de las fuentes que pueden introducir microorganismos al agua. Al grupo coliforme, se le concede la misma importancia desde el punto de vista sanitario considerado como indicador bacteriológico, con su presencia, demuestra que ocurrió contaminación y su posible origen. Su dosis infectiva es de aproximadamente  $10^2$  número más probable (NMP) por 100 mililitros de agua (ROLDÁN, 1992).

Los exámenes fisicoquímicos están relacionados con las bacterias, en los que la temperatura se presenta como uno de los factores ambientales más importantes que influyen en la proliferación y supervivencia de los microorganismos. A medida que la temperatura aumenta, aumentan también sus reacciones enzimáticas y las tasas de reproducción. En la mayoría de los ecosistemas acuáticos naturales el pH oscila entre 5.0 y 9.0, y aunque se encuentren microorganismos en hábitat dentro de límites muy amplios de pH, su pH interior se conserva alrededor del punto neutro. El pH fluctúa considerablemente con la hora del día y la profundidad del agua debido a que el pH está estrechamente relacionado a la concentración de dióxido

de carbono. Aguas con alta conductividad representan un limitante osmótico para la mayoría de las especies, excepto las eurihalinas que resisten amplios rangos de variación (ROLDÁN, 1992).

De ahí que el primer factor fisicoquímico que deba conocerse sea la temperatura. La velocidad de la mayoría de los procesos que afectan la calidad del agua en la acuicultura de estanques se duplica cuando hay un incremento de temperatura de 10°C (MATEO, 2005). El abonamiento de los estanques trae, por un lado, una sobresaturación de oxígeno al haber mayor fotosíntesis, pero al mismo tiempo el exceso de biomasa se convierte en un factor negativo por el gasto de oxígeno en la descomposición de la materia orgánica (ROLDÁN, 1992).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **ÁREA DE ESTUDIO**

Este trabajo fue realizado en la Estación Piscícola de la Granja Montelindo, propiedad de la Universidad de Caldas, Vereda Santágueda, Municipio de Palestina, Departamento de Caldas, Colombia, a 1.050 m.s.n.m. Humedad relativa del 75% y precipitación de 2.377 mm/año; temperatura media de 22.5°C; brillo solar año de 2049 h.; bosque húmedo subtropical; con coordenadas W 75°45', N 5°04'. La Estación Piscícola está ubicada en la microcuenca El Berrión que cuenta con elevaciones que varían entre 1.000 y 1.400 m.s.n.m. Posee 541,3282 ha (Corpocaldas 1998 en GRAJALES, 2004).

### **MUESTREOS**

Las tomas de muestras de los macroinvertebrados fueron recolectadas utilizando la metodología de ROLDÁN (2003) modificada. Se dispuso una red de mano en contra de la corriente y a su vez se removió el fondo para capturar los macroinvertebrados presentes, cubriendo un área de 6 m<sup>2</sup> aproximadamente. Seguidamente se procedió a procesar el material recolectado sobre un cedazo y sobre cinco filtros para lavar el exceso de lodo facilitando la identificación y conservación del material. Adicionalmente se recogieron los organismos adheridos a piedras, ramas, hojas y otros objetos que había en el lugar. Las muestras se guardaron en recipientes de vidrio con alcohol al 70%, debidamente rotulados y refrigerados. Las muestras de material microbiológico se tomaron en cada punto en una cantidad de 50 ml de agua, en envases de plástico estéril y a 20 cm. de profundidad, debidamente rotulados y refrigerados. En cada punto se midieron parámetros fisicoquímicos: oxígeno, pH, conductividad y temperatura.

El análisis de laboratorio microbiológico se realizó de la siguiente manera:

#### **Recuento de coliformes totales y fecales**

- Determinación de mesófilos. Se cuantificó por el método N.M.P. Para analizar cada muestra se dispuso de seis tubos estériles con 4.5 ml de caldo nutritivo cada uno. Agregándole 0,5 ml del agua de muestra, se agitó y transfirió 0.5 ml al segundo tubo, de éste 0,5 ml al tercero quedando

- diluciones de  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ . El número más probable de microorganismos corresponde al último tubo que presentó crecimiento, expresando su exponente de dilución en forma positiva.
- Determinación de coliformes. Se determinó por el método de N.M.P. en tres series de tres tubos en caldo Brila con campana de Durham. Se inocularon a  $37^{\circ}\text{C}$  con 1, 0,1 y 0,01 ml respectivamente de la muestra de agua. Después de incubarlos se tomó la serie de los tubos positivos y se consultó una tabla convencional de N.M.P. para coliformes. Del tubo positivo con la menor dilución se inoculó un tubo con Brila y una caja con agar EMB y se incubaron a  $44,5^{\circ}\text{C}$  para confirmar cualitativamente la presencia de coliformes fecales.
  - Hongos. Como estudio complementario se evaluó cualitativamente la presencia de Hongos mesófilos en agar PDA: Se sembraron alícuotas en  $10^{-3}$  ml de cada muestra, se distribuyó uniformemente con el rastrillo y fueron rotuladas con el número de la muestra. Se incubó por un período de 2 semanas a 22 días hasta observar el crecimiento de micelio reproductivo. Se observaron las muestras de micelio en 40x con tinción de azul de lactofenol y se tomaron fotografías macro y microscópicas del micelio. Finalmente se realizaron pases a medio fresco y estéril para confirmar las clasificaciones.

