

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**EFFECTO DEL MICROHABITAT GENERADO POR EL SUSTRATO SOBRE LA
ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO
CALIX, BIOTOPO CHOCÓN MACHACAS, LIVINGSTON IZABAL**

Lesvia Teresa Concepción Calderón Tumax

Bióloga

Guatemala, Febrero 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA**

**EFFECTO DEL MICROHABITAT GENERADO POR EL SUSTRATO SOBRE LA
ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO
CALIX, BIOTOPO CHOCÓN MACHACAS, LIVINGSTON IZABAL**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man in a red robe, likely a saint or scholar, surrounded by various symbols including a crown, a lion, a castle, and a cross. The text around the border of the seal includes "ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER-CELESTIAS ORBIS CONSPICUA CAROLINA".

Informe de Tesis

Presentado por

Lesvia Teresa Concepción Calderón Tumax

Para optar al Título de

Bióloga

Guatemala, Febrero 2009

JUNTA DIRECTIVA

| | |
|---|------------|
| Oscar Cóbar Pinto, Ph.D. | Decano |
| Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto | Secretario |
| Licda. Lillian Raquel Irving Antillón, M.A. | Vocal I |
| Licda. Liliana Vides de Urizar | Vocal II |
| Lic. Luis Gálvez Sanchinelli | Vocal III |
| Br. Andrea Alejandra Alvarado Álvarez | Vocal IV |
| Br. Aníbal Rodrigo Servillanos Cambronero | Vocal V |

ACTO QUE DEDICO

A Dios: Por ser mi guía, por ser la luz en mi camino y permitirme llegar hasta aquí.

A Mis Padres: Sergio y Lesvia, por todo su amor, esfuerzo y sacrificio para darme esta oportunidad y por ser unos padres ejemplares.

A mis abuelos: Papá Gabriel Q.E.P.D., Papá Meme Q.E.P.D., Abuelita Chon y Mamá Tere, por su ejemplo y entrega a la vida, por ser hombres y mujeres de bien y demostrar que con amor y esfuerzo se puede salir adelante.

A mis hermanos: Sergio, Rosario, Ziomara y Pahola, por su amor y por ser una de las principales razones de seguir en la lucha

A Kennia, por ser parte de nuestra familia y por regalarnos dos hermosas ilusiones de vida.

A mis sobrinas: Abigail y Mariana, por llenar de luz, de vida y de amor nuestro hogar.

A mis tíos, tías, primos y primas, por su apoyo incondicional y motivación para seguir adelante.

A mis amigos y amigas, por ser parte esencial de todo esto, por compartir sueños, alegrías y tristezas, y por estar siempre ahí ya que sin ellos este camino no hubiera sido tan especial.

Al personal del Biotopo Chocón Machacas, Domingo, Luis Martínez, Mario, Cristóbal, Santos, José, Ricardo, Andrés, Pedro, Rolando y Luis Fernández, por su colaboración, paciencia, esfuerzo, dedicación y entrega al trabajo que realizan, pero sobre todo por ser de mis mejores amigos.

Y a todas aquellas personas que sin necesidad de palabras saben lo importantes que son para mí.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, A la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, en especial a la Escuela de Biología por abrirme sus puertas y permitirme cumplir esta meta

Al Personal Docente de la Escuela de Biología por compartir sus conocimientos y ser parte de la formación de mi carrera.

Al Personal Administrativo de la Escuela por su paciencia, colaboración y muchos de ellos por permitirme conocerlos como amigos.

Al Lic. Luis Villar, Lic. Claudio Méndez, Lic. Jorge García Polo y Ph.D Donald Ray, por su asesoría en esta investigación y principalmente por su cariño y amistad.

Al Centro de Estudios Conservacionistas –CECON-, Biotopo Chocón Machacas principalmente a Oscar Santos y Herberth Reiche por su amistad y por darme la oportunidad de llevar a cabo este estudio.

A los guardarrrecursos del Biotopo, quienes me apoyaron incondicionalmente y sin ellos no hubiera sido posible este estudio.

Al Proyecto JADE, por aportar el financiamiento para el estudio.

Al Ing. Manuel Henry y personal del Parque Nacional Río Dulce que me apoyo en parte de este proceso, en especial a Luis Daniel León, Mainor Arriaza, Jorge Ochaeta, Carlos Aragón, Isabel Che, Omar de León y Gloria Dubón, quienes además son unos amigos incomparables

A Sonia, Flor, Albina, Airam, Vane e Ileana quienes fueron de gran ayuda para realizar el trabajo de campo.

