

**Caracterización de las comunidades de  
macroinvertebrados acuáticos de la  
microcuenca El Carrizal, Parque Nacional  
La Tigra, Honduras**

**Mabel Barinas Vizcaíno**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2008

ZAMORANO  
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTE

# **Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniera en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente  
en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

**Mabel Barinas Vizcaíno**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2008

# **Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional. La Tigra, Honduras**

Presentado por:

Mabel Barinas Vizcaíno

Aprobado:

---

José Manuel Mora, Ph.D.  
Asesor Principal

---

Arie Sanders, M.Sc.  
Director  
Carrera Desarrollo  
Socioeconómico y Ambiente

---

Lucía López, M.Sc.  
Asesora

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## RESUMEN

Barinas, M. 2008. Caracterización de las Comunidades de Macroinvertebrados Acuáticos de la Microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 50 p.

Los macroinvertebrados acuáticos incluyen a un grupo diverso de organismos que llegan a alcanzar un tamaño superior a 0.20 mm. Los macroinvertebrados acuáticos son importantes desde el punto de vista ecológico ya que constituyen la base de la cadena alimentaria, son alimento de otros organismos y a la vez se alimentan de materia orgánica o son de hábitos carnívoros. Es así como, este grupo de organismos juegan un papel crítico en el flujo natural de la energía y los nutrientes. El objetivo del presente estudio fue caracterizar la macrofauna presente en la microcuenca de El Carrizal en el Parque Nacional La Tigra. Lo anterior, con la finalidad de contribuir al conocimiento de la taxonomía de los macroinvertebrados acuáticos presentes en Honduras. En la microcuenca El Carrizal se seleccionaron cinco estaciones las cuales fueron denominadas TGU, JTE, MTH, SEC y PTE ubicadas dentro del parque a excepción de la última que se ubica a una distancia de 200 m del límite. En cada una de las estaciones se muestreó en todos los microhábitats existentes para capturar los macroinvertebrados acuáticos. Se recolectaron 1,117 individuos de macroinvertebrados acuáticos correspondientes a 46 familias de 13 órdenes. El orden de macroinvertebrados acuáticos más abundante fue Hemiptera representado por un 45.6% de los individuos, seguido del orden Trichoptera con 17.9%. Los órdenes Acari, Collembola y Decapoda fueron los menos representados con 0.09, 0.2 y 0.2% respectivamente. Por otra parte, se encontró que la estructura trófica de la microcuenca El Carrizal está representada en un 63% por macroinvertebrados depredadores, seguido de un 16% de filtradores-depredadores, 9% de raspadores-filtradores, 5% de fragmentadores- raspadores, 4% de fragmentadores y 3% de filtradores. La diversidad  $H'$  de la microcuenca es de 2.68, valor que indica aguas ligeramente contaminadas. Esto probablemente se debe a que la estación PTE se encuentra fuera de los límites del parque y está sometida a cierto grado de perturbación. Por otro lado el valor del índice biótico BMWP es de 134.25, el cual clasifica el agua de la microcuenca como de buena calidad. Luego de los muestreos del 13 de mayo vertederos se muestra una tendencia de disminución del número de familias encontradas. No obstante, hay otros factores que pueden estar influenciando en la ocurrencia de este fenómeno, tal como la llegada de la época de lluvia que modifica las condiciones existentes del hábitat.

**Palabras clave:** BMWP, diversidad, La Tigra Honduras, macroinvertebrados acuáticos, microcuenca El Carrizal.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Figuras, Cuadros y Anexos.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
<b>3 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>16</b>
<b>5 DISCUSIÓN.....</b>	<b>23</b>
<b>6 CONCLUSIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>7 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>28</b>
<b>8 BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>29</b>
<b>9 ANEXOS .....</b>	<b>33</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS, CUADROS Y ANEXOS

Figura	Página
1. Delimitación de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.....	10
2. Porcentaje de individuos por orden de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.....	16
3. Curva de acumulación de familias de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008. ....	18
4. Agrupamiento basado en el coeficiente de Sørensen para las cinco estaciones muestreadas en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008. ....	20
5. Abundancia de familias antes y después de la construcción de vertederos en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008 .....	21
6. Estructura trófica de los macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008. ....	21
7. Estructura trófica para los Macroinvertebrados acuáticos por estaciones en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008. ....	22
Cuadro	Página
1. Esquemas de clasificación de la calidad del agua de acuerdo con los valores del índice de Shannon – Weaver ( $H'$ ). ....	12
2. Clasificación de calidad del agua según el índice BMWP. ....	15
3. Familias y número de individuos recolectados en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008. ....	17

4. Número de familias y de individuos de macroinvertebrados acuáticos por estación (ver texto) de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.....	18
5. Índices de diversidad ( $H'$ ), dominancia de Simpson, riqueza de Margalef, equidad de Pielou y BMWP para la microcuenca El Carrizal y las estaciones muestreadas, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008. ....	19
6. Comparación de los valores del índice de diversidad ( $H'$ ) (T modificada y probabilidad) del número de individuos de las cinco estaciones muestreadas en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.....	19
7. Índices de diversidad ( $H'$ ), dominancia de Simpson, riqueza de Margalef y equidad de Pielou para antes y después de la construcción de vertederos en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008. ....	20

Anexo	Página
1. Número de individuos por estación y hábitos tróficos de la Microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008 .....	33
2. Número de individuos por fecha de muestreo en la estación TGU de la Microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.....	34
3. Número de individuos por fecha de muestreo en la estación MTH de la Microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.....	35
4. Número de individuos por fecha de muestreo en la estación PTE de la Microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.....	36
5. Número de individuos por fecha de muestreo en la estación JTE de la Microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.....	37
6. Número de individuos por fecha de muestreo en la estación SEC de la Microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.....	38
7. Tabla de puntuación de contaminación del índice BMWP .....	39
8. Secuencia de colonización en cada estación intermitente muestreada en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008 .....	41

# 1 INTRODUCCIÓN

En el último siglo, el acelerado crecimiento humano ha traído como consecuencia la alteración de los ecosistemas naturales. La tala descontrolada a que han sido sometidos los bosques para dar paso a tierras de cultivo, pastoreo e infraestructura, a puesto en peligro a un sin número de especies vivientes. Los ecosistemas de agua dulce son típicamente complejos y envuelven muchos fenómenos físicos, químicos y biológicos, dentro de una intrincada dinámica espacial y temporal (Gutiérrez *et al.* 2006). Este tipo de ecosistemas pueden ser particularmente sensibles a la perturbación antrópica, de hecho, en la actualidad son los que han sufrido más los impactos causados por la actividad humana (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega 1988; Segnini, 2003; Toro *et al.* 2003). Las aguas dulces tropicales albergan una amplia variedad de formas de vida y los organismos que las habitan presentan límites de tolerancia a las diferentes condiciones ambientales (Alba-Tercedor, 1996; Torres *et al.* 2006). Debido a lo anterior, estos organismos se ven afectados por la cantidad de desechos, tanto industriales como domésticos, que llegan a los ecosistemas acuáticos. Por lo tanto, la comunidad de macroinvertebrados de la mayoría de los ecosistemas acuáticos pueden servir de guía para conocer y determinar el estado ecológico de estos (Hauer & Resh, 1996; Pino *et al.* 2003).

Las microcuencas están caracterizadas por las interacciones geomorfológicas, hidrológicas y biológicas que determinan las comunidades de macroinvertebrados que están presentes en sus ríos y quebradas. Adicionalmente, para la conservación de su biodiversidad se requiere un buen conocimiento de los rasgos biológicos de las especies y su papel dentro del ecosistema (Vannote *et al.* 1980). En este sentido, los macroinvertebrados juegan un papel relevante, pero no sólo en términos de biodiversidad, sino también con relación a la función que desempeñan dentro de las redes tróficas, en la producción del ecosistema o en la estabilidad del mismo (Roldán, 1988). Además del valor indicador, los macroinvertebrados acuáticos constituyen hoy día una herramienta muy útil para la gestión y conservación de los espacios naturales protegidos, ya que ofrecen información rápida y sencilla que puede ser utilizada para:

- La valoración y control de la calidad ecológica del espacio.
- El diagnóstico de probables causas de deterioro y,
- El establecimiento de criterios para la protección y restauración de ecosistemas de interés (Alba-Tercedor, 1996).

Estos ambientes, además, presentan importantes valores estéticos, culturales, económicos, recreativos, científicos y de conservación. Por lo tanto, es una de sus principales características, precisamente, la presencia de una biota particular en cada uno de los ecosistemas existentes (Roldán, 2003).

De acuerdo con Tiffer (2005) y como ya se mencionó, en la actualidad los ecosistemas acuáticos y primordialmente los que dependen del agua dulce se encuentran altamente amenazados en el planeta. Entre las principales causas están el impacto de la contaminación, la deforestación y la introducción de especies exóticas, entre otros factores (PNUMA, 2003). Los cuerpos de agua están siendo explotados sin recibir un manejo adecuado y por ende ya no generan todos los bienes y servicios ambientales por los que tanto se les valora. Prieto (2004) asegura que para conseguir un desarrollo social y económico que pueda satisfacer las necesidades básicas humanas tanto presentes como futuras es prioritario conocer y comprender los problemas ambientales. En este sentido se espera lograr utilizar racionalmente, en este caso, el recurso agua. De tal manera, que si no se actúa inmediatamente para proteger tan vital recurso, la calidad y cantidad mundial de agua se verían gravemente afectadas (Álvarez & Pérez, 2007). Esto conlleva a la pérdida de comunidades acuáticas que utilizan los ecosistemas acuáticos para su supervivencia, ya que las comunidades de macroinvertebrados cambian su estructura y función al responder a distintas características como lo es el cambio en la calidad del agua (Domínguez *et al.* 2005). En los ecosistemas de agua dulce, las comunidades de macroinvertebrados acuáticos pueden estar constituidas por varios cientos de especies de numerosos phyla, tales como moluscos, artrópodos, anélidos y nemátodos (Hauer & Resh, 1996).

Debido a lo anterior, actualmente hay un llamado internacional para detener esta pérdida de biodiversidad acuática (Comisión Europea, 2008). La erosión de los ecosistemas de agua dulce causa una pérdida gradual de los diferentes microhábitats que componen estos ecosistemas y en varios de los casos no se llegan a conocer las especies que colonizan dichos ecosistemas. En este sentido, el conocimiento de la diversidad y taxonomía de las comunidades acuáticas en una región determinada es una herramienta que contribuye a determinar información básica e importante que puede constituir la base para estudios posteriores tendientes a la conservación de los sistemas dulce- acuícolas.

## 1.1 JUSTIFICACIÓN

Los ecosistemas de agua dulce como los son los ríos y manantiales actualmente están siendo seriamente afectados por las actividades del ser humano. Lo anterior, trae como consecuencia la disminución del agua, lo cual no sólo afecta a los animales y plantas sino también al mismo ser humano. La contaminación del agua puede traer serios problemas de salud pública. Así mismo, debido a su uso en el riego de cultivos y al ser la principal fuente de agua para la supervivencia de un sin número de especies, incluido el hombre, se deben de desarrollar nuevas metodologías para su protección. La evaluación de la calidad del agua en la mayoría de los países se ha enfocado en el uso de los parámetros físico-químicos (Toro *et al.* 2003). No obstante, este tipo de evaluación tiende a ser una metodología sumamente costosa, adicionalmente se requiere una toma periódica de los parámetros físico-químicos. El uso de nuevas metodologías muy empleadas en países como España, Inglaterra, Estados Unidos y Colombia entre otros, son cada día más frecuentes. Este tipo de metodologías utilizan organismos habitantes de las aguas para evaluar la calidad de éstas. Honduras, al igual que varios países, usa como método de evaluación de las aguas los análisis físico-químicos. El uso de organismos para la

evaluación de las aguas es prácticamente desconocido en Honduras. No obstante, para poder iniciar con este tipo de metodologías es primordial conocer la taxonomía y ecología de los organismos que se encuentran en las aguas dulces del país. Igualmente, estudios en este sentido son aislados en Honduras. En esta línea, se realizó una investigación que permitió caracterizar las especies de macroinvertebrados acuáticos que existen en la microcuenca El Carrizal. El estudio pretende enfocar la importancia de los macroinvertebrados acuáticos como componente de la biodiversidad acuática. Es decir, tanto por su valor de existencia como por su importancia como bioindicadores. Lo anterior, permite determinar de manera más sencilla la calidad del agua en los ecosistemas fluviales, sin la necesidad de realizar análisis físico-químicos. Esto en caso de no tener un equipo disponible, ya sea para efectos prácticos o por falta de financiamiento para los mismos.