Por último se identificaron las muestras de macroinvertebrados a nivel de familia. Las fotografías de algunos organismos se tomaron en el Museo Entomológico Marcial Benavides de CENICAFE con la ayuda de un estereoscopio Nikon SNZ1500 adaptado al software Nis Elements Basics. Estas muestras se preservaron en glicerina al 0.01%. Se realizó el procedimiento analítico para la determinación de los Sólidos Totales según "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater", APHA-AWWA-WEF (1992). (Anexo 2)

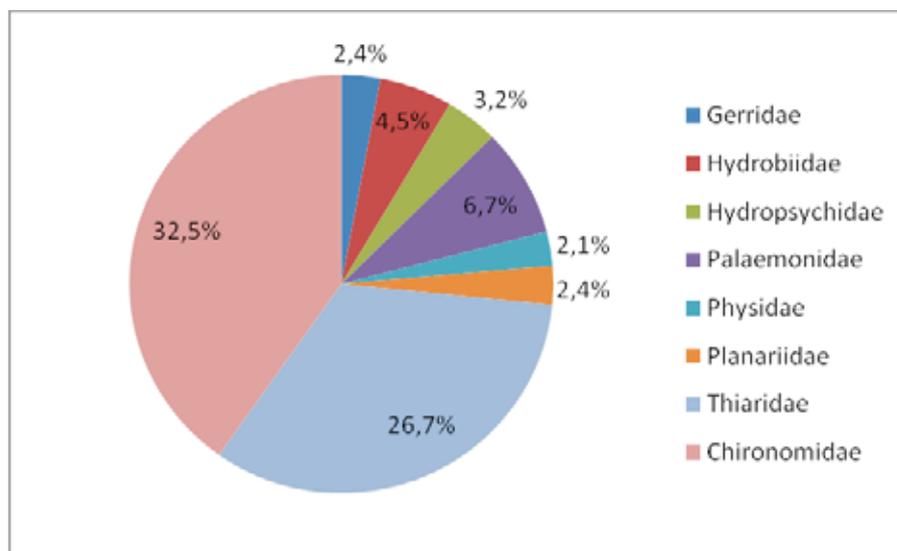
## ANÁLISIS DE DATOS

Para evaluar la calidad de agua se utilizó el índice BMWP/Col. para los 8 muestreos y los 24 puntos (ROLDÁN, 2003 modificado por ÁLVAREZ, 2005); y las clases, valores y características para aguas naturales clasificadas mediante el índice BMWP (ZAMORA, 2006). La abundancia se tomó como el número total de individuos capturados por familia y por los 20 puntos de muestreo. La riqueza se determinó por el número de familias encontradas en cada punto y su composición como la identidad de cada una de ellas. Respecto a la comparación de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los 20 puntos de muestreo se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA) de una sola vía y una prueba Post-hoc Tukey.

Al momento de relacionar la abundancia de macroinvertebrados acuáticos con las variables microbiológicas y fisicoquímicas en los 20 puntos de muestreo, se realizó una Correlación de Pearson. En éstos análisis se empleó el software BioEstat (AYRES *et al.*, 2004). Para relacionar la composición de macroinvertebrados acuáticos con las variables microbiológicas y fisicoquímicas se usó un Análisis de Componentes Principales (ACP).

## RESULTADOS

A lo largo de los 8 muestreos en las 24 estaciones se capturaron 11.800 individuos de macroinvertebrados pertenecientes a 22 órdenes y 55 familias. La familia más abundante fue Chironomidae con 3.806 individuos (32,5%), seguida de Thiaridae con 3150 individuos (26,7%), Palaemonidae con 793 individuos (6,7%), Hydrobiidae con 531 individuos (4,5%), Hydropsychidae con 383 individuos (3,2%), Physidae con 249 individuos (2,1%), Planariidae con 281 individuos (2,4%) y Gerridae con 281 individuos (2,4%). Las 48 familias restantes presentaron entre 1 y 150 individuos (Figura 1).



