

Inventario de la entomofauna acuática de la quebrada Padilla, fuente del acueducto de Honda (Tolima)

Inventory of the aquatic entomofauna from the Padilla Creek, tributary of Honda's aqueduct (Tolima)

Rodrigo A. Vergara Ruiz¹
Francisco J. Góngora²
Miguel A. Prieto²
Pedro E. Galeano Olaya³

Resumen

La calidad de las aguas que sirven de abastecimiento a los acueductos del país, es una característica que determina en parte las condiciones de vida de sus habitantes. Por tal motivo, durante 1990 se desarrolló este estudio con el objetivo de reconocer y clasificar los insectos acuáticos que con otros macroinvertebrados sirvieran para calcular los índices bióticos, medidas de diversidad y, con base en estos valores, determinar la calidad de las aguas. En el recorrido de la quebrada Padilla, desde su nacimiento hasta su desembocadura, se escogieron cinco sitios de muestreo, en los cuales se hicieron colectas de entomofauna en quince oportunidades, cada quince días. Se emplearon técnicas de jameo, de barrido, palas y redes para la obtención de las muestras. El estado del agua de la quebrada se estudió con base en las metodologías e índices de Margalef e Hilsenhoff. Se obtuvieron especímenes de 32 familias, 26 géneros y 36 especies. Las familias más representativas fueron: Hydropsychidae (Trichoptera) con 14,36% de los insectos capturados; Coenagrionidae (Odonata) 6,31% y Leptophlebiidae (Ephemeroptera) con 6,13%. De los 10 órdenes reconocidos, el de mayor número de familias fue el Hemiptera con siete, a saber: Naucoridae, Nepidae, Hydrometridae, Veliidae, Belostomatidae, Gerridae y Notonectidae. Se destacaron, por su abundancia, los géne-

ros *Leptonema* (Trichoptera: Hydropsychidae); *Dromogomphus* (Odonata: Gomphidae) y *Polycentropus* (Trichoptera: Polycentropidae). Los índices bióticos y de diversidad con valores promedios de 1,92 y 3,36, respectivamente, permiten establecer que este cuerpo de agua está dentro de la categoría de aguas buenas y claras.

Palabras claves: Insectos acuáticos, Calidad de agua, Limnología.

Summary

The quality of the water that serves as a city's water supply is a characteristic that determines in part the life conditions of its inhabitants. Because of this, during 1990 this study was developed with the purpose to recognize and classify the aquatic insects that together with other macroinvertebrates, would serve to calculate the biotic indexes, diversity measures and based on these values, to determine the water quality. Five sampling sites from the creek's start until the end were chosen and in which collects of entomofauna were made in 15 opportunities, every 15 days. Samples were obtained using sweepnets, shovels and nets. The water state from the creek was studied based on the methodologies and indexes of Margalef and Hilsenhoff. Specimens from 32 families, 26 genera and 36 species were obtained. The most representative families were: Hydropsychidae (Trichoptera) with 14.36% of the total captured insects; Coenagrionidae (Odonata) 6.31% and Leptophlebiidae (Ephemeroptera) with 6.13%. From the ten recognized orders, the one with the greatest number of families was Hemiptera with seven: Naucoridae, Nepidae, Hydrometridae, Veliidae, Belostomatidae, Gerridae and Notonectidae. The genera *Leptonema* (Trichoptera: Hydropsychidae), *Dromogomphus* (Odonata: Gomphidae) and *Polycentropus* (Trichopte-

ra: Polycentropidae) were notorious because of their abundance. The biotic and diversity indexes had 1.92 and 3.36 average values, respectively, and they permit to establish that this water body is in the category of good and clear water.

Introducción

La importancia ecológica, económica y social que tienen los cuerpos de agua para abastecer los acueductos municipales es innegable, puesto que de la calidad de este recurso depende, en un alto porcentaje, la calidad de vida de sus habitantes. La presencia de sustancias nocivas en los ecosistemas acuáticos trae serias consecuencias para su funcionamiento y para la salud de las personas que tienen que consumir aguas contaminadas. Generalmente, los efectos negativos se traducen en una alteración de la pureza del agua y por ende en los ciclos de las comunidades biológicas, acentuando el desarrollo de las más tolerantes y permitiendo la desaparición de las susceptibles. Un ecosistema acuático que además sea portador de sustancias disueltas perjudiciales, se constituye en un medio difusor de las mismas por la acción ejercida por los agentes físicos que permiten su transporte a lugares impredecibles.

La quebrada Padilla, que surte el acueducto de Honda (Tolima), está ubicada cerca a zonas agrícolas y es presumible que reciba, por desagües o drenajes, elementos como N, P o K provenientes de aplicaciones de fertilizantes y, además, una muy variada gama de residuos de los plaguicidas empleados en los cultivos, lo que permitirá la contaminación de sus aguas. Debido a estas posibilidades surgió la necesidad de estudiar, mediante parámetros bióticos y físico-químicos, el estado de esta quebrada.

Los objetivos fueron: reconocer y clasificar los macroinvertebrados insectiles acuáticos representativos como indicadores biológicos de la calidad del agua, y mediante su cualificación y cuantificación hacer los cálculos de índices bióticos y medidas de diversidad, que complementados con los análisis físico-químicos permitieran determinar la calidad de las aguas.

El trabajo comprendió la revisión total de la extensión de la quebrada desde su

¹ Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. Apartado Aéreo 1779. Medellín, Colombia.

² Biólogos. Facultad de Educación, Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia.

³ Tecnólogo Agrícola. Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia.

nacimiento hasta la desembocadura, instalando cinco estaciones de muestreo y efectuando durante un año, quince evaluaciones.

Revisión de literatura

El estudio de la productividad biológica de las aguas continentales y de los factores físicos, químicos, biológicos y meteorológicos que determinan las características y la calidad de los productos biológicos, es enfrentado por la Limnología. Murgel (1984) explica que los objetivos prácticos de esta ciencia son: el conocimiento del grado y naturaleza del efecto causado por el vertimiento de sustancias sobre los ecosistemas, con el objetivo de proteger los seres acuáticos; el estudio de los efectos de las altas densidades poblacionales sobre la calidad del agua potable y las interferencias en los sistemas de tratamiento; y el conocimiento de la dinámica de los procesos ecobiológicos.