De acuerdo con Roldán (2003) los macroinvertebrados acuáticos poseen características que les permiten constituirse en bioindicadores de calidad de agua. Dentro de las más significativas se pueden mencionar: (1) son de amplia distribución, (2) son fáciles de colectar, (3) son apreciables a simple vista, lo que permite realizar muestreos con más facilidad, (4) poseen ciclos de vida largos, y (5) en su mayoría son sedentarios. Esta última característica refleja las condiciones locales y por otra parte representa los efectos de las variaciones ambientales a corto plazo, ya que responden rápidamente a los tensores ambientales. Adicionalmente, el uso de los macroinvertebrados en la evaluación de la calidad de agua no requiere de equipos complejos y costosos y utiliza metodologías sencillas. Son metodologías que permiten obtener resultados rápidos y de alta confiabilidad, ya que dan información acerca de las variaciones a través del tiempo (Gutiérrez *et al.* 2006). Por lo tanto, la bioindicación puede contribuir en la solución de problemas ambientales y el uso sostenible de los recursos (Correa, 2000). En Honduras, la implementación de metodologías basadas en índices bióticos puede brindar claras indicaciones del alcance de cualquier perturbación causada por factores antrópicos. Estudios como la presente investigación puede servir de base para estudios taxonómicos y ecológicos de los macroinvertebrados acuáticos de Honduras. Adicionalmente, debido a que la macrofauna acuática ha sido relativamente poco estudiada en Honduras y los estudios en este sentido han sido sobre todo descriptivos, es importante incorporar estas metodologías que permitan la evaluación de la calidad del agua de una manera sencilla.

Al conocer las prerrogativas que ofrecen las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en los ecosistemas fluviales, este estudio por su parte, promueve otro aspecto importante que es la conservación para fines de investigación. Se incluye el número de las especies de macroinvertebrados por su valor de existencia, debido a que Zamorano es una institución dedicada a la investigación y tiene el privilegio de tener un Centro de Biodiversidad cuyos trabajos pueden tener repercusión en toda la región centroamericana.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Caracterizar las comunidades de macroinvertebrados acuáticos que existen en las quebradas de la microcuenca El Carrizal del Parque Nacional La Tigra.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Elaborar una lista de las familias que son más frecuentes en las diferentes quebradas con el fin de facilitar información científica confiable que sirva para futuras investigaciones de estos hábitats.
- Determinar cuáles familias empiezan a colonizar las quebradas intermitentes.
- Determinar si la construcción de vertederos en la microcuenca El Carrizal afecta la diversidad de macroinvertebrados acuáticos.
- Maximizar muestreos para cubrir las expectativas finales de la caracterización de los macroinvertebrados en la microcuenca.

## **2 REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 ANÁLISIS BIOLÓGICOS**

#### **2.1.1 Antecedentes**

El trabajo con macroinvertebrados acuáticos se remonta a principios del siglo pasado. Su uso se ha basado en el estudio de calidad de agua de los ecosistemas acuícolas. Esto es posible ya que en respuesta a los cambios ambientales varía también la composición de especies debido a sus requerimientos y características especiales. Por lo tanto, la comunidad de macroinvertebrados de la mayoría de los ecosistemas acuáticos pueden servir de guía para conocer y determinar el estado de estos (Hauer & Resh, 1996). El uso de especies o conjuntos de “especies indicadoras” implica asumir que la presencia de un organismo indicador es el reflejo de las condiciones del medio (Riss *et al.* 2002). Los países en Latinoamérica con más experiencia con el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores son, Chile, Colombia, Costa Rica y Perú. En Honduras este campo aún es muy reducido e incipiente, pero cuenta con un gran potencial y oportunidades de crecimiento, debido a la cercanía geográfica con Costa Rica y la similitud latitudinal con Colombia. Algunas de las primeras experiencias de trabajo con macroinvertebrados en Honduras, fueron registradas en Choluteca, La Ceiba y el Valle del Yeguaré (Chamberlain, 2005; Fenoglio, 2005). En el presente la Universidad Nacional Autónoma de Honduras y la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano y otras instituciones están trabajando con bioindicadores como herramienta para la evaluación de la calidad de agua dentro del país, aunque aún no es una práctica común.

Dentro de los ejemplos del porque se deben conocer los ecosistemas acuáticos para protegerlos existen varios en Costa Rica. Uno de estos casos son las microcuencas costeras de la provincia de Guanacaste en Costa Rica. En esta zona el desarrollo turístico, que demanda un uso intensivo de las limitadas fuentes hídricas, no solamente ha generado una lucha social, sino que también es una amenaza a las especies acuáticas asociadas a las quebradas intermitentes, ricas en diversidad y muy frágiles por su estacionalidad. Los esfuerzos realizados a la fecha en estudios taxonómicos y ecológicos de los ecosistemas acuáticos del país, han permitido reportar un alto número de especies nuevas de insectos acuáticos para la ciencia entre otros (Domínguez, 2005; Flint, 2002) y peces (Bussing & López, 1996; Bussing *et al.* 2003).

#### **2.1.2 Generalidades de los macroinvertebrados acuáticos**

Así mismo, Costa Rica es uno de los países más avanzados en el tema del uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y, a pesar de sus esfuerzos en

conservación, no es ajena a las amenazas sobre su biodiversidad acuática, la cual es muy amplia y aun poco conocida. Las quebradas y ríos son hábitat de especies aun desconocidas por la ciencia, cuyo estudio y monitoreo es superado por la velocidad de la alteración de los ecosistemas (Tiffer, 2005). De ahí que los esfuerzos realizados a la fecha en estudios taxonómicos y ecológicos de los ecosistemas acuáticos, han permitido reportar muchas especies nuevas para la ciencia de insectos acuáticos (Domínguez, 2005; Flint, 2002).

Los macroinvertebrados son organismos que han sido utilizados ampliamente en estudios relacionados con la contaminación de ríos, quebradas y otros ecosistemas fluviales. Este grupo de organismos sirven como indicadores de las condiciones ecológicas y la calidad de las aguas, debido a que poseen características intrínsecas como son:

- Son parcialmente sedentarios y debido a su escasa capacidad de movimiento, pueden reflejar las alteraciones provocadas por sustancias vertidas en las aguas.
- Poseen un ciclo de vida largo en relación con otros organismos, lo que permite establecer una analogía y estudiar los cambios acontecidos durante largos periodos de tiempo.
- Son visibles a simple vista lo que facilita el muestreo (Roldán, 1992).

De acuerdo con Roldán (1992) la palabra “macroinvertebrados” se refiere a varios grupos taxonómicos que comparten dos características:

- Son invertebrados, es decir, no poseen espina dorsal.
- Su tamaño es mayor de 0.2 mm, por lo que son fáciles de ver sin necesidad de un microscopio.

Los macroinvertebrados acuáticos incluyen a un grupo diverso de organismos que comprende artrópodos (insectos, ácaros, crustáceos), moluscos (gastropodos, bivalvos), anélidos, nemátodos y platelmintos (Hauer & Resh, 1996). Las respuestas de las comunidades acuáticas a las perturbaciones ambientales son útiles para evaluar el impacto de los distintos tipos de contaminación sobre los cursos de aguas superficiales.

### **2.1.3 Clasificación de los ecosistemas de agua dulce**

Los ecosistemas de agua dulce se clasifican en ecosistemas lóticos y lénticos los primeros se refieren a lugares donde las corrientes rápidas juegan un papel importante en la distribución de los macroinvertebrados tales como ríos, quebradas y arroyos; mientras que los lénticos se refiere a aguas quietas o estancadas como lo son los lagos, charcas y represas e incluso pozas en las corrientes. Por lo general en las orillas se acumula materia orgánica lo que favorece el desarrollo de un gran número de especies.

#### **2.1.4 Importancia ecológica de los macroinvertebrados acuáticos**

Los macroinvertebrados son un eslabón importante en la cadena trófica de los ecosistemas acuáticos, especialmente para los peces. Debido a la abundancia de los macroinvertebrados, en la cadena alimentaria de estos ecosistemas, juegan un papel crítico en el flujo natural de energía y nutrientes. Al morir los macroinvertebrados, se descomponen dejando atrás nutrientes que son aprovechados por plantas acuáticas y otros organismos que pertenecen a la cadena (Roldán, 1988).

#### **2.1.5 Estructura trófica en comunidades de macroinvertebrados acuáticos**

Para aprovechar los diferentes recursos tróficos que existen en los ecosistemas fluviales, los macroinvertebrados acuáticos poseen alta variedad de adaptaciones morfológicas, estructurales y de comportamiento (Alonso & Camargo, 2005). La biota acuática es muy diversa (Roldán, 1992) y abundante (González & García, 1995) en contraposición a la biomasa que es baja, ya que la fauna de macroinvertebrados acuáticos está constituida en su mayoría por especies pequeñas (Roldán, 1992). Los grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos se dividen en cuatro grupos funcionales de alimentación: (1) los fragmentadores que se encargan de procesar las partículas gruesas del material orgánico transformándolas en proporciones finas y en materia orgánica particulada; (2) los filtradores que se alimentan de materia orgánica particulada fina o muy fina; (3) los raspadores que se alimentan de algas del perifiton (Lampert & Sommer, 2007) y (4) los depredadores que se alimentan de todos los demás grupos (González & García, 1995).

#### **2.1.6 El hábitat acuático de los macroinvertebrados**

De acuerdo con Roldán (1992) el hábitat acuático se refiere a las condiciones y características específicas de los lugares donde habitan los distintos grupos de macroinvertebrados acuáticos. Los hábitats acuáticos son variados y cada uno de ellos corresponde a una comunidad determinada (Roldán, 2003). De ahí que algunos macroinvertebrados viven enterrados en el sustrato; otros sobre él, adheridos a rocas, piedras y restos de vegetación; otros prefieren las orillas de los ríos y lagos; unos nadan sobre la superficie del agua en tanto que otros se desempeñan muy bien como nadadores, prefiriendo corrientes rápidas y otros lentas (Roldán, 2003).

#### **2.1.7 Tipos de hábitat acuáticos**

Los tipos de hábitats acuáticos existentes son zona de litoral, zona limnética y zona profunda, la zona de litoral corresponde a la zona periférica poco profunda sujeta a ligeras fluctuaciones en temperatura y erosión de las orillas por efecto de la acción del oleaje. Usualmente se encuentra bien iluminada y cubierta por vegetación que se puede extender hasta zonas relativamente profundas donde aún sobrevive vegetación sumergida (Roldán, 1992) la zona limnética es una zona de agua abierta y regularmente unas pocas especies flotadoras habitan aquí, mientras que la zona profunda esta zona por lo general está desprovista de luz y el oxígeno es escaso, por lo cual el número de especies que habitan aquí es muy reducido, pero los organismos pueden ser muy abundantes.