**Figura 1.** Gráfico de porcentaje de familias más abundantes en la Estación Piscícola de la Universidad de Caldas.

Respecto a la riqueza de familias de macroinvertebrados acuáticos, se encontró con la prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) que había diferencias significativas entre los puntos 3 y 10, 10 y 19. En el punto 3 se encontraron 20 familias y en el 10 se encontraron 15. Las familias que se encontraron sólo en el punto 3 fueron: Ampullaridae (2 individuos), Baetidae (1), Curculionidae (1), Hydroptilidae (4), Leptophlebiidae (1), Philopotamidae (1), Sphaeriidae (7) y Veliidae (21). En el punto 10: Dolichopodidae (1), Libellulidae (1) y Planorbidae (1). Mientras que para los puntos 10 y 19 se hallaron 15 y 19 familias respectivamente. Para el 10: Dolichopodidae (1), Helicopsychidae (1), Tipulidae (1). Para el 19: Coenagrionidae (11), Elmidae (1), Glossiphoniidae (5), Leptophlebiidae (1), Noteridae (2), Sphaeriidae (23), Veliidae (20).

## **Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados acuáticos. Índice BMWP/Col**

Los muestreos 5, 1 y 2 con valores del índice BMWP/Col. de 99, 85 y 80 respectivamente, se encuentran catalogados como clase III (rango = 61-100) de aguas medianamente contaminadas. Los muestreos 3, 7, 6 y 4 presentaron valores de 119, 114, 102 y 101 respectivamente, los cuales se catalogan como clase II (rango = 101-120) de aguas limpias, y el último muestreo presentó un valor de 121 (rango  $\geq 121$ ) ubicándolo dentro del índice BMWP/Col como clase I, cuya característica son aguas muy limpias, representadas para fines cartográficos con el color azul.

La mayoría de los puntos de muestreo (17) están catalogados como clase III (rango = 61-100), aguas medianamente contaminadas; mientras que los puntos 5, 12, 14 y 19 fueron de clase IV (rango = 36-60), aguas contaminadas; y tan sólo los puntos 3, 17 y 23 se ubican en la clase II (rango= 101-120), aguas limpias. Por otra parte el punto 1 (entrada de agua al sistema Piscícola) y el 24 (entrega al cauce original), aunque presentan valores diferentes (79 y 89 respectivamente) del índice BMWP/Col, se catalogan como clase III (rango= 61-100), aguas medianamente contaminadas.

## **Comparación de la riqueza de familias y abundancia de macroinvertebrados. Análisis de varianza (ANOVA)**

Los análisis de varianza de una vía para los 20 puntos de muestreo presentaron diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Para la variable número de individuos por familia ( $p = 0.0088$ ) hallándose que sólo el punto 1 y 3 eran significativamente diferentes con un nivel de confianza del 0.05%.

El Análisis de Varianza (ANOVA) de una sola vía, mostró diferencias significativas ( $p = 0,0176$ ) para la variable número de familias por punto de muestreo. Seguidamente se indagó entre cuáles puntos de muestreo había tales diferencias con la prueba Post-hoc Tukey encontrándose que sólo en los puntos 3 y 10, 10 y 19 hay diferencias significativas con un nivel de confianza del 0.05%.

## **Asociación entre las variables fisicoquímicas y microbiológicas con la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos.**

### **Correlación de Pearson**

En el punto 1, la Correlación de Pearson para las variables fisicoquímicas y microbiológicas presentó valores entre 0.85 y 0.99 del coeficiente de correlación, indicando que existe una asociación positiva, por lo cual sólo se estableció la correlación entre el oxígeno disuelto y la abundancia (rango = 0.85). En el punto 3 la Correlación de Pearson para las variables fisicoquímicas y microbiológicas presentó valores entre 0.69 y 0.99 del coeficiente de correlación, indicándonos que existe una asociación positiva, por lo cual sólo se estableció la correlación entre el oxígeno disuelto y la abundancia (rango = 0.64). En los puntos restantes que no presentaron diferencias significativas con el Análisis de Varianza (ANOVA) para la variable número de individuos, en la Correlación de Pearson las variables fisicoquímicas y microbiológicas presentaron valores entre 0.95 y 0.99 del coeficiente de correlación, indicándonos que existe una asociación positiva, por lo cual sólo se estableció la correlación entre el oxígeno disuelto y la abundancia (rango = 0.92).

## **Relación entre la composición de macroinvertebrados acuáticos con las variables fisicoquímicas y microbiológicas**

### **Análisis de componentes principales (ACP)**

Para el muestreo 1, las variables temperatura, pH y Número Más Probable (N.M.P.) están relacionados de manera positiva. Las familias de la clase uno se presentan a mayores concentraciones de oxígeno y a niveles bajos de recuento de mesófilos, mientras que para la clase dos sucede lo contrario. Respecto al segundo muestreo, las familias de la clase uno se encuentran a mayores temperaturas y conductividad; para la clase dos la presencia de estas familias está condicionada por el oxígeno. En el muestreo 3 las variables temperatura y conductividad están relacionadas positivamente, al igual que el N.M.P. y el recuento de mesófilos. Las familias de la clase uno están condicionadas por el oxígeno y las de la clase dos con la conductividad, la temperatura y el pH.