Para Acot (1978), la polución de las aguas dulces es la más diversificada que existe, pues a todas las secuelas de la polución terrestre se agrega una cantidad extraordinariamente elevada de desechos de toda clase. Entre estos desechos están las aguas residuales de los asentamientos humanos, los portadores de mercurio, los detergentes que liberan fosfatos que luego se constituyen en nutrientes del fitoplancton, generando eutroficación que en la posteridad dará lugar a la desoxigenación de las aguas, disminuyendo la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) hasta valores críticos para cualquier clase de vida (Machado 1978).

Las sales mercuriales altamente solubles en agua y promotoras de la formación del metil-mercurio, sustancia teratogénica, proceden de los plaguicidas y de los procesos que emplean el mercurio como catalizador. Los iones hierro (Fe^{++}) procedentes de cenizas y escorias se pueden constituir en eventuales consumidores de oxígeno. La presencia de cobre (Cu) varía con las características físico-químicas del agua y con la presencia de sales de magnesio (Mg), fosfatos y otros compuestos (Alvarez 1989).

Sólo el 10% del total de los insectos son acuáticos y realmente la historia com-

pleta del origen de estos insectos no es bien conocida, a pesar de la gran cantidad de información aportada por los fósiles (Lewis y Taylor 1989). Se cree que los insectos acuáticos se derivaron de unos organismos terrestres desconocidos, los cuales invadieron el agua en varias ocasiones durante el curso de su evolución.

Los estudios revelan que fue en la era paleozoica, cuando el desarrollo de los insectos acuáticos hizo la caracterización de cada estado así: luego de transformaciones sucesivas aparece la larva que se especializó para el alimento, la crisálida para la transformación y los adultos para la reproducción (Lewis y Taylor 1989). Lehmkühl (1979) considera que el primer registro de insectos acuáticos, en la historia de los mismos, se remonta al período carbonífero superior con unos insectos parecidos a los Ephemeroptera, hace 250 millones de años.

Los patrones básicos que rigen el ciclo de vida de los insectos acuáticos son tres, y uno o todos los estados del ciclo pueden ser acuáticos. Todos los insectos se desarrollan a partir de huevos, de formas muy variables; algunas hembras adultas dejan caer masas sueltas de huevos dentro del agua, los cuales se dispersan lentamente; otras hembras, debido a características especiales del ovopositor, colocan los huevos individualmente en perforaciones en tallos u hojas de las plantas. Algunos dípteros depositan sus huevos en masas cubiertas con una gelatina protectora, y unos pocos insectos llevan masas de huevos en sus propios cuerpos hasta la eclosión (Lewis y Taylor 1989).

En sus trabajos, McCafferty (1989) señala que muchos insectos entran al agua por primera vez en su ciclo de vida como huevos o larvas jóvenes, las hembras de algunos ovipositan en el agua dejando caer los huevos sobre o dentro de ella. Las larvas que provienen de huevos depositados en la vegetación, usualmente caen al agua después de la eclosión. En lagos y pozos, el hábitat de agua libre es ocupado por hemípteros, coleópteros y algunos dípteros, el hábitat de la superficie es ocupado por coleópteros, mientras que hábitats de vegetación sumergi-

da son frecuentados por odonatos y ephemeropteros. En los hábitats de fondo, como grava y lodos, se suelen encontrar ephemeropteros y un considerable número de dípteros (Lewis y Taylor 1989). Los órdenes Hemiptera, Orthoptera, Odonata, Ephemeroptera y Plecoptera presentan metamorfosis hemimetabola; las ninfas asumen varias formas, ocurren en una variedad de hábitats y pueden requerir desde unos pocos meses hasta muchos años para completar su desarrollo (McCafferty 1989).

Las órdenes Plecoptera, Ephemeroptera, Odonata, Trichoptera y Megaloptera se caracterizan estrictamente por ser acuáticos en sus estados inmaduros, mientras que los estados adultos son ampliamente terrestres (Lewis y Taylor 1989). Situaciones en las cuales el estado adulto es acuático y la larva es terrestre, por ejemplo la familia Hydraenidae (Coleoptera), son menos comunes. Muchos adultos de Coleoptera, Hemiptera y Diptera están limitados a orillas fangosas y playas de arena, pero sólo en esta forma son acuáticos (Roldán 1988). Otros órdenes son principalmente terrestres y sólo una pequeña parte de las especies son acuáticas. Los representantes acuáticos pueden ser una familia entera, ejemplo Culicidae (Diptera), Dytiscidae (Coleoptera) y Corixidae (Hemiptera), o los representantes pueden ser sólo algunas especies dentro de un orden como Lepidoptera (Roldán 1988).

En el orden Coleoptera, las familias consideradas como acuáticas son: Gyrinidae, Haliplidae, Dytiscidae, Hydrophilidae, Noteridae, Hydraenidae, Elmidae, Psephenidae y Amphizoidae, según las clasificaciones de varios autores. Estos insectos depositan los huevos en el agua, sobre vegetación acuática, troncos en descomposición, en rocas o grava; los estados de su ciclo de vida son: huevo, larva, pupa y adulto. La mayoría de los coleópteros acuáticos viven en aguas continentales lólicas y lénticas, representadas por ríos, quebradas, riachuelos, charcos, lagunas, aguas temporales, embalses y represas. También se han encontrado en zonas ribereñas, tanto de ecosistemas lólicos como lénticos (Roldán 1988).

Algunos coleópteros acuáticos pueden abandonar temporalmente su hábitat acuático para pasar al terrestre, dependiendo de las condiciones y horas del día, dentro de estos se tiene la familia Elmidae; las familias Dytiscidae, Hydrophilidae y Gyrinidae, entre otras, es común encontrarlas en zonas lénticas temporales, con valores de temperatura, conductividad y dióxido de carbono por encima de lo normal (Roldán 1988).