### **2.1.8 Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos**

Según Roldán (2003) los modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos se clasifican en neuston, necton y bentos, el neuston se refiere a los organismos que viven sobre la superficie del agua caminando, patinando o brincando. Su exoesqueleto, patas y uñas están cubiertos de una sustancia cerosa impermeable que les permite mantenerse encima del agua doblando su superficie para vencer la tensión superficial. Buenos ejemplos son los miembros de la familia Gerridae y Veliidae, el necton se refiere a los organismos que nadan libremente en el agua. Entre ellos se encuentran miembros de la familia Noctonetidae del orden Hemíptera; Dysticidae e Hydrophilidae del orden Coleóptera y Baetidae del orden Ephemeroptera (Roldán, 2003) y el bentos el bentos está conformado por aquellos organismos que habitan en los fondos de los ríos y lagos adheridos a las piedras, troncos, restos de vegetación y substratos similares. Los principales órdenes representados en este grupo son: Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera, Megaloptera y Díptera (Roldán, 2003).

### **2.1.9 Descripción de órdenes de macroinvertebrados más comunes**

Entre los órdenes más comunes en hábitats acuáticos para determinar la calidad de agua en un lugar determinado se encuentran: Ephemeroptera, Coleoptera, Plecoptera, Odonata, Díptera y Trichoptera.

Las ninfas de Ephemeroptera viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas; sólo algunas especies logran resistir cierto grado de contaminación. En general se consideran indicadores de buena calidad del agua (Roldán, 1988). En cambio, la mayoría de Coleoptera acuáticos viven en aguas continentales lólicas y lénticas. En las zonas lólicas los sustratos más representativos son troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y la vegetación sumergida y emergente. Las zonas más ricas son las orillas donde la velocidad de la corriente no es fuerte, el es agua limpia, con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias (Roldán, 1988).

Las larvas de Plecóptera viven en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Se ha observado en ciertos casos que son especialmente abundantes en riachuelos con fondo pedregoso. Son indicadores de aguas muy limpias y oligotróficas (Roldán, 1988). Por otro lado, los odonatas son insectos primitivos que pasan por un estado larval acuático seguido por la etapa adulta, la cual viven por poco tiempo. La etapa de ninfa completa es acuática con excepción de algunas especies que viven en material húmedo de plantas terrestres, madrigueras, en suelos mojados o en agua que se acumula en las plantas tropicales (Donnelly, 1992). Los Odonatas viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas; por lo regular, rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. De acuerdo con Westfall (1984), las larvas de los odonatas son muy diferentes en apariencia a los adultos. Viven en aguas limpias o ligeramente eutroficadas (Roldán, 1988).

En el caso de las Dípteras encontradas en hábitats acuáticos, su fuente de alimento es bastante variada, la que incluye desde detritus fino y microorganismos, a parte de plantas, madera en descomposición y otros insectos. Además las preferencias y hábitos de algunas larvas cambian con la edad, la estación del año y se encuentran en diferentes tipos de hábitats (Jara, 2002).

Finalmente, las Trichopteras debido a su gran diversidad y el hecho de que las larvas poseen distintos ámbitos de tolerancia según la familia o el género al que pertenecen, son muy útiles como bioindicadores de calidad de agua y la salud del ecosistema (Springer, 2006). Estos insectos se caracterizan por hacer casas o refugios que construyen en estado larval, los cuales sirven a menudo para su identificación (Roldán, 1988).

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la microcuenca El Carrizal dentro de los límites del Parque Nacional La Tigra. El parque se ubica a aproximadamente 22 km al norte de la Capital de Honduras (Tegucigalpa), en el departamento de Francisco Morazán, entre 14°70' y los 14°19' N y entre los 87°3' y los 87°7' W (Figura 1).



**Figura 1.** Delimitación la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

### **3.2 SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO**

Se seleccionaron cinco estaciones de muestreo a las cuales se les asignó un nombre para efectos del estudio: dos se ubican en el curso principal del Río El Carrizal, una en la parte alta de la microcuenca TGU y otra en la parte baja PTE, esta última a 200 m de los límites del parque. Las otras tres estaciones se ubican en tres quebradas intermitentes que desembocan en el río El Carrizal en la parte media de la microcuenca, las cuales se denominan MTH, JTE y SEC (Figura 1).

### **3.3 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para los parámetros biológicos, se hizo la recolecta de los macroinvertebrados acuáticos en las cinco estaciones de muestreo definidas anteriormente como TGU, MTH, JTE, PTE y SEC. En cada estación se realizaron cuatro muestreos para identificar que comunidades de macroinvertebrados existían y colonizaban los ecosistemas elegidos y para cada una de estas se muestrearon todos los microhábitats existentes (piedra, hojarasca y sedimento). En el caso de las piedras, se recolectaron todos los macroinvertebrados acuáticos observados con la ayuda de pinzas entomológicas, mientras que en el caso de la hojarasca y el sedimento se removieron de la quebrada con la ayuda de una red manual con un diámetro de aproximadamente 20 cm y un par de pinzas. Todos los individuos colectados se colocaron en frascos etiquetados con alcohol al 70% y trasladados posteriormente al Laboratorio de Calidad de Agua de la Carrera de Desarrollo y Ambiente de la Escuela Agrícola Panamericana, para su correspondiente identificación. Cada individuo fue clasificado e identificado hasta el nivel taxonómico de familia con la ayuda de claves taxonómicas (Roldán, 1988; Merritt & Cummins, 1996; Carrera & Fierro, 2001; Springer & Hanson, 2008) y la colaboración del Biol. Pablo Gutiérrez F. (entomólogo acuático de la Universidad de Costa Rica). En cada estación se muestreó cada microhábitat durante una hora dividida en periodos de 15 minutos. El material fue depositado en el Museo de Insectos, Centro Zamorano de Biodiversidad, Escuela Agrícola Panamericana.

### **3.4 ANÁLISIS DE LOS DATOS**

#### **3.4.1 Índices de diversidad**

Los índices de diversidad calculados son el índice de Shannon – Weaver ( $H'$ ), la Dominancia de Simpson ( $D$ ) que se utiliza para estimar la abundancia de las familias más comunes en las estaciones y en la microcuenca El Carrizal. Por otro lado, se estimó la riqueza de la comunidad mediante la Riqueza de Margalef ( $R$ ). Por último la equidad entre comunidades se determinó mediante Pielou ( $E$ ). Estos índices se calcularon de la siguiente manera:

El índice de Shannon – Weaver se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum_{p_i}^K p_i \log_{p_i} \quad [1]$$

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad [2]$$

Donde:

K es el número de categorías

$p_i$  es la proporción de observaciones en cada categoría

$n_i$  es el número de individuos por especie

N es el número total de individuos en una muestra (Zar, 1996)

El valor del índice varía de 0,0 a 5,0 (Cuadro1) (Segnini, 2003)

**Cuadro 1.** Esquemas de clasificación de la calidad del agua de acuerdo con los valores del índice de Shannon – Weaver ( $H'$ ).

Esquema de Wilhm y Dorris 1968		Esquema de Staub <i>et al.</i> 1970	
$H'$	Calidad del agua	$H'$	Calidad del agua
> 3	Agua limpia	3.0-4.5	Contaminación débil
1- 3	Contaminación moderada	2.0-3.0	Contaminación ligera
< 1	Contaminación severa	1.0-2.0	Contaminación moderada
		0.0-1.0	Contaminación severa

Fuente: Segnini (2003).

### 3.4.2 Índice de Dominancia de Simpson

El índice de dominancia de Simpson determina la abundancia de las especies más comunes, su valor va de 0 a 1 (Pino *et al.* 2003). Se calcula de la siguiente manera:

$$D_s = 1 - \sum n_i \frac{(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad [3]$$

Donde:

$n_i$  es el número de individuos de una especie

N es el número total de individuos (Brower *et al.* 1997).

### 3.4.3 Índice de Riqueza de Margalef

La Riqueza de Margalef determina el mayor número de individuos representados en cada una de las muestras y se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{s-1}{\log_{(n)}} \quad [4]$$

Donde:

S es el número total de especies

n es el número total de individuos detectados (Brower *et al.* 1997)

### 3.4.4 Índice Equidad de Pielou

La Equidad de Pielou se refiere al grado de homogeneidad en la distribución de la abundancia entre las familias, en las diferentes estaciones de muestreo, su valor va de 0 a 1 y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} \quad [5]$$

Donde:

S es el número máximo de especies en la muestra

H' es el índice de Shannon-Weaver (Iannacone *et al.* 2003).

### 3.4.5 Índice de Riqueza de Chao

La riqueza de familias de la microcuenca se estimó a través del índice de Chao (Teillier *et al.* 2004) por medio de la siguiente ecuación:

$$S_{\max} = S_{\text{obs}} + \left( \frac{a^2}{2b} \right) \quad [6]$$

Donde:

a y b son la cantidad de especies que estuvieron representadas en las muestras por uno (especies únicas en la muestra) y dos individuos (especies dobles, presentes en dos muestras).

S<sub>obs</sub> es la cantidad total de especies observadas

S<sub>max</sub> es la riqueza máxima esperada (Florez, 1999)

### 3.4.6 Índice de Similitud de Sørensen

Adicionalmente se calculó la Similitud de Sørensen, la cual está basada en la relación presencia-ausencia entre el número de familias compartidas o no, en cada estación y el número total de familias entre las estaciones comparadas (Salgado *et al.* 2007). Este índice se calcula con la siguiente ecuación:

$$C_s = \frac{2j}{(a+b)} \quad [7]$$

Donde:

a es el número de especies en la muestra en un sitio

b es el número de especies en otro sitio

j es el número de especies en común.

La matriz del coeficiente de Similitud de Sørensen se resumió en un Análisis de Grupos de Unión simple, basado en el mismo coeficiente.

Se realizó una prueba T modificada para índices de diversidad, para determinar si las diversidades entre las estaciones estudiadas eran diferentes (Brower & Zar, 1977). Los índices de diversidad, riqueza, equidad y similitud fueron calculados con los programas PAST y MVSP 3.1. Los valores de los índices fueron calculados con las sumatorias de las abundancias de los cuatro muestreos efectuados.

Para determinar si la construcción de vertederos afecta la composición y abundancia de las familias se calcularon los índices de Diversidad de Shannon – Weaver (H'), la Dominancia de Simpson (D), la Riqueza de Margalef (R) y la Equidad de Pielou (E). Lo anterior, con el fin de determinar si existe alguna diferencia en estos parámetros con respecto a antes y después del 13 de mayo (antes y después de la construcción de vertederos). Para estimar los índices se utilizó el muestreo No. 1 que fue antes del 13 de mayo y la sumatoria de los muestreos No. 2, 3 y 4 para después del 13 de mayo. Adicionalmente se construyó una tabla (Cuadro 7) de abundancia de las familias para antes y después del 13 de mayo.

### 3.4.7 Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP)

El índice BMWP ordena las familias de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos en 10 categorías siguiendo un gradiente de menor a mayor tolerancia a la contaminación, donde el 10 significa menor tolerancia a la contaminación y 1 de mayor tolerancia (Anexo 1). Se elaboró una lista de inventario y se asigna la puntuación a cada familia, independiente de la cantidad de individuos o géneros (Alba-Tercedor, 1996). Su fórmula es la siguiente:

$$\text{BMWP} = T1 + T2 + T3 + T4 \dots T10 \quad [8]$$

Donde:

T es el nivel de tolerancia y el número corresponde a la familia. El resultado total es la sumatoria de todas las familias. Esta se compara en un cuadro de clasificación de calidad de agua (Cuadro 2). Se calculó el BMWP para la microcuenca en general.