El muestreo 4 se caracteriza porque la conductividad está relacionada de manera positiva con el N.M.P. Las familias de la clase dos están relacionadas con la conductividad y el N.M.P. Las familias de la clase uno, encontradas en el quinto muestreo, están relacionadas con el pH y la temperatura, mientras que en la clase dos las familias se presentan a valores menores de pH, temperatura y a mayores niveles de oxígeno.

La conductividad y el porcentaje de saturación de oxígeno se relacionan positivamente y éstas a su vez, con las familias de la clase dos en el sexto muestreo realizado en la Estación Piscícola. Para el séptimo muestreo, las familias de la clase dos están relacionadas con el pH y para la clase uno con la conductividad. En el octavo muestreo, el N.M.P. y el recuento de mesófilos están relacionados positivamente y éstos a su vez, con las familias de la clase dos. Las familias de la clase uno están presentes a mayores temperaturas y menores valores de conductividad.

En la Tabla No. 1 se observa el resumen del Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado, determinando la relación entre las variables microbiológicas y fisicoquímicas con las familias de macroinvertebrados acuáticos.

## **DISCUSIÓN**

Las familias Thiaridae, Paleamonidae, Chironomidae, Hydropsychidae, Gerridae y Planariidae presentaron el mayor número de individuos en este estudio; solo dos de estas se encuentran reportadas. Hydropsychidae entre las familias más abundantes en el. MACHADO (2001) encontró Chironomidae como la familia más abundante para el estudio realizado en los ríos Tapias y Tareas en el Departamento de Caldas; de igual forma esta familia fue la más numerosa en el Río Gaira, Colombia (GUERRERO *et al.*, 2003). Para un estudio realizado en ocho quebradas del Quindío la familia Hydropsychidae fue una de las más abundantes, al igual que el estudio realizado por DUQUE (2008) en la Quebrada Llanitos en el Municipio de Villamaría, Caldas.

La alta representatividad de las familias Chironomidae e Hydropsychidae se debe posiblemente a que están ampliamente distribuidas en todo tipo de corrientes de agua (McCAFFERTY, 1981; MERRITT & CUMMINS, 1996). La familia Chironomidae

tolera altos niveles de contaminación y por el contrario la Hydropsychidae tolera bajos niveles de contaminación. Se sabe que ésta es una de las familias más diversas del orden Trichoptera en Colombia (Muñoz com. pers., 2000) lo que sugiere que las familias más abundantes encontradas en los estanques de la Estación Piscícola lo son porque presentan un amplio rango de distribución.

Los resultados obtenidos tras la aplicación del índice BMWP/Col. indican que las aguas de la Estación Piscícola se presentan, a nivel general, como aguas muy limpias y de buena calidad con un puntaje de 130, el cual es comparable con el valor (192) encontrado para el sector de Pozo Azul, en la cuenca del Río Gaira en el Departamento del Magdalena por GUERRERO *et al.* (2003). Pero al calcular este índice por muestreo encontramos variaciones en la calidad que van desde aguas muy limpias hasta ligeramente contaminadas, y al compararlo por cada punto de muestreo se encontró que van desde aguas limpias hasta aguas contaminadas, lo que demuestra claramente que 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 (GUERRERO *et al.* 2003).

Las diferencias significativas (con un nivel de confianza del 95%) en el número de individuos que se presentaron para el punto 1 y 3 (punto 1: Thiaridae con 105 individuos, Chironomidae presentó 45 individuos, Paleamonidae con un individuo, y en el punto tres con 51, 959 y 20 individuos respectivamente), pueden estar relacionadas a la disponibilidad de sustrato, como presencia o ausencia de arena y fango, lo que según otros autores influyen en la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos (Aguirre., com. pers. 2004). La Estación Piscícola se alimenta de un caño que se convierte en una especie de lago fangoso en el punto 1 corrobora con lo anterior. El punto 3 es un desarenador que permite la sedimentación de arena y grava, alimentado por aguas más filtradas y con menores contenidos de fango.

Respecto a la riqueza de familias de macroinvertebrados acuáticos, se encontró con la prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) que había diferencias significativas entre los puntos 3 y 10, 10 y 19. En el punto 3 se encontraron 20 familias y en el 10 se encontraron 15. Las familias que se encontraron sólo en el punto 3 fueron: Ampullaridae (2 individuos), Baetidae (1), Curculionidae (1), Hydroptilidae (4), Leptophlebiidae (1), Philopotamidae (1), Sphaeriidae (7) y Veliidae (21). En el punto 10: Dolichopodidae (1), Libellulidae (1) y Planorbidae (1). Mientras que para los puntos 10 y 19 se hallaron 15 y 19 familias respectivamente. Para el 10: Dolichopodidae (1), Helicopsychidae (1), Tipulidae (1). Para el 19: Coenagrionidae (11), Elmidae (1), Glossiphoniidae (5), Leptophlebiidae (1), Noteridae (2), Sphaeriidae (23), Veliidae (20). Las diferencias en la riqueza de familias de macroinvertebrados entre los sitios pueden estar relacionadas con la diversidad de los sitios de muestreo (tipo de sustrato, tipo de estanques, especies de peces, edades de los peces), es decir, el punto 3 se abastece de agua directamente del embalse, el punto 10 se encuentra antecedido por el punto 3 que es el desarenador, y el punto 19 es un canal fangoso con presencia de vegetación en sus orillas que recibe agua tanto de los estanques como de los nacimientos. Se ha encontrado que la presencia de vegetación riparia tiene efectos sobre la comunidad de macroinvertebrados (Aguirre, com pers., 2004).