Para Roldán (1988), el conocimiento que se tiene sobre el orden Ephemeroptera en el Neotrópico es escaso e incompleto. A pesar de estudios que se han realizado desde el siglo pasado, aún no puede hablarse de que exista un estudio sistemático de este grupo de insectos en América del Sur. Estos insectos reciben el nombre de Ephemeroptera debido a la vida corta o «efímera» que tienen como adultos. Algunos pueden vivir en este estado tan solo cinco minutos, pero la mayoría viven entre tres y cuatro días y durante este tiempo alcanzan la madurez sexual y se reproducen. Los huevos generalmente son depositados en la superficie del agua y poseen estructuras que les permiten fijarse al sustrato. La respiración, la realizan a través de agallas, generalmente abdominales, las cuales varían en forma y número según la especie (Needham y Needham 1978).

Las especies pertenecientes al orden Ephemeroptera son propias de aguas claras; el barro y los sustratos de grava constituyen los hábitats predilectos de las ninfas efemerópteras, mientras que los adultos prefieren el barro de las orillas y las plantas acuáticas sumergidas (Alvarez 1989). Las familias que representan este orden son: Baetidae, Leptophlebiidae y Tricorythidae.

Merritt y Cummins (1978) especifican que los adultos del orden Odonata son llamados comúnmente libélulas o cabillos del diablo; estos son insectos hemimetábolos, cuyo período ninfal es acuático y demoran de dos meses hasta tres años en su desarrollo hasta adultos, dependiendo de la especie y el clima. Como adultos viven desde pocos días hasta tres meses.

Los odonatos han sobrevivido cerca de 200 millones de años sin ningún cambio

apreciable. La mayoría de ellos depositan los huevos sobre vegetación flotante o emergente. La eclosión de los huevos ocurre entre los 5 y 40 días después de la postura. La mayoría de las especies neotropicales completan su desarrollo ninfal entre 100 y 200 días (Roldán 1988). Los odonatos viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas, por lo regular, rodeados de abundante vegetación acuática. De 26 familias existentes, siete no ocurren en el neotrópico y cuatro son exclusivamente neotropicales (Roldán 1988). Entre las familias más conocidas se pueden mencionar: Coenagrionidae, Calopterygidae, Libellulidae, Gomphidae y Polythoridae.

Los hemípteros son también insectos hemimetábolos, es decir, su metamorfosis es simple y gradual y pasan por los estados de huevo, ninfa y adulto. La postura de los huevos se realiza sobre el sustrato, sobre el suelo, plantas y aun sobre el dorso de los machos. Como la respiración no es exclusivamente acuática, disponen de variadas adaptaciones para tomar el oxígeno del aire, como tubos anales, canales abdominales y reservorios dorsales donde están localizados los espiráculos (Roldán 1988). Ocupan una gran variedad de hábitats, desde pozos de aguas saladas, lagos, pequeñas corrientes hasta ríos grandes; en general, cada familia tiene características especiales para desarrollar su ciclo de vida, así como también cada una tiene propiedades especiales para realizar el vuelo y la respiración, aunque para éstos todos dependen del aire y de la superficie y sólo la familia Naucoridae puede vivir del oxígeno disuelto en el agua (Lewis y Taylor 1989; Needham y Needham 1988). Dentro del orden Hemiptera se pueden mencionar las familias Naucoridae, Veliidae, Hydrometridae, Nepidae, Gerriidae, Notonectidae y Belostomatidae por tener hábitos acuáticos.

Un orden acuático típico es el Trichoptera, con especímenes holometábolos, cuyas larvas viven en todo tipo de hábitat (lóticos y lénticos), pero en los lóticos fríos es donde parece que se presenta la mayor diversidad. Una de las características más llamativas de los tricópteros en

su capacidad de construir casas o refugios, de formas variadas, a menudo propios de cada especie. Los refugios fijos al sustrato les sirven por lo regular de protección y captura de alimento.

La mayoría de los tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal; algunas especies viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas. En general, son buenos indicadores de aguas oligotróficas (Needham y Needham 1988). Estos insectos requieren de uno a dos años para su desarrollo, a través de los cuales pasan por cinco a siete instares larvales. El estado de pupa dura de dos a tres semanas, al cabo de las cuales emerge el adulto. Los adultos son muy activos en las primeras horas de la noche. Las hembras depositan los huevos en el agua y los encierran, por lo regular, en una masa gelatinosa (Needham y Needham 1988). De las familias del orden Trichoptera, Roldán (1988) destaca: Hydropsychidae, Philopotamidae, Psychomyiidae y Polycentropodidae.

Los lepidópteros acuáticos son quizás el grupo más desconocido en el Neotrópico. Viven en aguas muy oxigenadas y de curso rápido, bajo telas sedosas tejidas sobre la superficie de rocas sumergidas y se alimentan de algas. Son indicadores de aguas oligotróficas y Roldán (1988) menciona como la familia más común la Pyralidae.

Otro orden de interés entre los insectos acuáticos es el Plecoptera, a pesar de ser un grupo pequeño y poco conocido. Los plecópteros realizan la respiración por medio de agallas y a través de la superficie corporal. Los huevos los depositan sobre el agua durante el vuelo. La eclosión de los huevos y la emergencia de las ninfas en los trópicos no se conoce; es posible que se haga a lo largo del año, alternando períodos de lluvia y sequía. Las ninfas de los plecópteros viven en aguas rápidas y bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas; se caracterizan por tener dos cerci, antenas, agallas torácicas en posición ventral y a veces, agallas anales. Su tamaño varía entre 10,0 y 30,0 mm y su coloración puede ser amarillo pálido, parduzco hasta café oscuro o negro. Son indicadores de aguas muy

limpias y oligotróficas. Se conocen las familias Gripopterygidae y Perlidae (Needhan y Needham 1988).

Los insectos del Orden Neuroptera viven en aguas corrientes limpias, debajo de piedras, troncos y vegetación sumergida, y son grandes depredadores. En general se pueden considerar indicadores de aguas oligotróficas o levemente mesotróficas. La familia más importante es la Corydalidae, la cual se caracteriza por poseer ocho pares de apéndices abdominales laterales no segmentados o imperfectamente segmentados y un par de pseudopatas anales (Roldan 1988).

Los dípteros acuáticos constituyen uno de los grupos de insectos más complejos, más abundantes y más ampliamente distribuidos en todo el mundo. Además es uno de los grupos de insectos más evolucionados y de mayor diversidad biológica. Sus formas inmaduras requieren de hábitats específicos para su desarrollo y algunos están estrictamente confinados a ecosistemas lóticos o lénticos (Alvarez 1989).