**Cuadro 2.** Clasificación de calidad del agua según el índice BMWP.

<b>Clase</b>	<b>Valor del BMWP</b>	<b>Calidad del agua</b>
I(a)	>150	Muy buena calidad
I(b)	101-149	Muy buena calidad
II	61-100	Buena calidad
III	36-60	Calidad media
IV	16-35	Escasa calidad
V	<15	Calidad mala

Fuente: Leiva, 2004

### 3.4.8 Curva de acumulación de familias

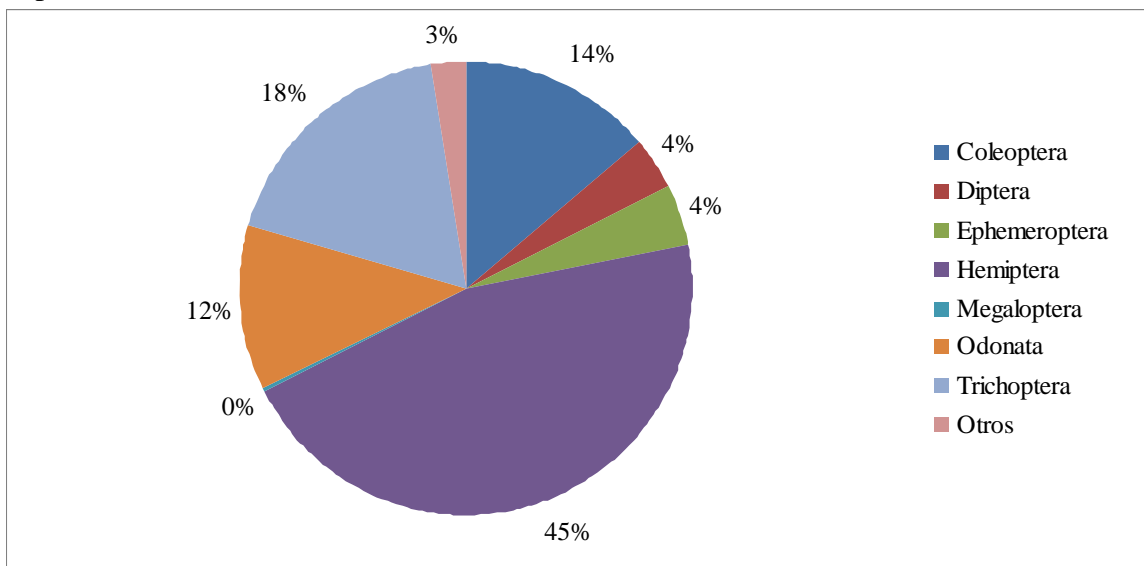
Para construir la curva de acumulación de familias, se consideró el esfuerzo de muestreo en cada estación. El esfuerzo de muestreo se obtuvo a partir del total de horas de muestreo en cada estación y el número de individuos recolectados. Para la estación TGU el esfuerzo de muestreo fue de 10.5 horas, en PTE 4 horas, para JTE 4.5 horas, MTH 4.5 horas y para SEC que al iniciar los muestreos no tenía agua el esfuerzo fue 1.5 horas.

### 3.4.9 Estructura trófica

La estructura trófica de los macroinvertebrados acuáticos se basó en la clasificación propuesta por Lampert & Sommer (2007): fragmentadores, filtradores, raspadores, depredadores. Se utilizó la literatura para determinar el principal grupo funcional de las familias recolectas en el presente estudio (Roldán, 1988; Roldán, 1992; Merritt & Cummins, 1996).

## 4 RESULTADOS

En la microcuenca El Carrizal se recolectaron 1,117 individuos de macroinvertebrados acuáticos correspondientes a 46 familias de 13 órdenes. El orden de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca más abundante fue Hemíptera representado por un 45.6% de los individuos, seguido del orden Trichoptera con 17.9% (Figura 2). Los órdenes Acari, Collembola y Decápoda fueron los menos representados con 0.09, 0.2, y 0.2% respectivamente.



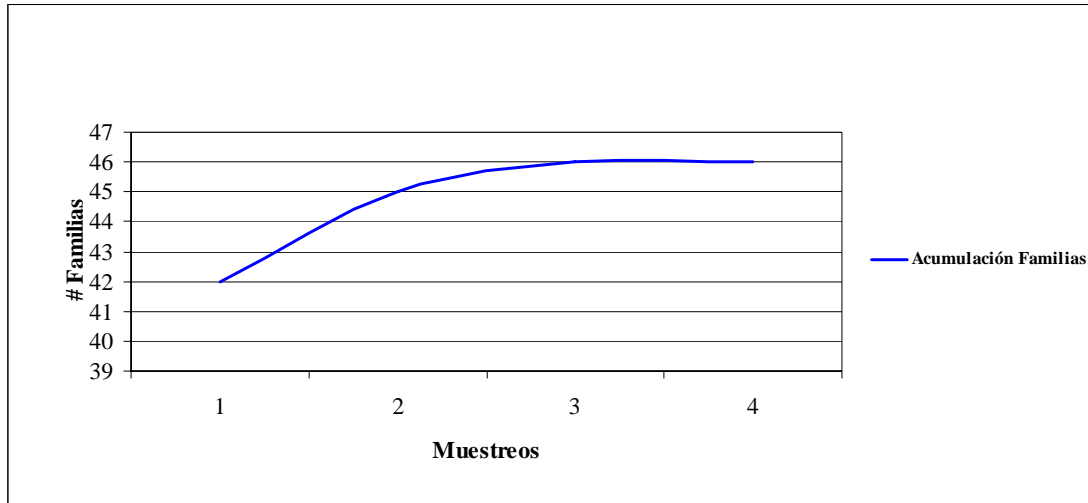
**Figura 2.** Porcentaje de individuos por orden de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

Los órdenes Coleoptera y Odonata fueron los mejor representados con 8 familias cada uno. La familia más abundante fue Veliidae (Hemíptera) con un total de 308 individuos lo que corresponde a un 27.6% del número total de individuos. Familias como Leptohyphidae (Ephemeroptera), Gelastocoridae (Hemíptera) y Lestidae (Odonata) estuvieron representadas por un sólo individuo (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Familias y número de individuos recolectados en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>No. Individuos</b>	
Acari	Acari	1	
Blatodea	Blaberidae	7	
	Dysticidae	30	
	Dryopidae	58	
	Elmidae	2	
	Hydrophilidae	32	
	Psephenidae	10	
	Ptilodactylidae	4	
Coleoptera	Scirtidae	19	
Collembola	Collembola	2	
Decapada	Pseudothelphusidae	2	
	Chironomidae	10	
	Dixidae	3	
	Simulidae	11	
	Staphylinidae	4	
	Tipulidae	13	
	Diptera	Baetidae	30
		Heptageniidae	3
		Leptophlebiidae	16
		Leptohyphidae	1
Ephemeroptera	Belostomatidae	20	
	Gelastocoridae	1	
	Gerridae	141	
	Hebridae	5	
	Naucoridae	10	
	Notonectidae	24	
	Veliidae	308	
Hemiptera	Veliidae	308	
Megaloptera	Corydalidae	4	
	Aeshnidae	10	
	Calopterygidae	15	
	Coenagrionidae	84	
	Cordulegastridae	4	
	Gomphidae	10	
	Libellulidae	4	
	Lestidae	1	
	Platystyctidae	2	
	Odonata	Platystyctidae	2
Oligochaeta	Oligochaeta	6	
Plecoptera	Perlidae	5	
	Hidrobiosidae	4	
	Hydropsychidae	167	
	Hydroptilidae	1	
	Lepidostomatidae	15	
	Leptoceridae	4	
	Philopotamidae	7	
	Trichoptera	Polycentropodidae	3
	Tricladida	Planariidae	5

La cantidad de familias nuevas recolectadas fue aumentando en los muestreos restantes en relación al primer muestreo (Figura 3). En los últimos dos muestreos el número de familias recolectadas fue de 46. El índice de Chao fue de 49.12.



**Figura 3.** Curva de acumulación de familias por muestreo de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

Al evaluar cada una de las estaciones muestreadas se obtuvo que el mayor número de individuos recolectados fue en la estación TGU con 581 (Cuadro 4), donde el orden Hemíptera fue el más abundante, con 49.2% de los individuos. Sin embargo, el mayor número de familias encontrado fue en la estación JTE con 29 familias, seguida por la estación MTH con 27, mientras que la estación SEC presentó el menor número de familias con apenas 14 (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Número de familias y de individuos de macroinvertebrados acuáticos por estación (ver texto) de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

Estaciones	No.Familias	No. Individuos hojarasca	No. Individuos piedra	Total Individuos
<b>TGU</b>	24	360	221	581
<b>MTH</b>	27	86	48	134
<b>PTE</b>	26	127	97	132
<b>JTE</b>	29	72	60	224
<b>SEC</b>	14	35	11	46

Con respecto a los índices de diversidad, para la microcuenca El Carrizal la diversidad  $H'$  fue de 2.68, mientras que la Dominancia correspondió a 0.13 (Cuadro 5). Por su parte, al evaluar las estaciones, MTH fue la que presentó el mayor valor de la diversidad  $H'$  así como de Riqueza y Equidad (Cuadro 5). La estación SEC fue la que al contrario presentó los menores valores de los índices. El BMWP promedio para la microcuenca El Carrizal fue de 134.25.

**Cuadro 5.** Índices de diversidad ( $H'$ ), Dominancia de Simpson, Riqueza de Margalef, Equidad de Pielou y BMWP para la microcuenca El Carrizal y las estaciones muestreadas, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

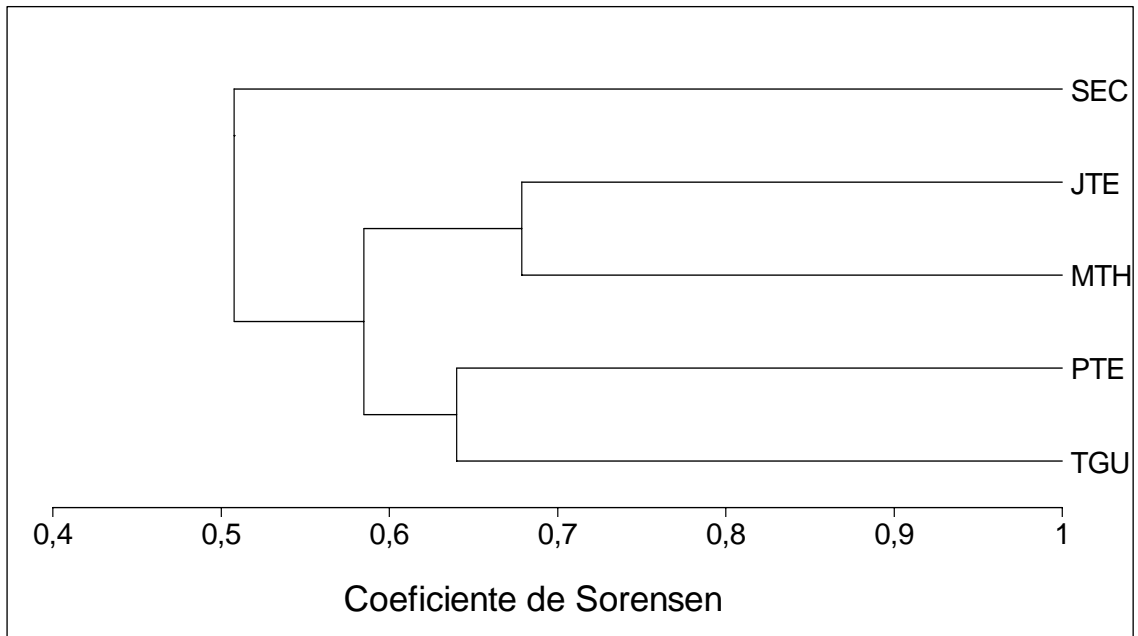
Índices	Microcuenca	TGU	MTH	PTE	JTE	SEC
Dominancia	0.13	0.16	0.07	0.13	0.16	0.24
Diversidad $H'$	2.68	2.21	2.91	2.57	2.36	1.92
Margalef	6.41	3.61	5.31	5.12	5.17	3.4
Equidad	0.7	0.7	0.88	0.79	0.7	0.73
BMWP	134.25					

Con respecto a la composición de las familias presentes en las cinco estaciones muestreadas (Cuadro 6). sólo dos no son diferentes ( $p > 0.05$ ). El resto de las estaciones son diferentes ( $p < 0.05$ )

**Cuadro 6.** Comparación de los valores del índice de diversidad ( $H'$ ) (T modificada y probabilidad) del número de individuos de las cinco estaciones muestreadas en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

$p$ \ T	TGU	MTH	PTE	JTE	SEC
<b>TGU</b>		-6.96	-2.45	-0.01	2.18
<b>MTH</b>	0.00		2.58	4.56	5.22
<b>PTE</b>	0.01	0.01		1.36	3.30
<b>JTE</b>	0.31	0.00	0.17		2.53
<b>SEC</b>	0.03	0.00	0.00	0.01	

Por otro lado, el Coeficiente de Similitud de Sørensen indica que las comunidades de macroinvertebrados más semejantes son JTE y MTH con un 67%, mientras que, la comunidad más disímil con las demás es SEC, la cual es separada del resto (Figura 4).