Aunque el punto 1 y 3 presentaron diferencias significativas, en la Correlación de Pearson para establecer la asociación entre las variables fisicoquímicas y microbiológicas con la abundancia de macroinvertebrados acuáticos, se presentó una asociación positiva con todas las variables medidas, lo mismo que para los puntos que eran significativamente iguales en la abundancia. Lo anterior se debe principalmente a la poca variación entre los diferentes tipos de sustratos que tiene la Estación Piscícola. En estudios realizados por LONGO *et al.* (2006), encontraron que la conductividad presenta mayor relación con la abundancia de macroinvertebrados acuáticos.

En el análisis de componentes principales para cada muestreo se observa que la familia Planorbidae está asociada con bajos niveles de recuento de mesófilos y alto porcentaje de saturación de oxígeno, lo cual concuerda con el puntaje asignado para el Índice BMWP/Col. modificado por ÁLVAREZ (2005), en el que se muestra un puntaje de 8 que es dado a las familias menos tolerantes a la contaminación.

La mayor abundancia de la familia Chironomidae está asociada a bajos niveles de oxígeno y altas concentraciones de recuento de mesófilos y conductividad, corrobora con la designación dada a la familia como tolerantes a altos niveles de contaminación, tal como se ha encontrado en otros estudios (Zuñiga, com. pers., 1985).

Respecto a la familia Thiaridae éstos se presentaron a altos valores de (N.M.P.) y recuento de mesófilos, y a bajos niveles de porcentaje de saturación de oxígeno. En el caso de Libellulidae se encontró en altos niveles de oxígeno y de N.M.P., concordando con ROLDÁN (1996).

La familia Planariidae se encontró en mayores condiciones de oxígeno, de conductividad y recuento de mesófilos. A pesar de que ésta se ha considerado dentro de un rango de tolerancia ecológica relativamente estrecha (GUERRERO, 2003), se ha reportado en el Río Rionegro en zonas de alta contaminación de origen orgánico en estudios realizados por PÉREZ & ROLDÁN (1978).

La familia Tubificidae estuvo presente en altas concentraciones de oxígeno disuelto y N.M.P., con un puntaje igual a 1 en el Índice BMWP/Col., lo que la ubica como una familia indicadora de aguas de mala calidad (ÁLVAREZ, 2005).

La familia Leptohyphidae, estando dentro de los puntajes más altos en el índice (7), estuvo presente en valores altos de recuento de mesófilos y N.M.P. La familia Baetidae se encontró en altos niveles de oxígeno, lo que concuerda con los reportes de CORPOCALDAS-PROAGUA (2005; MACHADO, 2001).

Hydroptilidae, siendo una familia con un puntaje de 8 para el índice, se encontró en aguas de alta conductividad, temperatura y oxígeno, lo que se acerca a la definición de su hábitat dada por ROLDÁN (1996).

La familia Helicopsychidae se encuentra en altos niveles de oxígeno disuelto, pero también en alta conductividad, recuento y N.M.P., lo que la ubica como indicadora de aguas limpias a ligeramente contaminadas (McCAFFERTY, 1981; PINILLA, 2000). Anexo 1.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los métodos biológicos y fisicoquímicos son complementarios en los procesos de evaluación de la calidad de las aguas, pues así como los reflejan diferentes alteraciones en el ecosistema, también los segundos presentan una serie de ventajas que tienen que ver con la precisión y determinación de cuáles son las sustancias contaminantes, cuantificación de las mismas y posibles soluciones.
- La complementariedad de estos métodos permite ahorro de tiempo y mejor utilización de los recursos económicos disponibles para la gestión de los recursos hídricos. La legislación ambiental no ha tenido en cuenta la gran utilidad e importancia de los métodos biológicos, en especial los relacionados con el empleo de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores.
- El agua que circula en la Estación Piscícola es de clase tres o medianamente contaminada. No se observó deterioro de la calidad del agua al circular por la estación ni al ser devuelta al caño.
- Al analizar la riqueza de macroinvertebrados acuáticos a lo largo de los 20 puntos de muestreo, no se encontró un patrón de asociación entre ellos; los resultados cambian entre un punto y otro debido a que los estanques manejan distintas especies icticas, distintos materiales en la construcción del estanque y distintas formas de alimentación. Lo que si se pudo determinar es que la abundancia de algunas familias de macroinvertebrados está relacionada con las variables fisicoquímicas y microbiológicas.
- La presencia de las familias Planorbidae, Planaridae y Hydroptilidae se relacionan con bajos niveles de microorganismos y alto porcentaje de saturación de oxígeno. Por el contrario las familias Thiaridae y Chironomidae están relacionadas con altos niveles de microorganismos y bajos niveles de oxígeno. La familia Libellulidae está relacionada con altos porcentajes de oxígeno y recuento de microorganismos.
- Algunos organismos como los Tubificidae, catalogados en otros trabajos como indicadores de aguas altamente contaminadas, en este trabajo no se relacionaron con ambientes contaminados.
- Se encontraron hongos pertenecientes a los grupos Oomycetos, Phycomycetos y Zygomycetos. Además de las morfoespecies *Cladosporiumsp.*, *Thielaviopsis sp.*, *Rhizopus sp.*, *Penicillium sp.* y *Fusarium sp.* Los grupos de Hongos encontrados tienen dos orígenes: los primeros son de origen ambiental (aire) y los segundos son propios de los ecosistemas acuáticos. No se encontró ningún hongo causante de infección directa en peces.