A Jorge García Polo, Donald Ray, Pavel García y Oscar Sacahui, por su apoyo en el transcurso de este estudio con su experiencia y apoyo en el trabajo taxonómico.

A Bessie Oliva y Oswaldo Martínez por darme la oportunidad de trabajar con ellos y apoyarme en la fase de análisis de agua, por compartir su experiencia y conocimientos, por su apoyo incondicional y su amistad sincera.

CONTENIDO

| | | |
|-----|---------------------------------|----|
| 1. | Resumen | 01 |
| 2. | Introducción | 03 |
| 3. | Antecedentes | 05 |
| | 3.1. Área de Estudio | 05 |
| | 3.2. Marco Teórico | |
| | 3.2.1 Cuenca Hidrográfica | 06 |
| | 3.2.2 Monitoreo Biológico | 07 |
| | 3.2.3 Macroinvertebrados | 08 |
| | 3.2.4 Parámetros Fisicoquímicos | 12 |
| 4. | Justificación | 16 |
| 5. | Objetivos | 18 |
| 6. | Hipótesis | 19 |
| 7. | Materiales y Métodos | |
| | 7.1 Materiales y Equipo | 20 |
| | 7.2 Diseño Experimental | 21 |
| | 7.2.1 Primera Fase | 21 |
| | 7.2.2 Segunda Fase | 23 |
| | 7.2.3 Análisis Estadístico | 24 |
| 8. | Resultados | 25 |
| 9. | Discusión de Resultados | 33 |
| 10. | Conclusiones | 37 |
| 11. | Recomendaciones | 38 |
| 12. | Referencias | 39 |
| 13. | Anexos | 42 |

1. RESUMEN

Debido a la importancia de conocer la calidad de agua de los cuerpos acuáticos y al deterioro acelerado a los que son sometidos, en los últimos años se ha venido desarrollando con mayor precisión el monitoreo de los mismos, con indicadores biológicos, dentro de los cuales se han utilizado peces, plantas, plancton y macroinvertebrados, siendo estos últimos dos, los más utilizados.

Para poder utilizar organismos como indicadores biológicos es necesario conocer los factores que afectan su abundancia, distribución y los cambios en su entorno que producen algún cambio en las poblaciones de éstos. Otro factor de gran importancia es estandarizar o adaptar el uso de los indicadores a nuestro país o región en las que van a ser utilizados, debido a que las condiciones en las que han sido estructurados los programas de monitoreo biológico varía considerablemente con las condiciones de otras áreas.

Este estudio se realizó en dos fases, la primera comprendió la evaluación de la cobertura vegetal sobre la calidad del agua, la cual se llevó a cabo en los ríos Calix y Seco, del Biotopo Chocón Machacas y en base a los resultados obtenidos se planteó la hipótesis de este estudio, el cual comprendió la evaluación del efecto del sustrato sobre la abundancia y distribución de macroinvertebrados, ésta fase se llevó a cabo solamente en el río Calix.

En resultados de la primera fase se observó que los organismos no respondían a un patrón generado por la cobertura vegetal y debido a que se tenía control sobre la mayoría de factores que podían afectar la abundancia y distribución de los organismos, pudo observarse que el factor en estudio que variaba era el tipo de sustrato de cada punto de muestreo. En base a estos resultados se planteó la segunda fase, ubicando los puntos de muestreo en base a diferentes tipos de sustrato. El Estudio demostró que el tipo de sustrato influye directamente sobre la

abundancia y distribución de estos organismos, por lo que al utilizar los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua es necesario tener en cuenta el tipo de sustrato a trabajarse, ya que para poder utilizarlos como indicadores biológicos de calidad de agua y no tener un sesgo en los resultados que refleje una falsa condición de calidad de los mismos, que no estaría dado por la calidad del agua sino por las condiciones de microhábitat de los organismos.

2. INTRODUCCION

El Biotopo Chocón Machacas es un área protegida que se encuentra ubicada en el municipio de Livingston, Izabal. Es administrada por la Universidad de San Carlos a través del Centro de Estudios Conservacionistas - CECON-.

Debido a la presencia humana dentro del biotopo y en su zona de influencia, el deterioro ambiental ha ido aumentando considerablemente sobre todo en la parte alta de las cuencas que influyen sobre el biotopo, por lo que se es prioritario realizar un buen manejo del área protegida incluyendo su zona de influencia.