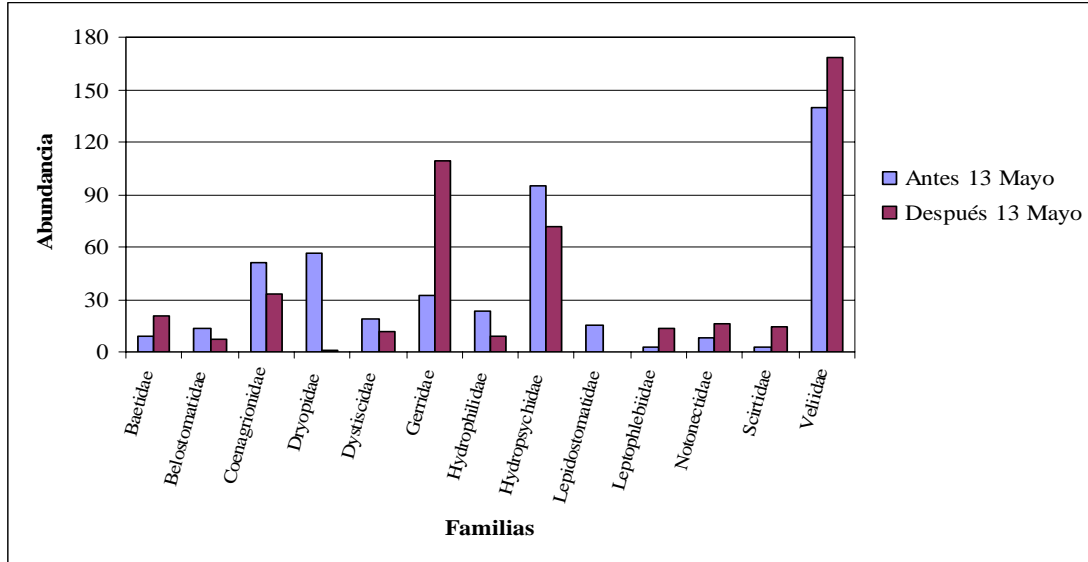


**Figura 4.** Agrupamiento basado en el coeficiente de Sørensen para las cinco estaciones muestreadas en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

Por su parte, la construcción de los vertederos en el curso del río El Carrizal y sus tres afluentes tiende a mostrar efectos sobre la biodiversidad de los macroinvertebrados acuáticos ( $T = 2,01$ ,  $p < 0,05$ ). El número de familias encontrado antes del 13 de mayo fue mayor que después. Asimismo, el índice de Margalef fue mayor antes que después de la construcción (Cuadro 7). La abundancia de familias fue diferente antes y después (Figura 5).

**Cuadro 7.** Índices de diversidad ( $H'$ ), Dominancia de Simpson, Riqueza de Margalef y Equidad de Pielou para antes y después del 13 de mayo en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

	<b>Antes 13 mayo</b>	<b>Después 13 mayo</b>
No. Familias	42.00	38.00
No. Individuos	551.00	566.00
Dominancia	0.12	0.15
Diversidad ( $H'$ )	2.67	2.50
Margalef	6.50	5.84
Equidad	0.71	0.69



**Figura 5.** Abundancia de familias antes del 13 de mayo y después del 13 de mayo en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

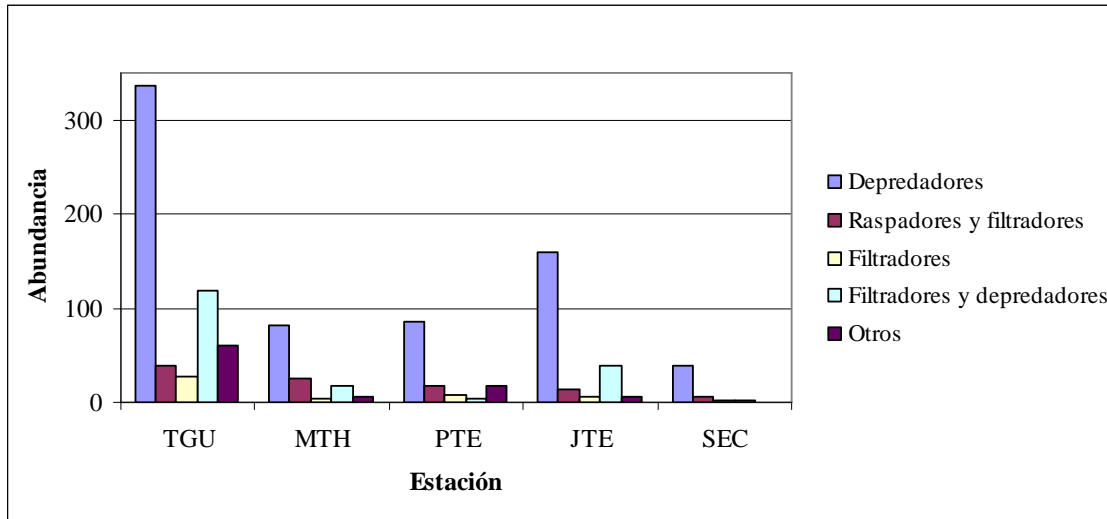
#### 4.1.1 Estructura trófica microcuenca El Carrizal

La estructura trófica de la microcuenca El Carrizal está representada en un 63% por macroinvertebrados depredadores, seguido de un 16% de filtradores- depredadores, 9% de raspadores-filtradores, 5% de fragmentadores- raspadores, 4% de fragmentadores y 3% de filtradores (Figura 6).



**Figura 6.** Estructura trófica de los macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

Respecto a la estructura trófica por estaciones, la estación TGU es la que presenta la mayor abundancia de depredadores (Figura 7), no obstante, este es el grupo más abundante en todas las estaciones muestreadas. El grupo de los filtradores es el menos representativo en la mayoría de las estaciones (Figura 7).



**Figura 7.** Estructura trófica para los Macroinvertebrados acuáticos por estaciones en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

Las quebradas intermitentes de la microcuenca fueron inicialmente colonizadas por familias como Veliidae, Baetidae, Aeshnidae, Gerridae y Notonectidae. Familias de orden Trichoptera en general fueron las últimas en colonizar las quebradas (Anexo 9).

## 5 DISCUSIÓN

Las comunidades de macroinvertebrados se caracterizan por una elevada diversidad taxonómica (Alonso *et al.* 2005). Esta alta diversidad está influenciada principalmente por la disponibilidad de alimento (Roldán, 1988). En la microcuenca El Carrizal según el índice de Chao se espera encontrar 49 familias de las cuales fueron detectadas 46 (Cuadro 3). Las comunidades de macroinvertebrados de la microcuenca El Carrizal poseen una alta variedad de adaptaciones morfológicas y de comportamiento que les permite poder aprovechar los diferentes recursos tróficos que ofrece su ecosistema fluvial.

La corriente juega un papel muy importante en la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Esto debido a que la corriente se relaciona con las exigencias respiratorias y la deposición de sustratos, que sirven tanto como refugio o fuente de alimento (Hynes, 1970). En las corrientes existe una mayor variedad de microhábitats en las zonas de aguas quietas, debido a la deposición de diversos materiales, tales como ramas, hojas y troncos que dan refugio a gran variedad de grupos de macroinvertebrados acuáticos. Por lo que en general, la presencia de organismos tiende a ser mayor en estos microhábitats que en las piedras (Roldán, 1992). Lo anterior coincide con lo encontrado en la microcuenca El Carrizal, donde la mayor cantidad de individuos se recolectó en el micro-hábitat de la hojarasca (Cuadro 4), ya que estos pueden conseguir además de alimento un refugio contra sus depredadores (Guerrero *et al.* 2003).

Entre otros factores que afectan la estructura y composición de los macroinvertebrados en las corrientes se pueden citar la cantidad de materia orgánica en el sedimento y el oxígeno disuelto (Lampert & Sommer, 2007). En la microcuenca El Carrizal, con excepción de la estación TGU la mayoría del agua tiende a formar pozas y remansos. Lo anterior, puede ocasionar problemas de renovación de la tasa de oxígeno disuelto. No obstante, debido a que en casi todas las estaciones se encontró variedad de familias parece ser que el oxígeno disuelto no es un factor limitante. Sin embargo, es también importante ver que el orden más abundante en la microcuenca es Hemiptera (Figura 2), organismos que no dependen exclusivamente de la respiración hidroneústica, ya que en su mayoría son patinadores (Roldán, 1992). Pero por otro lado, el segundo orden en abundancia en la microcuenca es Trichoptera, que al contrario de Hemiptera, si dependen completamente del oxígeno en el agua para su respiración (Roldán, 1992).

En la curva de acumulación de familias se observa un incremento en el número de éstas añadidas al inventario según aumenta el esfuerzo de muestreo realizado y llega a un punto donde se estabiliza y deja de crecer (Figura 3). Esto se debe a que entre más muestreos se realicen la aparición de familias nuevas decae y la curva tiende a estabilizarse (Brower *et al.* 1997). Lo anterior significa que se tiende a alcanzar el nivel máximo de familias que alberga el área de la microcuenca El Carrizal.

TGU es la estación donde el número de individuos muestreados es mayor (Cuadro 4). Varios factores pueden contribuir a ello, primero es importante mencionar que en ésta estación se realizó un mayor esfuerzo de muestreo. No obstante, también se deben tomar en cuenta factores como lo son la velocidad de la corriente y el sustrato que a la vez interactúan creando una mayor variedad de hábitats para los organismos (Orive & Rallo, 2002). Debido a las características físicas que presenta esta estación, estos dos factores mencionados pueden estar influyendo en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presentes ahí. De hecho, tanto las características físicas de las corrientes como su composición química determinan los grupos de macroinvertebrados que se encuentran en un sitio en particular (Roldán, 1992). De aquí, que existan diferencias en el número de familias encontradas en cada estación, donde de hecho TGU obtuvo un número menor de familias que en las demás estaciones, con excepción de la estación SEC (Cuadro 4), donde el esfuerzo de muestreo fue menor, debido a que es intermitente y estaba sin agua en los primeros muestreos.