La característica más importante de las larvas de los dípteros es la ausencia de patas torácicas. El cuerpo está formado por tres segmentos torácicos y nueve abdominales, es blando y está cubierto de setas, espinas apicales o corona de ganchos en prolongaciones que ayudan a la locomoción y adhesión al sustrato; respiran a través de la cutícula o mediante sifones aéreos; otros poseen agallas traqueales y otros, pigmentos respiratorios (hemoglobina) para sobrevivir en zonas escasas de oxígeno (Roldán 1988). Las familias Simuliidae, Stratiomyidae y Chironomidae son propias de ecosistemas lóticos; la familia Tipulidae se encuentra en aguas contaminadas. Otras familias comunes son: Blephariceridae, Dixidae, Empididae y Culicidae (Needhan y Needham 1988).

Los macroinvertebrados acuáticos (bentos) representan la mayoría de los organismos de las comunidades acuáticas y se consideran como indicadores biológicos de la calidad del agua, ya que permanecen adheridos al sustrato. Los macroinvertebrados constituyen la fauna benthica que vive en el fondo de los lagos,

ríos, quebradas y embalses, adheridos a piedras, troncos y hojas en descomposición y sobre o dentro de materia orgánica. Según el porcentaje de individuos por especie o por familia encontrados, su importancia ecológica, el grado de tolerancia a la polución y su papel en la transferencia de energía en el ecosistema, se pueden utilizar como indicadores biológicos de la calidad del agua (Machado 1978).

Cada ser viviente ocupa en la naturaleza un nicho ecológico determinado. Esto quiere decir que la especie, en el medio en el cual vive, es exigente respecto a las cualidades físico-químicas y estructurales de su habitat específico, así como también en su relación con otras especies. Los cambios físicos o químicos que ocurren en el ambiente se reflejan en la composición de los nichos, no causan perjuicio a las especies «sensibles» y permiten seleccionar a las especies resistentes a los cambios ambientales, las que se denominan «indicadoras» (Machado 1978).

A los organismos acuáticos, según su tolerancia a la polución, se les emplea como indicadores bióticos para medir la contaminación, lo cual se complementa con los análisis de las características ambientales y físico-químicas de los ecosistemas acuáticos.

Materiales y Métodos

Esta investigación se desarrolló a lo largo de la quebrada Padilla, en Honda (Tol.), desde su nacimiento hasta la desembocadura. Está codificada como la número 2301702, según los registros del HIMAT (1990). La quebrada Padilla nace en las estribaciones de la cordillera en la zona de Lumbi, recibe como afluentes las quebradas La Sapita y La Tabera y tiene una longitud de 15 kilómetros. La altura en su nacimiento es de 495,4 msnm y en su desembocadura de 205,3 msnm.

Después de recorrer la quebrada exploratoriamente, en varias oportunidades, se eligieron cinco estaciones de muestreo y evaluación, cuyas características se encuentran en la Tabla 1. Cada sitio se visitó quince veces durante ocho meses, con una periodicidad de quince días para

cada muestreo. A la par de la colección de especímenes se hizo el análisis físico-químico «in situ» de parámetros como temperatura ambiente y del agua, oxígeno disuelto, pH, hierro, amonio, dureza y fosfatos, utilizando para ello los tests Aquamerck, que Laboratorios Merck de Colombia ofrecen para el análisis de aguas.

Las muestras de macroinvertebrados se colectaron utilizando técnicas de jameo, de barrido, palas y redes, y luego se depositaron en frascos plásticos, utilizando pinzas y estiletes, y allí se conservaron en alcohol al 70% y glicerina. Después se hizo su clasificación y preparación para enviarlos a identificación a los taxónomos del país y del exterior. Después del conteo de cada una de las familias y géneros identificados en cada una de las estaciones, se procedió a realizar los cálculos estadísticos relacionados con los índices bióticos, medidas de diversidad, porcentajes por familia y por muestreo, con el fin de establecer el estado del agua de la quebrada según los valores establecidos por Margalef (1988) para diversidad y por Hilsenhoff, citado por Alvarez (1987), para los índices bióticos.

Además de hacer la toma de muestras, que en cada una de las 15 visitas consistió en el jameo durante dos horas por cada estación, se procedió a levantar los registros de vegetación y a medir parámetros físicos como la temperatura ambiente y del agua, la humedad relativa y otros de interés en el estudio.

Para conocer la estructura de la comunidad de macroinvertebrados se empleó el índice de diversidad de Margaleff (1988) que se basa en la expresión matemática:

$$d = - \sum \frac{(n_i) \text{Lg}_{10} n_i/n}{n \text{Lg}_{10} n}$$

donde:

d = Diversidad

n_i = Número de individuos por especie

n = Número total de individuos.

Sobre este índice se ha encontrado que los valores para «d» varían de 0 a 5,

Tabla 1. Características de los hábitats de los diferentes sitios de muestreo. Quebrada Padilla, Municipio de Honda (Tol.). 1990.

Características	Estaciones				
	I	II	III	IV	V
Tipo de sustrato	Lodo	Arena + Lodo	Piedra, Arena y Grava	Piedra, Arena y Grava	Piedra, Arena y Grava
Corriente	Zona intermedia	Zona intermedia	Zona intermedia	Zona de rápidos	Zona intermedia
Tipo de vegetación en la orilla	Regular vegetación	Mucha vegetación enraizada	Regular vegetación	Mucha vegetación	Regular vegetación
Tipo de vegetación en la quebrada	Ninguna	Ninguna	Algas	Ninguna	Algas
Presencia de organismos bentónicos	Escasos	Abundantes	Muy escasos	Abundantes	Abundantes
Calidad del agua	Levemente turbia	Aguas claras	Aguas claras	Aguas claras	Aguas claras
Caudal	Poco	Regular	Regular	Regular	Regular
Profundidad	0,20 - 0,30 m	0,20 - 0,30 m	0,20 - 0,80 m	0,30 - 0,80 m	0,20 - 0,90 m
Tipo de orilla	Piedras	Piedras	Piedras	Piedras	Piedras
Uso principal de la tierra	Cultivos	Pastoreo	Pastoreo	Pastoreo y cultivo de cítricos	Pastoreo
Zona de vida	bh -T	bh - T	bh -T	bh - T	bh - T

siendo la mínima diversidad 0 y la máxima 5. La utilidad de los índices de diversidad de las especies para estudiar la calidad del agua se basa en la presunción de que los ecosistemas de aguas limpias poseen valores altos de diversidad en comparación con los ecosistemas contaminados que tienen valores bajos de diversidad. Los valores de diversidad de especies en aguas de corriente varían entre 5 y 0 bits de información. Los valores menores de 1 bit son propios de aguas contaminadas, entre 1 y 3 bits son moderadamente contaminadas y los mayores de 3 bits corresponden a aguas claras (Merritt y Cummins 1978).