De acuerdo a lo anterior podemos deducir que hay diferencias en la composición de macroinvertebrados acuáticos a través de los muestreos, que a su vez fueron influenciados por las variables fisicoquímicas.

## BIBLIOGRAFIA

- ALBA-TERCEDOR J., 1996.-"Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos". (en) *IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA)*. Departamento de Biología Animal y Ecología. Universidad de Granada. Almería, Vol. II: 203-213.
- ALVAREZ, L., 2005.- Desarrollo para una metodología para la evaluación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de los recursos hidrobiológicos. Contrato N° 05-01-24843-0424PS entre

- el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" y Luisa Fernanda Álvarez Arango.
- AYRES, M; MURCIA, C.; LIMA, D; SANTOS, A., 2004.- *BioEstat: estadísticas para las ciencias biológicas y médicas*. Belem, Pará, Brasil. Sociedad Civil Mamiraua, Brasilia. p. 274
- BERNAL, E.; GARCÍA, D.; NOVOA, M.; PINZÓN, A., 2006.- *Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada Paloblanco de la cuenca del río Otún (Risaralda, Colombia)*. Tesis, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Bogotá.
- BOTERO, M. & JIMENEZ, H., 2006.- "Disminución de la reproducción, el crecimiento y la sobrevivencia de peces, debido a una alteración en la cantidad y calidad del agua: reporte de caso". (en) *Rev. Col. Cienc. Pec.*, 19:2.
- CORPOCALDAS-PROAGUA., 2005.- "Caracterización y evaluación biológica de la calidad del agua en la subcuenca del río Chinchiná". (en) *Ordenamiento del uso del agua en la subcuenca del río Chinchiná localizada entre los municipios de Manizales, Villamaría, Chinchiná, Neira y Palestina – Dpto. de Caldas*. Convenio CORPOCALDAS-PROAGUA C087-2004.
- DUQUE, J., 2008.- *Calidad del agua de la parte alta de tres quebradas en la microcuenca Llanitos (Villamaría, Caldas) a través de análisis fisicoquímicos y de macroinvertebrados acuáticos*. Tesis, Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Manizales.
- FIGUEROA, R.; ARAYA, E.; PARRA, O. & VALDOVINOS, C., 2000.- *Macroinvertebrados Bentónicos como indicadores de calidad de agua*. Centro de Ciencias Ambientales, EULA-Chile, Universidad de Concepción, Chile.
- GARCIA, L., 1999.- *Distribución espacial y temporal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Guadalajara de Buga con relación a la calidad de agua*. Tesis: Universidad del Valle. Facultad de Ciencias, Santiago de Cali.
- GHETTI, P. & BONAZZI, G., 1981.- *I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua*. Consiglio Nazionale delle Ricerche Aq p. 127
- GOMEZ, A.; NARANJO, D.; MARTÍNEZ, A & GALLEGO, D., 2007.- Calidad del agua en la parte alta de las cuencas Juan Cojo y el Salado (Girardot-Antioquia, Colombia). p. 112
- GRAJALES, A., 2004.- *Evaluación de dos tipos de resolución de los SIG, utilizando la variabilidad espacial de la erodabilidad del suelo en la Microcuenca "El Berrión", Municipio de Palestina, Caldas, Colombia*. Tesis: Universidad de Caldas. Maestría en Sistemas de Producción Agropecuaria, Manizales
- GUERRERO, F.; MANJARRÉS, A. & NÚÑEZ, N., 2003.- *Los macroinvertebrados acuáticos de Pozo Azul (Cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua*. Tesis: Universidad del Magdalena, Facultad de Ciencias Básicas, Santa Marta.
- GUTIÉRREZ, S., 2008.- *Uso de macroinvertebrados como bioindicación de la calidad del agua de la granja Yamboró, Pitalito, Huila*. Tesis: Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Manizales.
- HURTADO, S.; GARCÍA, F. & GUTIÉRREZ, P., 2005.- "Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del río San Juan, Querétaro, México".(en) *Folia Entomol.* 44(3): 271-286.
- INSTITUTO MI RÍO. 1997.- *Aspecto Biológico y Fisicoquímico del río Medellín*. Universidad de Antioquia. Medellín. Tomo I, p. 138
- JARAMILLO, G., 1995.- *Cuantificación de los grupos de microinvertebrados presentes en el licor mixto y determinación de su relación con la eficiencia en la planta de tratamiento de aguas residuales del retiro*. Tesis: Universidad de Antioquia. Medellín.
- LONGO, M.; ZAMORA, H.; ANDRADE, C. & CEBALLOS, V., 2006.- *Comunidad de macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua de un sector del río Grande (sur- occidente colombiano)*. Tesis: Universidad del Cauca, Popayán.
- MACHADO, A., 2001.- *Caracterización fisicoquímica y biológica de las cuencas de los ríos Tapias y Tareas, Departamento de Caldas, Colombia*. Universidad de Antioquia. Medellín.
- MACHADO, A. & ROLDÁN, G. Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. 1981. *Actualidades Biológicas*, 10 (35), p. 3 - 19.
- McCAFFERTY, W., 1981.- *Aquatic Entomology*. Science Books International.
- MCCARTHY, J. F. & SHUGART, L. R., 1990.- *Biomarkers of environmental contamination*. (en) MCCARTHY, J. F. & SHUGART, L. R. (eds.) *Biomarkers of environmental contamination*. New York, Lewis Pub., 3-14.
- MARGALEF, R., 1983.- *Limnología*. Barcelona, Editorial Omega, p. 145
- MARQUEZ, G., 1996.- *Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental*. Satafé de Bogotá,
- MERRITT, R. & CUMMINS, K., 1996.- *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company, Alabama. Tomo I - II.
- MUSEO ENTOMOLÓGICO MARCIAL BENAVIDEZ, Centro de Investigación de Café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Chinchiná, Caldas, Colombia. 2008.
- ORREGO, N., LONDOÑO, F. & ROJAS, E. 1999. *Manejo eficiente del recurso hídrico en las microcuencas*. Tesis: Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de recursos naturales y Medio Ambiente, Manizales.
- PARDO, S.<sup>1</sup>; SUÁREZ, H.<sup>2</sup> & SORIANO, E.<sup>3</sup> 2006. *Tratamiento de efluentes: una vía para la acuicultura responsable*. Tesis: <sup>1</sup>Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Ciencias Acuícolas, Centro de Investigación Piscícola-CINPIC, Montería - Colombia. <sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ingeniería Agrícola