La diversidad de macroinvertebrados acuáticos está relacionada con el estado ecológico de las aguas, por lo tanto se dice que en aguas claras y limpias se esperan valores altos de diversidad. Al contrario en aguas turbias y con algún grado de contaminación los valores de diversidad tienden a ser bajos (Roldán, 1992). En términos generales, al analizar la diversidad de macroinvertebrados encontrada en la microcuenca El Carrizal se obtuvo un valor intermedio (Cuadro 5) según las clasificaciones de Wilhm & Dorris y de Staub *et al.* (Segnini, 2003). Lo cual indica que la microcuenca presenta contaminación ligera. Al igual, con respecto a las estaciones se ve un comportamiento similar de los índices (Cuadro 5) con excepción de SEC, debido principalmente a su bajo número de familias. Así por ejemplo, el índice de Dominancia calculado en la microcuenca El Carrizal es relativamente bajo (Cuadro 5), lo que indica que no hay una familia que predomine sobre otras. La misma situación se presenta en las diferentes estaciones, donde SEC presenta la mayor dominancia y la menor riqueza (Cuadro 5). Con respecto a la equidad MTH presenta el valor más alto, lo cual indica una comunidad mejor estructurada. Por el contrario, los valores bajos de los índices en SEC (Cuadro 5) indican que las comunidades de macroinvertebrados que colonizan esta quebrada son menos homogéneas entre sí. Algunos autores mencionan que valores bajos de equidad y diversidad están asociados a algún tipo de perturbación en las corrientes (Roldán, 1992). A pesar de que las estaciones tienen valores semejantes de los índices, la mayoría de estas fueron diferentes entre sí (Cuadro 6) con excepción de TGU – PTE y JTE – PTE. Lo anterior indica que aunque los valores de los índices de diversidad son semejantes, la composición de las familias y su abundancia son diferentes entre la mayoría de las estaciones. Esto se comprueba también a través del índice de Similitud de Sørensen, ya que muestra que las comunidades de macroinvertebrados más semejantes entre sí (JTE y MTH) comparten un 67 % en la estructura de su comunidad, un valor relativamente bajo (Figura 4). Estas dos estaciones comparten cuatro grupos de macroinvertebrados que no están presentes en las demás estaciones (Collembola, Leptophlebiidae, Psephenidae y Staphylinidae). Lo anterior debe estar influyendo la agrupación de estas dos estaciones. Por su parte TGU y PTE comparten una familia (Hebridae: Hemiptera) que no está en las otras estaciones. La comunidad más disímil a las demás es SEC la cual es separada del resto (Figura 4). Esto se debe a que algunas de las familias que colonizan esta quebrada intermitente, como Lestidae, Simuliidae y Polycentropodidae se encuentran en muy baja proporción en las

demás quebradas. Adicionalmente, también en algunas de las estaciones no están presentes, debido principalmente a las condiciones que brinda el ecosistema léntico característico de esta quebrada intermitente de aguas encharcadas (Roldán, 1992).

Aunque los valores de los índices de diversidad indican que en general las aguas de la microcuenca El Carrizal están ligeramente contaminadas, el índice biótico BMWP, calculado para la microcuenca indica que la calidad de las aguas es buena (Cuadro 5). Según Roldán (1988) la determinación de la calidad del agua está en relación a la proporción y abundancia en que los grupos se encuentren representados en la comunidad. Para la microcuenca, el valor del BMWP de acuerdo con la clasificación de Leiva (2004) corresponde a la clase I<sub>(b)</sub>, o sea agua de muy buena calidad (Cuadro 2).

Los ecosistemas fluviales pueden ser particularmente sensibles a la perturbación antrópica (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988). Este tipo de perturbaciones tienden a afectar las formas de vida que albergan las aguas dulces tropicales (Torres *et al.* 2006). Por lo tanto, los organismos que habitan en los cursos de agua deben presentar límites de tolerancia a las diferentes condiciones (Alba-Tercedor, 1996). Esto trae como consecuencia la desaparición de especies poco tolerantes en hábitats alterados, mientras que especies más tolerantes se hacen más abundantes. En la microcuenca El Carrizal se pudo notar como antes del 13 de mayo la cantidad de individuos era mayor sin embargo el número de familias decrece después del 13 de mayo (Cuadro 7). Lo anterior, ocasiona una pérdida de diversidad en el ecosistema. Adicionalmente, se observa que familias como Baetidae, Gerridae y Veliidae aumentan en número (Figura 5), mientras que familias como Dryopidae e Hydropsichidae disminuyen considerablemente su número después del 13 de mayo (Figura 5). La familia Dryopidae por ejemplo, son organismos que prefieren habitar en rocas y troncos poco sumergidos (Roldán, 1988) que son condiciones de hábitats que al parecer no están presentes para favorecer la proliferación de las familias mencionadas anteriormente; sin embargo familias como Gerridae y Veliidae que son patinadores se están viendo beneficiada con las condiciones que se crean en el hábitat después del 13 de mayo ya se muestra un crecimiento vertiginoso de las mismas (Roldán, 1992). Sin embargo, es importante mencionar que otros factores tales como la llegada de la época de lluvias pueden estar afectando la presencia de las familias, debido a que se modifican las condiciones del hábitat. Durante la época de lluvias los macroinvertebrados pueden ser arrastrados hacia otras secciones del cauce, la disponibilidad de alimento y refugio cambia por lo cual con las nuevas condiciones la tendencia cambia (Roldán, 1992).

Con relación a la estructura trófica se espera que el grupo de los fragmentadores sea dominante aguas arriba, los filtradores y raspadores estén en menor proporción y los depredadores se mantengan constantes a lo largo de la corriente (Lampert & Sommer, 2007). En la microcuenca El Carrizal los depredadores fue el grupo en mayor proporción (Figura 6) y en la mayoría de las estaciones (Figura 7) (López, 2008). El grupo de los filtradores fue el menos abundante, no obstante organismos filtradores con algún otro hábito si tienden a ser más comunes (Figura 6 y 7). El concepto del continuo riverino supone una disminución río abajo en el tamaño de las partículas orgánicas, lo cual afecta la composición de especies, (Lampert & Sommer, 2007). No obstante, este concepto parece no aplicarse al presente estudio, ya que en general los grupos tróficos fueron muy

variables en las estaciones muestreadas. Lampert & Sommer (2007) mencionan que el continuo riverino es cierto para sistemas de corrientes en regiones arboladas. La región en estudio, a pesar de estar constituido por bosques, en su mayoría son bosques de pino que aportan menos materia autóctona a los sistemas, razón que puede estar afectando los porcentajes de grupos tróficos en la microcuenca.

La colonización de medios acuáticos debido a su variación temporal por los macroinvertebrados acuáticos parece estar determinada por las condiciones abióticas imperantes durante la primera colonización. Por su parte, los cambios subsecuentes en la estructura de la comunidad parecen estar fuertemente influenciados por las interacciones entre los organismos (Velasco *et al.* 1993). En la microcuenca El Carrizal las tres estaciones muestreadas de aguas estacionales fueron colonizadas inicialmente por familias como Veliidae, Notonectidae y Coenagrionidae de hábitos principalmente carnívoros, que pueden estar influyendo en la colonización subsecuente. No obstante, según Velasco *et al.* (1993) una familia determinada sólo se presentará donde y cuando existan las condiciones y los recursos apropiados y sus competidores y depredadores no la eliminen.

## 6 CONCLUSIONES

- De acuerdo al índice de Chao calculado para la microcuenca El Carrizal, se esperaba encontrar 49 familias de macroinvertebrados acuáticos, de las cuales se detectaron 46 constituyendo esto una buena proporción de la diversidad y riqueza esperada.
- El mayor número de familias se encontró en la estación JTE, mientras SEC obtuvo el menor número debido a la escasez de agua en los primeros muestreos por lo cual el esfuerzo de muestreo fue mayor en la primera, siendo esto probablemente la causa de menor diversidad para SEC y constituyéndose así en la comunidad de macroinvertebrados más disímil de la microcuenca.
- En el microhábitat de hojarasca la abundancia de individuos fue mayor que en el micorhábitat de piedra debido a que el primero les proporciona además de alimento, refugio contra los depredadores.
- Según el esquema de clasificación de la calidad del agua con el índice de diversidad ( $H'$ ) la microcuenca presenta contaminación ligera. Lo cual puede estar relacionado con la ubicación de PTE que se encuentra fuera de los límites del Parque y está sometida a cierto grado de perturbación.
- De acuerdo a la clasificación de calidad de agua con el índice BMWP se indica que el agua del Parque Nacional La Tigra corresponde a agua clase I <sub>(b)</sub> de buena calidad, sin embargo esta no es la mejor clase tal como se plantea con el índice de diversidad ( $H'$ ).
- El grupo de los depredadores fue el dominante en la microcuenca El Carrizal no cumpliéndose el concepto de continuo riberino, sin embargo esto se debe a que estos se pueden estar alimentando de otros organismos tales como larvas de peces, renacuajos entre otros.
- Las condiciones que se presentaron luego del 13 mayo favorecieron la proliferación de las familias Veliidae y Gerridae que fueron las más abundantes en la microcuenca
- La construcción de los vertederos puede estar afectando la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados acuáticos, no obstante, otros factores, como la llegada de la época de lluvia pueden estar afectando la presencia de algunas familias debido a que se modifican las condiciones del hábitat.

## 7 RECOMENDACIONES

- Realizar estudios más detallados en varios puntos de la microcuenca para determinar que factores pueden estar afectando la calidad del agua, ya que según el BMWP aunque es agua de muy buena calidad no es la mejor.
- Generar más datos (muestreos) para corroborar la tendencia del efecto de los vertederos o de la época de lluvia en las comunidades de Macroinvertebrados acuáticos.
- Poner esta información a disposición de las organizaciones que manejan el Parque Nacional La Tigra para que se conozcan las características de las comunidades de macroinvertebrados de la microcuenca El Carrizal y se explote para fines científicos y educativos.
- Crear una base de datos para el Centro de Biodiversidad Zamorano con los datos de ésta tesis e incluir otras investigaciones del ámbito de biodiversidad que se hayan realizado en Zamorano.
- Estudiar si existe o no alguna relación entre los microhábitats, la diversidad de familias y alteraciones antrópicas como tomas de aguas que están en la parte superior de las quebradas.
- Investigar como se ve influenciada la colonización y evolución de la composición de las comunidades de Macroinvertebrados acuáticos de quebradas intermitentes antes, después y a lo largo de la época de lluvias.
- Hacer investigaciones de la misma índole en otras áreas protegidas de Honduras, porque hay poca información disponible sobre caracterización de macroinvertebrados acuáticos a nivel del país y de la región centroamericana.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Memorias IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería. no. 2: 203-213

Alba-Tercedor, J. & Sánchez-Ortega A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). Limnética. no. 4: 51-56

Alonso, A. & Camargo, J. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles (en línea). España. Consultado el 25 de sep 2008. Disponible en: [www.revistaecosistemas.net](http://www.revistaecosistemas.net)

Álvarez, S. & Pérez, L. 2007. Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. Tesis de ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras .69 p.

Brooker, J., Zar J. & Von Ende C. 1997. Field and laboratory methods for general ecology. WCB / McGraw-Hill. Boston, E.E.U.U. 273 p.

Carrera, C. & Fierro, K. 2001. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua: Manual de monitoreo. EcoCiencia. Quito, Ecuador. 67 p.

Chamberlain, G. 2005. Benthic invertebrate survey Cusuco National Park, Honduras. Final report for the university of Nottingham / Operation Wallacea Forest Projects, Honduras 2005. 206 p.

Chapman, D. 1996. Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. Chapman Hill. Londres. 626 p.

Comisión Europea. 2008. Convenio sobre la diversidad biológica: Aplicación en la Unión Europea (en línea). Luxemburgo. Consultado el 25 de jun. 2008. Disponible en: <http://ec.europa.eu>

Correa, I. 2000. Desarrollo de un índice biótico para evaluar la calidad ecológica del agua en los ríos de la cuenca alta del río Chama utilizando macroinvertebrados béticos. Tesis de grado de licenciado en biología. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes. Venezuela. 61 p.