Para calcular el índice biótico se empleó la expresión propuesta por Hilsenhoff y la cual es citada por Lehmkühl (1979):

$$IB = N_i A_i / N$$

Donde:

IB = Índice Biótico

N_i = Número de especímenes de cada grupo taxonómico.

A_i = Tolerancia de la polución para cada grupo taxonómico.

N = (Usualmente 100) Número total de artrópodos en la muestra.

Para los análisis físicos se utilizaron termómetros ambientales marca «PRECISION». Para tomar la temperatura del agua se utilizó un termómetro marca

«MERCK» con lastre y flotador, lo cual permite colocar el termómetro en el agua por un buen tiempo, sin temor a que se hunda. Los análisis químicos se hicieron «in situ», utilizando para fosfatos el Kit Aquamerck Ng 8046, para hierro el Aquamerck Ng. 14660, para nitritos el Aquamerck Ng. 14658, para amonio el Aquamerck Ng 14657, para pH el Aquamerck Ng 14655 y para oxígeno disuelto el Aquamerck Ng 11152 (Merck 1985).

Resultados y Discusión

De la riqueza y diversidad de los insectos acuáticos depende la clasificación que se haga para la calidad de agua de la quebrada Padilla. Se resalta que los aspectos que se considerarán a continuación no sólo tienen la posibilidad de expresar las con-

diciones de contaminación del agua que consumen los habitantes de Honda, sino que además de ello tienen un interés social que puede permitir la solución a ese tipo de problemas. Inicialmente se presentarán los resultados con respecto a los análisis físico-químicos, posteriormente los aspectos estadísticos y por último los entomológicos.

Aspectos físico-químicos

El contenido de las diferentes sustancias disueltas es conocido como parámetro físico-químico y éstos están contemplados y reglamentados tanto en las recomendaciones de las organizaciones sanitarias internacionales OMS y OPS, como en la legislación nacional. La mayoría de los parámetros se expresan con la concen-

Tabla 2. Registro y valores de los parámetros físico-químicos de las cinco estaciones de muestreo. Quebrada Padilla, Honda (Tol.). 1990.

Parámetro	Unidad	Estaciones				
		I	II	III	IV	V
Temperatura ambiente	°C	29,54	29,61	30,99	31,07	31,35
Temperatura agua	°C	24,36	24,90	25,53	25,57	25,70
Caudal	m ³ /seg	0,182	0,219	0,247	0,260	0,265
Fosfatos	mg/l	4,06	3,86	4,03	2,20	2,53
Dureza	mg/l	60,77	65,20	61,45	63,87	69,23
Amonio	mg/l	0,180	0,140	0,146	0,246	0,300
Hierro	mg/l	0,203	0,306	0,346	0,326	0,353
Oxígeno disuelto	mg/l	5,70	5,98	5,79	5,76	5,84
pH		7,34	7,40	7,24	6,32	6,40

tración del elemento o de un compuesto de él; sin embargo, hay otros como color, turbiedad, alcalinidad, acidez, DBO y conductividad específica que no expresan la concentración de un elemento en particular, pero miden el efecto de una combinación de sustancias.

En las diferentes estaciones de muestreo se encontraron valores para pH que están conforme a los registros de la Tabla 2, presentando una leve alcalinidad, la cual descende en la estación IV por el incremento que en ella hay de desechos vegetales y producción de ácidos húmicos. Los valores son permisibles en aguas para consumo humano. El amonio hallado es producto del aporte de residuos de fertilizantes en aguas de escorrentía provenientes de cultivos aledaños y de heces de semovientes que emplean la quebrada como bebedero, pero estos valores de amonio no superan los permitidos en el Decreto 1594 (Minsalud 1984).

A pesar de los altos valores de Fe⁺⁺ hallados en cuatro de las cinco estaciones, éstos no inciden en la potabilidad. La dureza del agua muestra un incremento de iones alcalinos terrosos que es equivalente a iones carbonato e hidrogenocarbonato contenidos en el agua, estos valores se incrementan de la estación III a la V, lo cual puede deberse a las características geológicas del lodo, grava y arena del lecho de la quebrada.

Por el lavado de residuos de abonos y de estiércol de ganado se obtuvieron altos valores de fosfatos en las estaciones I y III que están vecinas a cultivos; en las otras estaciones, el aumento del caudal disminuye los residuos. En general, los valores encontrados están por encima de los permitidos para aguas potables que son de 2,2 mg/l. El oxígeno disuelto varió en sus concentraciones entre 5,70 y 5,98 mg/l; a medida que se incrementa la temperatura descende la concentración del oxígeno disuelto, lo cual está acorde con lo establecido por Truestle, Downing y Locuden, citados por Alvarez (1958), para el cálculo de saturación del oxígeno en función de la temperatura. El agua, disolvente universal por excelencia, raras veces existe pura, pues siempre lleva consigo gran cantidad de sustancias disueltas que van desde gases hasta

Tabla 3. Valores del porcentaje de cada familia, total de especímenes, del índice de diversidad y grado de tolerancia. Quebrada Padilla, Honda (Tol.). 1990.