- y Alimentos, Medellín - Colombia. <sup>3</sup>Universidad Federal de Santa Catarina, Núcleo de Estudios Marinos -NEMAR, Brasil.
- PARRA, R<sup>1</sup>, GARCÍA, F<sup>1</sup>, BORREGO, L<sup>1</sup>, LANZ, H<sup>3</sup>, DUEÑAS, I<sup>4</sup>, & HERNÁNDEZ, F<sup>2</sup>. 2006. *Detección de hongos y oomycetos en cultivos de peces dulceacuicolas empleando el kit BIAADETECT, producto desarrollado a partir del homóptero Dactylopiuscoccus* Tesis: Universidad Simón Bolívar, México, D.F., 2 CINVESTAV-IPN, México, D.F., 3 CISEI-INSP, Cuernavaca, Mor., 4 Colorantes Naturales de Oaxaca Fundación "Tlapanochestli", Coyotepec, Oaxaca.
- PAVÉ, P. & MARCHESE, M. 2005. "Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina)". (en) *Ecología Austral* 15:183-197. Diciembre 2005. Asociación Argentina de Ecología. Peces en estanques - Hongos [En línea]: ESTANQUES Y PECES. [Citado el 28 de Mayo del 2009]. Disponible en: <http://www.estanquesypeces.com/peces/hongos.htm> - 35k
- PEREZ, G. & ROLDÁN, G., 1978.- "Niveles de contaminación por detergentes y su influencia en las comunidades bénticas del río Rionegro". (en) *Act. Biol.* 7 (24): 27-36.
- PINILLA, G., 2000.- *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia*. Tesis: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- POSADA, J.; ROLDÁN, G. & RAMÍREZ, J., 1999.- "Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas". (en) *Rev. Biología Tropical* 48(1).
- POSADA, J.; ABRIL, G. & PARRA, L., 2008.- "Diversity of Aquatic Macroinvertebrates of Páramo de Frontino (Antioquia, Colombia)". (en) *Caldasia* 30(2):441-455.
- ROLDAN, G., 1992.- *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Colección Ciencia y Tecnología Universidad de Antioquia. Medellín. Vol. 1. p. 128
- , 1996.- *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Fondo Fen Colombia/Colciencias/Universidad de Antioquia. p. 234
- , 2003.- *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMW P/ Col*. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 1era. Edición. pp. 1-170.
- SÁNCHEZ, H., 1999.- *Enfoque ambiental de los problemas del recurso hídrico*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (cuadernos técnico-científicos). Bogotá.
- WOYNAROVICH, E., 1985.- *Manual de piscicultura*. División de piscicultura y pesca. CODEVASF, Brasil. p. 256
- ZAMORA, H., 2006.- *El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia*. Santafé de Bogotá. p. 341