Domínguez, L., Goethals, P. & De Pauw, N. 2005. Aspectos del ambiente fisicoquímico del río Chaguana: Un primer paso en el uso de los macroinvertebrados bentónicos en la evaluación de su calidad de agua. *Revista Tecnológica ESPOL*. no. 18: 127-134

Donnelly, T. 1992. The Odonata of central Panama and their position in the neotropical odonate fauna, with a checklist, and descriptions of new species. In *Insects of Panama and Mesoamerica selected studies*. D. Quintero & A. Aiello (eds). University Press. 52-90 p.

Fenoglio, S. 2005. Macroinvertebrados bentónicos y monitoreo biológico en el Neotrópico: una experiencia en Honduras. *Atti del XV° congreso S.It.E.*, Torino. 103 p.

Flint, O.S.jr. 2002. List of the name-bearing neuropterida types in the collection of the national museum of Natural History, Smithsonian Institution, E.E.U.U. *Acta Zool. Acad. Scient. Hung.* no.48: 89-98

Florez, E. 1999. Estructura y composición de una comunidad de arañas (Araneae) en un bosque muy seco tropical de Colombia. *Boletín de Entomología Venezolana*. no.14: 37-51

González, .M. & García, D. 1995. Restauración de ríos y riberas. Fundación Conde del Valle de Salazar, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. España. 319 p.

Guerrero-Bolaño, F., Manjares-Hernández, A. & Núñez-Padilla, N. 2003. Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (Cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana*. no. 8: 43-55

Gutiérrez, J., Riss, W. & Ospina, R. 2006. Bioindicación de la calidad del agua en la sabana de Bogotá – Colombia, mediante la utilización de la lógica difusa neuro-adaptativa como herramienta. *Caldasia*. no. 28: 45-56

Hauer, F. & Lamberte, G. (eds). 1996. *Stream Ecology*. Academic Press, Inc. San Diego, California. 674 p.

Iannacone, J., Mansilla, J. & Ventura, K. 2003. Macroinvertebrados en las lagunas de Puerto Viejo, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*. no. 2: 116-124

Jara, C. 2002. Evaluación de la existencia de insectos bioindicadores de la calidad del agua en zonas rítronicas y potámicas de tres ríos de la zona semiárida de Chile. Tesis para optar al título profesional de biología mención en medio ambiente. Memoria de título entregada a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile. Chile. 30 p.

Lampert, W. & Sommer, U. 2007. *Limnoecology: The ecology of lakes and streams*. 2<sup>da</sup> Ed. Oxford University Street. Nueva York. 324 p.

Leiva, M. 2004 Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en la cuenca del estero Peu Peu Comuna de Lautaro IX región de la Araucanía. Universidad Católica de Temuco, Facultad de ciencias. Temuco. 111 p.

Lenntech 2007a. Agua residual y purificación del aire. Holanda (en línea). Consultado el 31 de Ago 2008. Disponible en: <http://www.lenntech.com>

López, L. 2008. Análisis y valoración de varios índices bióticos mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. Tesis de maestría. Escuela de Biología. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 153 p.

Merritt, R. & Cummins, K. (eds). 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3ª ed. Kendall/Hunt Publishing Company, E.E.U.U. 862 p.

MINAE-SALUD (Ministro de Ambiente y Energía y la Ministra de Salud). 2003. Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales. Propuesta final. Presidencia de la República. Costa Rica. 18 p. (Mimeografiado)

Orive, E. & Rallo, A. 2002. Ríos de Bizkaia. Instituto de Estudios Territoriales de Bizkaia. Estudios Gráficos ZURE, S.A. 258 p.

Pino, W., Mena, D., Mosquera, M., Calcedo, K., Palacios, J., Castro, A. & Guerrero, J. 2003. Diversidad de macroinvertebrados y evaluación de la calidad del agua de la Quebrada La Bendición, Municipio de Quibdó (Chocó, Colombia). Acta Biológica Colombiana. no. 8: 23-30.

PNUMA, 2003. Cambio Climático 2001. Informe de Síntesis del Grupo de Expertos Intergubernamental sobre Cambio Climático. Edición Banco Mundial. Washington. E.E.U.U. 126 p.

Prieto, J. 2004. El agua, sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación. Eco Ediciones, Bogota, D.C. 275 p.

Riss, W., Ospina, R. & Gutiérrez, J. 2002. Una metodología para el cálculo de valores primarios de bioindicación. Acta Biológica Colombiana. no. 7: 29-35

Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia., Bogota, Colombia. 216 p.

Roldán, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 529 p.

Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Colombia. Editorial Universidad de Antioquía. 164 p.

Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Ecotrópicos. no.16: 45-63

- Springer, M. 2006. Clave taxonómica para larvas del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. *Rev. Biología Tropical*. no. 54: 273-286
- Springer, M. & Hanson, P. (eds.). 2008a. Artrópodos de agua dulce de Costa Rica; Volumen I: Insecta. *Rev. Biología Tropical*. (en revisión)
- Springer, M. & Hanson, P. (eds.). 2008b. Artrópodos de agua dulce de Costa Rica; Volumen II: Tardigrada, Hidracarina, Crustácea, Mollusca. *Rev. Biología Tropical*.(en revisión)
- Teillier, S., Prina, A., Alfonso, G. & Luebert, F. 2004. Aporte al conocimiento de la flora de los Andes del suroeste del Departamento de Malargüe, Argentina. (en línea). Consultado en mar 2008. Disponible en: <http://www.chlorischile.cl>
- Tiffer, R. 2005. Análisis de los beneficios ambientales y sociales derivados de la protección de cuencas usando el mecanismo de PSA. Banco Mundial. (en línea). San José. Costa Rica. Consultado el 30 de may 2008. Disponible en [www.unesco.org](http://www.unesco.org)
- Toro, J., Schuster, J.P., Kurosawa, J., Araya, E. & Contreras, M. 2003. Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores río Maipo (Santiago: Chile). Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. Memorias XVI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica. 1-11 p.
- Torres, Y., Roldán G., Asprilla, S. & Rivas, T. S. 2006. Estudio preliminar de algunos aspectos ambientales y ecológicos de las comunidades de peces y macroinvertebrados acuáticos en el Río Tutunendo, Chocó, Colombia. *Rev. Academia Colombiana de Ciencia*. no. 30: 67-76.
- Vannote, R., Minshall G., Cummins K., Sedell Jr. & Cushing C. 1980. The river continuum concept. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*. no. 37: 130-137
- Velasco, J., Millán, A. & Ramírez-Díaz, L. 1993. Colonización y sucesión de nuevos medios acuáticos. I. Composición y estructura de las comunidades de insectos. *Limnética*. no. 9: 73-85.
- Westfall, Jr. M. 1984. Odonata. In: An Introduction to the aquatic insects. *Insects of North America*. Merritt R.W. and Cummins K.W. (eds), Kendall / Hunt Publishing Company VL - Dubuque, Iowa. E.E.U.U. 126-176 p.
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. 3<sup>era</sup> Ed. Printice Hall. Nueva Jersey. 662 p.

## 9 ANEXOS

**Anexo 1.** Número de individuos por estación y hábitos tróficos de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

Estaciones de Muestreo						
Familias	Hábitos Tróficos	TGU	MTH	PTE	JTE	SEC
Acari	Depredadores	0	0	0	1	0
Aeshnidae	Depredadores	8	1	1	0	1
Baetidae	Filtradores y raspadores	2	10	14	1	3
Belostomatidae	Depredadores	1	2	1	16	0
Blaberidae	Fragmentadores	4	1	2	0	0
Calopterygidae	Depredadores	0	7	2	6	0
Chironomidae	Filtradores y depredadores	4	4	1	1	0
Coenagrionidae	Depredadores	20	17	16	31	0
Collembola	Filtradores	0	1	0	1	0
Cordulegastridae	Depredadores	4	0	0	0	0
Corydalidae	Depredadores	0	0	4	0	0
Dixidae	Fragmentadores	0	0	2	1	0
Dryopidae	Fragmentadores y raspadores	50	0	5	2	0
Dystiscidae	Depredadores	16	4	0	1	9
Elmidae	Filtradores y raspadores	0	1	1	0	0
Gelastocoridae	Depredadores	0	0	0	1	0
Gerridae	Depredadores	111	5	7	16	2
Gomphidae	Depredadores	1	4	0	5	0
Hebridae	Depredadores	4	0	1	0	0
Heptageniidae	Filtradores y raspadores	0	3	0	0	0
Hidrobiosidae	Depredadores	2	1	0	0	1
Hydrophilidae	Raspadores y filtradores	19	2	2	7	1
Hydropsychidae	Filtradores y depredadores	113	13	3	37	1
Hydroptilidae	Fragmentadores y filtradores	0	0	1	0	0
Lepidostomatidae	Filtradores	15	0	0	0	0
Leptoceridae	Filtradores	4	0	0	0	0
Leptohiphidae	Filtradores y raspadores	0	0	1	0	0
Leptophlebiidae	Filtradores y raspadores	0	10	0	5	0
Lestidae	Depredadores	0	0	0	1	1
Libellulidae	Depredadores	0	1	2	1	0
Naucoridae	Depredadores	0	0	9	1	0
Notonectidae	Depredadores	10	5	2	4	3
Oligochaeta	Filtradores	1	2	3	0	0
Perlidae	Depredadores	0	5	0	0	0
Philopotamidae	Filtradores	0	1	2	4	0
Planariidae	Depredadores	0	2	0	2	1
Platystycitydae	Depredadores	0	0	0	2	0
Polycentropodidae	Filtradores y depredadores	1	0	0	1	1
Psephenidae	Depredadores	0	8	0	2	0
Pseudothelphusidae	Depredadores	0	2	0	0	0
Ptilodactylidae	Fragmentadores	0	0	3	0	0
Scirtidae	Filtradores y raspadores	18	0	0	1	1
Simuliidae	Filtradores	7	0	2	0	1
Staphylinidae	Fragmentadores	0	4	0	1	0
Tipulidae	Fragmentadores	6	0	5	2	0
Veliidae	Depredadores	160	18	40	70	20

**Anexo 2.** Número de individuos por fecha de muestreo en la estación TGU de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

<b>Estación de Muestreo TGU</b>				
<b>Familia</b>	<b>13-May</b>	<b>28-Jun</b>	<b>28-Jul</b>	<b>31-Jul</b>
Aeshnidae	7	0	0	0
Baetidae	2	0	0	0
Belostomatidae	1	0	0	0
Blaberidae	4	0	0	0
Chironomidae	2	1	1	0
Coenagrionidae	13	7	1	0
Cordulegastridae	2	2	0	0
Dryopidae	50	0	0	0
Dystiscidae	14	2	0	0
Elmidae	0	0	0	0
Gerridae	24	21	14	52
Gomphidae	1	0	0	0
Hebridae	2	2	0	0
Heptageniidae	0	0	0	0
Hidrobiosidae	1	0	1	0
Hydrophilidae	18	1	0	0
Hydropsychidae	65	20	27	1
Lepidostomatidae	15	0	0	0
Leptoceridae	4	0	0	0
Notonectidae	5	3	0	2
Oligochaeta	1	0	0	0
Polycentropodidae	1	0	0	0
Scirtidae	3	13	1	1
Simuliidae	6	0	1	0
Tipulidae	4	2	0	0
Veliidae	76	20	31	33

**Anexo 3.** Número de individuos por fecha de muestreo en la estación MTH de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