Familias	Orden	%	Parámetros bióticos		
			Total	Índice de diversidad	Grado tolerancia
Coenagrionidae	ODO	6,31	204	3,02	3,0
Calopterygidae	ODO	4,30	139	2,52	-
Gomphyidae	ODO	5,32	172	2,93	0,5
Libellulidae	ODO	4,86	157	2,79	3,0
Leptophlebiae	EPH	6,13	198	3,12	1,0
Baetidae	EPH	3,59	116	2,65	2,5
Tricorythidae	EPH	2,97	96	2,68	2,0
Heptageniidae	EPH	2,01	65	2,44	0,0
Caenidae	EPH	3,74	121	2,82	4,0
Siphonuridae	EPH	3,87	125	2,72	2,0
Naucoridae	HEM	2,55	65	2,98	1,5
Nepidae	HEM	1,86	60	2,27	-
Hydrometridae	HEM	1,42	46	2,11	-
Veliidae	HEM	4,08	132	2,52	2,5
Gerridae	HEM	1,45	94	2,55	-
Notonectidae	HEM	1,60	52	1,95	1,0
Belostomatidae	HEM	1,36	44	2,14	-
Hydropsychidae	TRI	14,36	464	3,76	4,0
Phylopotamidae	TRI	2,07	67	2,23	0,0
Psychomyiidae	TRI	0,80	26	1,00	3,0
Polycentropodidae	TRI	3,78	122	2,49	4,0
Chrysomelidae	COL	1,52	49	1,17	-
Psephenidae	COL	1,20	39	1,85	2,0
Dytiscidae	COL	2,38	77	2,27	-
Staphylinidae	COL	1,51	49	2,09	-
Pyralidae	LEP	0,24	8	0,18	-
Perlidae	NEU	2,10	68	2,33	0,0
Corydalidae	NEN	3,52	114	2,59	-
Blattidae	ORT	1,39	45	2,10	-
Simulidae	DIP	1,30	42	1,78	2,0
Stratiomyidae	DIP	0,21	7	0,18	-
Chironomidae	DIP	2,07	67	2,43	5,0
Total (32)			3.230		

compuestos de alto peso molecular, además de numerosas partículas en suspensión.

Factores bióticos

En la Tabla 3 se consignan los porcentajes para cada familia de insectos con base en el total de especímenes capturados; además se incluyen los índices de diversidad y los respectivos grados de tolerancia de cada familia a la polución. Se puede establecer que la familia con el mayor índice de diversidad es la Hidropsychidae (Trichoptera), con un valor de 3,76 y a continuación se destacan las familias Leptophlebiae (Ephemeroptera) con un valor de 3,12 y la familia Coenagrionidae (Odonata) con un valor de 3,02. Así mismo, las familias con menores valores en diversidad fueron Pyralidae (Lepidoptera) y Stratiomyidae (Diptera), seguidas por la Psy-

chomyiidae (Trichoptera) y Chrysomelidae (Coleoptera).

La utilidad de los índices de diversidad de las especies para estudiar la calidad del agua se basa en la presunción de que los ecosistemas de aguas limpias poseen valores altos de diversidad, en comparación con los ecosistemas contaminados, que tienen valores bajos de diversidad. Los valores de diversidad de especies en aguas lóxicas varían entre 5 y 0 bits de información. Los valores menores de 1 bit, son propios de aguas contaminadas, entre 1 y 3 bits son moderadamente contaminadas; y los valores de 3 bits corresponden a aguas claras. En la Tabla 3 se aprecian además los índices de tolerancia a la polución de las familias encontradas, los valores mayores corresponden a aquellas familias cuyas especies toleran aguas polutas, según los

valores de Hilsenhoff e indicadores de aguas oligotróficas de conformidad con Roldán (1988).

Los registros de la Tabla 3 presentan valores preocupantes para aquellas familias que menos toleran la polución, como es el caso de Heptageniidae, Philopotamidae y Perlidae que solo alcanzaron porcentajes de captura del 2,01; 2,07 y 2,10, respectivamente, con relación al total colectado.

Las cinco estaciones de muestreo presentaron, como debe ser obvio, valores diferentes de índices de diversidad y biótico, así como del número de especímenes que se capturaron en los muestreos (Tabla 3). Los datos confinados en la Tabla 4 señalan para la estación I una moderada contaminación debido a un exceso de lodos y a la presencia de residuos orgánicos. Allí, la familia más abundante fue la Hydropsychidae y el valor de un índice de diversidad de 3,40 que según la escala de Margaleff (1988) corresponde a aguas moderadamente buenas.

En la estación II, las familias más abundantes fueron Hydropsychidae, Coenagrionidae y Libellulidae. El índice de diversidad promedio fue de 3,53, el cual es alto y se constituyó en el sitio de mayor captura de especímenes. La estación III, con un índice de diversidad promedio de 2,80, es correspondiente a una calificación de aguas moderadamente contaminadas y fue la estación que aportó el porcentaje más bajo de insectos o sea un 10,40, y como en las anteriores estaciones la familia Hydropsychidae fue la más abundante.

En la estación IV, además de la familia Hydropsychidae, sobresalió la Leptophlebiidae. El índice de diversidad de 3,45 y el índice biótico de 1,91 permiten calificar este sector de la quebrada como de aguas claras, y por último la estación V se caracterizó por tener el más alto índice de diversidad con 3,66, y la presencia en ella del género *Leptonema*, como la más abundante, califica estas aguas de oligo a eutróficas.

Resultados entomológicos

El número total de individuos colectados fue de 3.230, distribuidos en 10 órdenes,