**Anexo 1.** Familias y número de individuos de macroinvertebrados acuáticos colectadas en los 24 puntos de muestreo.

ORDEN	FAMILIA	ORDEN	FAMILIA	ORDEN	FAMILIA
AMPHIPODA	Hyalellidae	EPHEMEROPTERA	Baetidae	ODONATA	Coenagrionidae
BASOMMATOPHORA	Lymnaeidae		Leptrohyphidae		Libellulidae
	Planorbidae		Leptophlebiidae	OSTRACODA	Morfotipo
COLEOPTERA	Curculionidae*		Polymitarcidae	PLECOPTERA	Perlidae
	Dytiscidae	GLOSSIPHONIFORMES	Glossiphoniidae	PULMONATA	Physidae
	Elmidae	GORDIOIDEA	Chordodidae	THYSANOPTERA	Thripidae*
	Hydrophilidae	HAPLOTAXIDA	Tubificidae	TRICHOPTERA	Helicopsychidae
	Noteridae	HEMIPTERA	Belostomatidae		Hydrobiidae
	Ptilodactylidae		Cicadellidae *		Hydropsychidae
COLLEMBOLA	Entomobrydae		Corixidae		Hydroptilidae
COPEPODA	Morfotipo		Gerridae		Philopotamidae
CRUSTACEA	Palaemonidae		Hebridae	TRICLADIDA	Planariidae
DIPTERA	Ceratopogonidae		Notonectidae	VENEROIDA	Sphaeriidae
	Chironomidae		Veliidae		
	Culicidae	LEPIDOPTERA	Pyralidae		
	Dolichopodidae	MESOGASTROPODA	Ampullariidae		
	Empididae		Hydrobiidae		
	Muscidae		Thiaridae		
	Psychodidae		Viviparidae		
	Pupa				
	Tipulidae				

\* Insectos de hábitos terrestres, posiblemente cayeron dentro del cuerpo de agua muestreada.

**Tabla 1.** Relación de los macroinvertebrados acuáticos con los parámetros fisicoquímicos y biológicos

FAMILIA	RELACIONADA CON ALTOS VALORES DE	RELACIONADA CON BAJOS VALORES DE	Índice BMW/Col
Planorbidae	% saturación de oxígeno	Recuento	8
Ampullariidae	Recuento		6 (ROLDÁN, 2003)
Chironomidae	Recuento, Conductividad	% de oxígeno	No es buen indicador
Thiaridae	Recuento, N.M.P	% de oxígeno	5
Libellulidae	%saturación de oxígeno y ppm, N.M.P		5
Hydropsychidae	Conductividad		7
Hydrobiidae	% saturación de oxígeno, Temperatura Conductividad	Conductividad	7
Planariidae	% saturación de oxígeno, Recuento, Conductividad	Recuento	6
Tubificidae	oxígeno ppm, N.M.P		1
Veliidae	Temperatura	Conductividad	8 (ROLDÁN, 2003)
Leptohyphidae	Recuento N.M.P		7
Baetidae	% saturación de oxígeno y ppm		7
Hydroptilidae	% saturación de oxígeno y ppm, Conductividad, Temperatura	Recuento	8
Helicopsychidae	Conductividad., ppm, Recuento, N.M.P		8
Glossiphoniidae	N.M.P		5
Coenagrionidae	% saturación, Conductividad		7
Sphaeriidae	Conductividad		8
Gerridae	pH		8 (ROLDÁN, 2003)
Paleamonidae	pH, Temperatura		8 (ROLDÁN, 2003)
Tipulidae	Temperatura		3

**Anexo 2.** Fotografías de algunos macroinvertebrados acuáticos presentes en la Estación Piscícola



**Orden:** Coleoptera, **Familia:** Dytiscidae



**Orden:** Coleoptera, **Familia:** Elmidae



**Orden:** Ephemeroptera, **Familia:** Baetidae



**Orden:** Hemiptera, **Familia:** Belostomatidae



**Orden:** Hemiptera, **Familia:** Gerridae



**Orden:** Odonata, **Familia:** Coenagrionidae



**Orden:** Trichoptera , **Familia:** Helicopsychidae



**Orden:** Tricladida, **Familia:** Planariidae



**Orden:** Glossiphoniiformes, **Familia:** Glossiphoniidae



Posible *Thielaviopsis* sp.



*Rhizopus* sp.



*Cladosporium* sp.