<b>Estación de Muestreo MTH</b>				
<b>Familia</b>	<b>13-May</b>	<b>28-Jun</b>	<b>28-Jul</b>	<b>31-Jul</b>
Aeshnidae	0	1	0	0
Baetidae	3	7	0	0
Belostomatidae	0	0	2	0
Blaberidae	0	0	0	1
Calopterygidae	0	0	7	0
Chironomidae	0	3	1	0
Coenagrionidae	5	3	7	2
Collembola	0	0	0	1
Dystiscidae	3	0	1	0
Elmidae	0	0	1	0
Gerridae	0	3	0	2
Gomphidae	1	3	0	0
Hidrobiosidae	0	0	1	0
Heptageniidae	2	1	0	0
Hydrophilidae	2	0	0	0
Hydropsychidae	2	4	7	0
Leptophlebiidae	0	3	2	5
Libellulidae	0	0	1	0
Notonectidae	1	1	0	3
Oligochaeta	0	0	0	2
Perlidae	3	1	1	0
Philopotamidae	0	0	1	0
Planariidae	0	0	2	0
Pseudothelphusidae	0	0	1	1
Psephenidae	2	6	0	0
Staphylinidae	3	0	1	0
Veliidae	3	0	7	8

**Anexo 4.** Número de individuos por fecha de muestreo en la estación PTE de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

<b>Estación de Muestreo PTE</b>				
<b>Familia</b>	<b>13-May</b>	<b>28-Jun</b>	<b>28-Jul</b>	<b>31-Jul</b>
Aeshnidae	0	0	1	0
Baetidae	4	10	0	0
Belostomatidae	1	0	0	0
Blaberidae	0	1	0	1
Calopterygidae	0	0	1	1
Chironomidae	0	0	1	0
Coenagrionidae	11	2	3	0
Corydalidae	4	0	0	0
Dixidae	2	0	0	0
Dryopidae	4	1	0	0
Elmidae	0	1	0	0
Gerridae	1	1	3	2
Hebridae	0	1	0	0
Hydrophilidae	2	1	0	0
Hydropsychidae	0	1	1	0
Hydroptilidae	0	1	0	0
Leptohyphidae	0	1	0	0
Libellulidae	1	1	0	0
Naucoridae	2	1	2	4
Notonectidae	0	1	0	1
Oligochaeta	0	3	0	0
Philopotamidae	0	2	0	0
Ptilodactylidae	3	0	0	0
Simuliidae	0	1	1	0
Tipulidae	3	0	2	0
Veliidae	6	6	5	23

**Anexo 5.** Número de individuos por fecha de muestreo en la estación JTE de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

<b>Estación de Muestreo JTE</b>				
<b>Familia</b>	<b>13-May</b>	<b>28-Jun</b>	<b>28-Jul</b>	<b>31-Jul</b>
Acari	1	0	0	0
Baetidae	0	1	0	0
Belostomatidae	11	1	0	4
Calopterygidae	3	0	0	3
Chironomidae	1	0	0	0
Coenagrionidae	22	1	0	8
Collembola	1	0	0	0
Dixidae	0	1	0	0
Dryopidae	2	0	0	0
Dystiscidae	1	0	0	0
Gelastocoridae	1	0	0	0
Gerridae	7	9	0	0
Gomphidae	5	0	0	0
Hydrophilidae	1	1	0	5
Hydropsychidae	28	3	0	6
Leptophlebiidae	3	0	0	2
Lestidae	1	0	0	0
Libellulidae	0	1	0	0
Naucoridae	0	0	0	1
Notonectidae	2	0	0	2
Philopotamidae	3	1	0	0
Planariidae	2	0	0	0
Platystycitydae	2	0	0	0
Polycentropodidae	0	1	0	0
Psephenidae	2	0	0	0
Ptilodactylidae	1	0	0	0
Simuliidae	0	0	0	1
Tipulidae	2	0	0	0
Veliidae	55	13	0	2

**Anexo 6.** Número de individuos por fecha de muestreo en la estación SEC de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008.

<b>Estación de Muestreo SEC</b>			
<b>Familia</b>	<b>28-Jun</b>	<b>28-Jul</b>	<b>31-Jul</b>
Veliidae	16	1	3
Aeshnidae	1	0	0
Baetidae	1	1	1
Dystiscidae	0	6	3
Gerridae	2	0	0
Hidrobiosidae	0	0	1
Hydrophilidae	0	1	0
Hydropsychidae	0	0	1
Leptophlebiidae	0	1	0
Notonectidae	1	0	2
Planariidae	0	0	1
Polycentropodidae	0	1	0
Scirtidae	0	0	1
Simuliidae	0	1	0

**Anexo 7.** Tabla de puntuación de contaminación del índice BMWP

<b>Familias</b>	<b>Puntuación</b>
<b>O</b> Polythoridae <b>D</b> Blephariceridae, Athericidae <b>E</b> Heptageniidae <b>P</b> Perlidae <b>T</b> Lepidostomatidae, Odontoceridae, Hydrobiosidae, Ecnomidae	10
<b>E</b> Leptophlebiidae <b>O</b> Cordulegastridae, Corduliidae, Aeshnidae, Perilestidae <b>T</b> Limnephilidae, Calamoceratidae, Leptoceridae, Glossosomatidae <b>B</b> Blaberidae	8
<b>C</b> Ptilodactylidae, Psephenidae, Lutrochidae <b>O</b> Gomphidae, Lestidae, Megapodagrionidae, Protoneuridae, Platystictidae <b>T</b> Philopotamidae <b>Cr</b> Talitridae, Gammaridae	7
<b>O</b> Libellulidae <b>M</b> Corydalidae <b>T</b> Hydroptilidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae <b>E</b> Euthyplociidae, Isonychidae	6
<b>L</b> Pyralidae <b>T</b> Hydropsychidae, Helicopsychidae <b>C</b> Dryopidae, Hydraenidae, Elmidae, Limnichidae <b>E</b> Leptohiphidae, Oligoneuriidae, Polymitarciidae, Baetidae <b>Cr</b> Crustacea <b>Tr</b> Turbellaria	5
<b>C</b> Chrysomelidae, Curculionidae, Haliplidae, Lampyridae, Staphylinidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Scirtidae, Noteridae <b>D</b> Dixidae, Simuliidae, Tipulidae, Dolichopodidae, Empididae, Muscidae, Sciomyzidae, Ceratopogonidae, Stratiomyidae, Tabanidae <b>H</b> Belostomatidae, Corixidae, Naucoridae, Pleidae, Nepidae, Notonectidae <b>O</b> Calopterygidae, Coenagrionidae <b>E</b> Caenidae <b>Hi</b> Hidracarina	4
<b>C</b> Hydrophilidae <b>D</b> Psychodidae	3

<b>Mo</b> Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae <b>A</b> Hirudinea: Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae <b>Cr</b> Asellidae	
<b>D</b> Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae	2
<b>D</b> Syrphidae <b>A</b> Oligochatea (todas las clases)	1

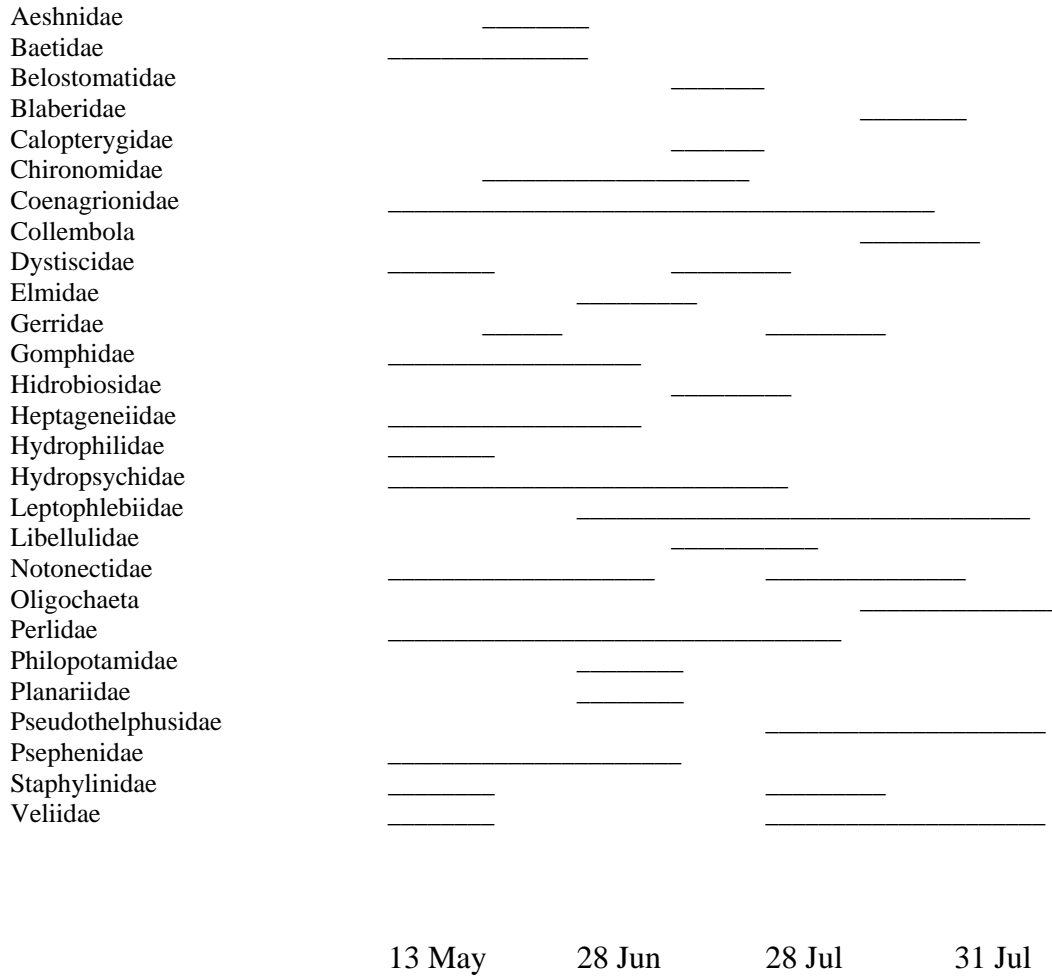
D, Diptera; E, Ephemeroptera; P, Plecoptera; T, Trichoptera; O, Odonata; C, Coleoptera; M, Megaloptera; H, Hemiptera; L, Lepidoptera; B, Blattodea; Tr, Tricladida; Cr, Crustacea; A, Annelida; Mo, Mollusca.

**Fuente:** MINAE-SALUD (2003).

**Anexo 8.** Secuencia de colonización en cada estación intermitente muestreada en la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Honduras, 2008

**MTH**

**Familia**



**JTE****Familia**

Acari	_____			
Baetidae		_____		_____
Belostomatidae	_____	_____		_____
Calopterygidae	_____			_____
Coenagrionidae	_____	_____		_____
Collembola	_____			
Dixidae		_____		_____
Dryopidae	_____			
Dytiscidae	_____			
Gelastocoridae	_____			
Gerridae	_____	_____		_____
Gomphidae	_____			
Hydrophilidae		_____		_____
Hydropsychidae	_____	_____		_____
Leptophlebiidae	_____			
Lestidae	_____			
Libellulidae		_____		_____
Naucoridae				_____
Notonectidae	_____			_____
Philopotamidae	_____	_____		_____
Planariidae	_____			
Platystycitidae	_____			
Polycentropodidae		_____		_____
Psephenidae	_____			
Ptylodactilidae	_____			
Simuliidae				_____
Tipulidae	_____			
Veliidae	_____	_____		_____
	13 May	28 Jun	28 Jul	31 Jul

**SEC****Familia**

Aeshnidae	_____		
Baetidae	_____	_____	
Dystiscidae		_____	
Gerridae	_____		
Hidrobiosidae			_____
Hydropsychidae		_____	
Leptophlebiidae		_____	
Notonectidae	_____		_____
Planariidae			_____
Polycentropodidae		_____	
Scirtidae			_____
Simuliidae		_____	
Veliidae	_____		
	28 Jun	28 Jul	31 Jul