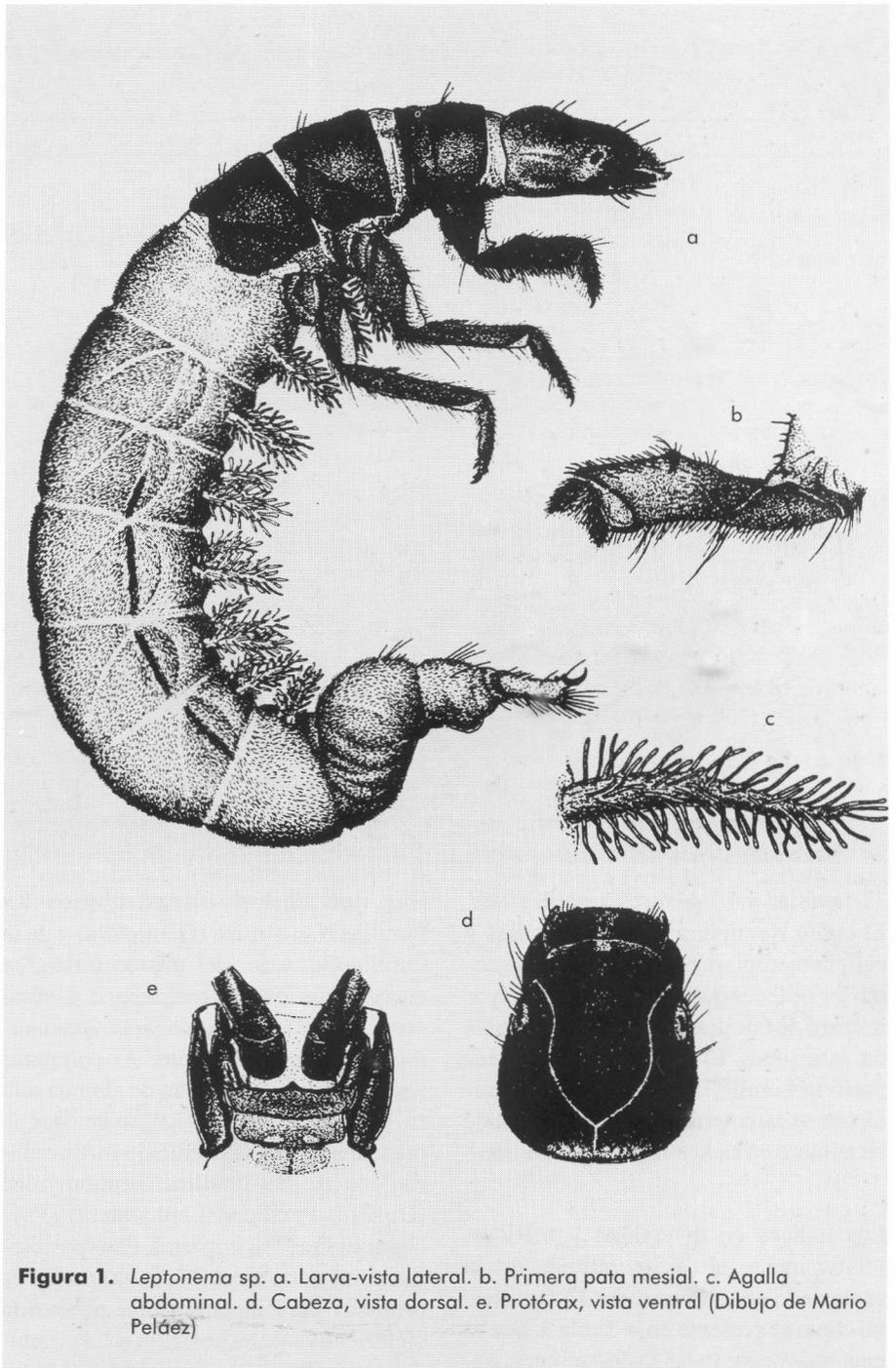


Figura 1. *Leptonema* sp. a. Larva- vista lateral. b. Primera pata mesial. c. Agalla abdominal. d. Cabeza, vista dorsal. e. Protórax, vista ventral (Dibujo de Mario Peláez)

Tabla 4. Índices de diversidad y bióticos y número total de especímenes en cada una de las cinco (5) estaciones de muestreo. Quebrada Padilla, Honda (Tol.). 1990.

Estación	Índice de diversidad	Índice biótico promedio	No. total de especímenes	Porcentaje
I	3,40	1,82	580	17,95
II	3,53	1,85	875	27,09
III	2,80	2,09	336	10,40
IV	3,45	1,91	675	20,90
V	3,66	1,93	764	23,65

Tabla 5. Lista de insectos acuáticos inventariados y con identificación confirmada. Quebrada Padilla, Honda (Tol.). 1990.

Orden	Familia	Género
Odonata	Calopterygidae	<i>Calopteryx</i> sp.
	Gomphyidae	<i>Dromogomphus</i> sp.
	Libellulidae	<i>Libellula</i> sp.
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Leptophlebia</i> sp.
	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.
	Tricorythidae	<i>Tricorythodes</i> sp.
	Caenidae	<i>Heptagenia</i> sp.
		<i>Caenis</i> sp.
Hemiptera	Naucoridae	<i>Plecoris</i> sp.
		<i>Limnocoris</i> sp.
		<i>Nepa</i> sp.
	Nepidae	<i>Nepa</i> sp.
	Hydrometridae	<i>Hydrometra</i> sp.
	Veliidae	<i>Rhagovelia</i> sp.
	Gerridae	<i>Tenagonomus</i> sp.
	Notonectidae	<i>Rheumatobates</i> sp.
	Belostomatidae	<i>Notonecta</i> sp.
Trichoptera	Hidropsychidae	<i>Belostoma</i> sp.
	Philopotamidae	<i>Leptonema</i> sp.
	Polycentropidae	<i>Phylopotamus</i> sp.
	Psephenidae	<i>Polycentropus</i> sp.
	Petalidae	<i>Psephenops</i> sp.
	Perlidae	<i>Petrophila</i> sp.
	Corydalidae	<i>Neoperla</i> sp.
Coleoptera	Stratiomyidae	<i>Corydalus</i> sp.
		<i>Euparyphus</i> sp.
		<i>Simulium</i> sp.
Lepidoptera	Pyrilidae	
Plecoptera		
Neuroptera		
Diptera		

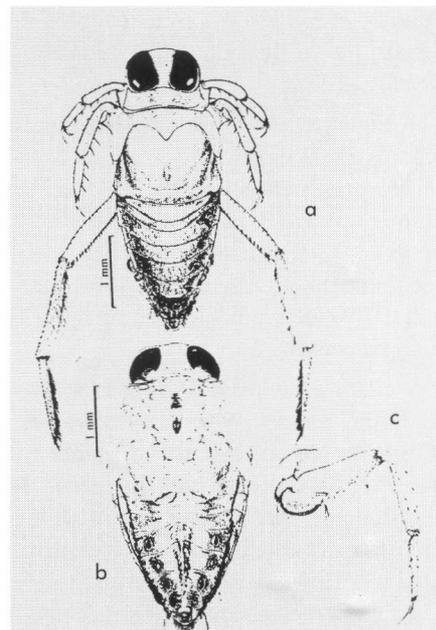


Figura 2. *Limnocoris* sp. a. Vista dorsal, b. Primera pata derecha, c. Antena derecha, d. Cabeza vista lateral, e. Meso, metaesterno y primeros segmentos abdominales. (Dibujo de Gloria Mora).

32 familias y 26 géneros identificados. El orden Hemiptera aportó 7 familias y el Ephemeroptera 6, constituyéndose como los órdenes que presentaron el mayor número de familias encontradas en todas las estaciones. El orden Trichoptera reportó la familia Hydropsychidae, familia que se caracterizó con el mayor índice de número en cada una de las estaciones.

Los índices de diversidad y bióticos, relativamente altos, se reflejan en la captura de especímenes de 32 familias, tal como se presenta en la Tabla 3, que se encontraron en todas las estaciones, exceptuando las familias Pyralidae y Stratiomyidae que no se obtuvieron en la estación III; así mismo puede mencionarse que después de la familia Hydropsychidae con su género representativo *Leptonema* (Fig. 1), las familias más frecuentes fueron: Coenagrionidae (Odonata), Leptophlebiidae (Ephemeroptera) con su género *Leptophlebia*; Gomphyidae (Odonata) con su género *Dromogomphus* y Libellulidae (Odonata) con su género *Libellula*.

Hay que tener en cuenta que de las familias Naucoridae (Hemiptera) y de la familia Gerridae, del mismo orden, se encontraron los géneros *Plecoris*, *Limnocoris* (Fig. 2) y *Tenagonomus*, *Rheumatobates*, respectivamente. Al comparar los registros por su grado de abundancia se encuentra que los organismos que presentaron una distribución menor fueron los de las familias Stratiomyidae (Diptera), Pyralidae (Lepidoptera) y Psychomyiidae (Trichoptera). Esto posiblemente se debe a que el medio no les es propicio para alcanzar una población significativa y a su posición en la pirámide energética del ecosistema (Merck 1985).

En la Tabla 5 se incluye la lista de los insectos identificados que se colectaron durante este trabajo.

Conclusiones

- Los resultados que se entregan tienen una confiabilidad científica que se afianza por la metodología empleada y sirven para que las autoridades

municipales puedan estar vigilantes sobre la sanidad y calidad de las aguas que se consumen en la localidad de Honda.

- En general, la diversidad biológica encontrada es alta, lo que permite establecer que todos los individuos encontrados son indicadores de aguas claras, metodología esta que puede permitir un monitoreo de la calidad de las aguas para la comunidad municipal.
- Los valores de diversidad biológica en la quebrada Padilla variaron entre 2,80 y 3,66, de lo que se deduce que este cuerpo de agua se clasifica como de aguas claras y es apto para el consumo humano.
- Los parámetros físico-químicos obtenidos y comparados con los valores normales que recomienda la OMS indican ligeras diferencias, lo cual corresponde a aguas mesotróficas con incipiente proceso de contaminación.

- El índice biótico promedio fue de 1,92, valor que permite establecer y catalogar las aguas de la quebrada como buenas. La diversidad más baja se encontró en las estaciones I y III y las más altas en las estaciones II y V.
- Las familias de insectos más abundantes, reportadas en la zona de investigación, fueron: Hydropsychidae, Naucoridae, Coenagrionidae y Lep-tophlebiidae. En cuanto a los géneros por cada orden, el mayor número de géneros encontrados correspondió al orden Hemiptera (9 géneros).
- La cuantificación de los especímenes demuestra que el mayor porcentaje lo presentó el género *Leptonema* (Trichoptera: Hydropsychidae) (14,36%) y el menor lo presentó el género *Euparyphus* (Diptera: Stratiomyidae) (0,21%).

Agradecimientos

Los autores hacen reconocimientos por la labor de identificación a los taxónomos del Biosystematics and Beneficial Insects Institute del Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América; a la

empresa Merck Colombia S.A. por el suministro de los kits para los análisis químicos y a la Universidad del Tolima por los aportes económicos y el tiempo asignado para el desarrollo de este trabajo.

Bibliografía

- ACOT, P. Introducción a la Ecología. Nueva Imagen, México, D.F. 151p.
- ALVAREZ, M.R. 1989. Diversidad de especies bióticas de entomofauna fluvial en Boyacá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. 165p. (Tesis Ing. Agrónomo).
- INSTITUTO COLOMBIANO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ADECUACION DE TIERRAS. BOGOTA, COLOMBIA. 1990. Sistema de Información. Hidrometeorología. Subdirección de Hidrología y Meteorología, HIMAT, Bogotá. Boletín Informativo. sp, se.
- LEHMKUHL, D. 1979. How to know the aquatic insects. WM.C. Brown Co., Dubuque, Iowa 140p.
- LEWIS, T.; TAYLOR, L.R. 1989. Introduction to experimental ecology. Academic Press, London. 140p.
- MACHADO, T. 1978. Parámetros biológicos. Seminario sobre contaminación ambiental. Universidad de Antioquia. Medellín. 51p.

MARGALEFF, R. 1988. Ecología. Omega, Barcelona. 951p.

McCAFFERTY, W.P. 1982. Aquatic entomology. Science Books International, Boston. 286p.

MERCK COLOMBIA, S.A. 1985. Informaciones químicas. Análisis físico-químicos de aguas potables. No. 43. Merck Colombia S.A., Bogotá.

MERRITT, W.R.; CUMMINS, W.K. 1978. An Introduction to the aquatic insect of North America. Department of Entomology, Michigan State University, East Lansing. 213p.

MINISTERIO DE SALUD. BOGOTA, COLOMBIA. 1984. Disposiciones sanitarias sobre aguas. Decreto No. 1594 de 1984. 139p.

MURGEL, S. 1984. Limnología Sanitaria, estudio de la polución de aguas continentales. Monografía No. 28. OEA, Washington D.C. 120p.

NEEDHAN, J.G.; NEEDHAN, P.R. 1988. Guía para el estudio de los seres vivos de aguas dulces. Reverté, Madrid. 131p.

ROLDAN, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo FEN - COLCIENCIAS-Universidad de Antioquia, Bogotá. 217p.