Uno de los principales problemas es el deterioro de los cuerpos acuáticos que se encuentran dentro del área, generándose la necesidad de establecer estrategias de manejo que mitiguen o minimicen los daños causados por el mal uso de los recursos, para lo cual es necesario generar información del estado de los ecosistemas acuáticos y de las causas que han provocado su deterioro, lo cual influye considerablemente sobre la calidad de agua, tanto para consumo humano como para el hábitat utilizado por los organismos que se encuentran en este tipo de ecosistemas.

En el estudio de la calidad del agua tanto para consumo humano como para evaluar la calidad del ecosistema acuático se han utilizado a lo largo del tiempo, principalmente métodos fisicoquímicos, los cuales muestran el estado de la calidad del agua de una forma muy precisa, pero a pesar de ser datos confiables son muy puntuales y pueden variar en un tiempo muy corto, incluso de un día a otro, por lo cual se han intensificado los estudios de la calidad el agua con bioindicadores, estos revelan el estado de un ecosistema acuático y se puede inferir los procesos que han habido en cierto tiempo o el comportamiento que puede seguir el mismo, ésto mediante la presencia o ausencia de ciertos organismos.

Dentro de los grupos mas utilizados como bioindicadores se encuentran los macroinvertebrados, a través de los cuales se puede obtener información sobre la calidad del ecosistema. El uso de macroinvertebrados facilita la evaluación de la calidad del agua y el hábitat de un cuerpo acuático ya que estos se ven afectados por los factores físicos, químicos y biológicos, por lo que muestran efectos por contaminantes a corto y largo plazo.

Con este estudio se pretende aislar el efecto el sustrato sobre la abundancia y distribución de macroinvertebrados para incluirlo en el diseño del protocolo de monitoreo de calidad de agua del BUCM, mediante bioindicadores. Para lo cual se realizó una comparación de la abundancia y riqueza de macroinvertebrados presentes en tres diferentes tipos de sustrato, el área de estudio fue en el río Calix que fluye a través del Biotopo, desembocando en el Golfete, el cual se ha visto sumamente deteriorado por la presencia de comunidades dentro del biotopo y el mal manejo de los recursos en la parte alta de la cuenca principalmente para ganadería y cultivo.

3. ANTECEDENTES

3.1 Área de Estudio

Biotopo Universitario para la Conservación del Manatí Chocón Machacas – BUCM-

Se ubica en el municipio de Livingston departamento de Izabal, fue creado en septiembre de 1980 y adquiere carácter oficial de área protegida con la declaratoria de la Ley de Áreas Protegidas por el Congreso de la República de Guatemala el 14 de Febrero de 1989, según Artículo 89 del Decreto 4-89 "Ley de Áreas Protegidas" y sus Reformas, Decretos 18-89 y 110-96.

Tiene una extensión de 6,245 hectáreas, cuenta con dos ríos y cinco riachuelos. Es un ecosistema acuático con ríos, lagunas y canales; en una zona plana e inundable con pequeñas colinas kársticas. El resto del área la constituyen cerros residuales de topografía quebrada y escarpada con suelos pedregosos producto de la erosión kárstica. Además, el área a la orilla del Golfete y de los ríos, se encuentra en la época lluviosa inundada en forma estacional o permanente, formando los llamados fangos. (Quezada 1991)

La región del Biotopo está situada sobre la subcuenca del Río Chocón, con 262,5 km²; dentro de ésta se localizan tres cuencas de tercer orden formadas por el río Chocón, hacia al nordeste del Biotopo y las otras dos hacia la parte noroeste, compuestas por los ríos menores Black Creek y Calix Creeck. La parte baja de la cuenca es inundable, e igual fenómeno ocurre en las tierras bajas por donde corren los ríos menores.

La temperatura media es de 27 °C, y la precipitación de 2610 mm/año y una evapotranspiración potencial de 0.40. La región presenta un invierno prolongado a partir del mes de mayo y dura hasta el mes de febrero. Las lluvias de los primeros meses son cortas, torrenciales y nocturnas mayormente. (INSIVUMEH 2004 2005).

La época que presenta menor precipitación abarca los meses de febrero a mayo, con temperaturas máximas entre 30 y 35 °C. Las temperaturas mínimas ocurren de diciembre a febrero y bajan hasta los 21 °C. (INSIVUMEH 2004-2005)

Dentro del área del biotopo se encuentran varias comunidades las cuales son: Ensenada Puntarenas, Cáliz y las poblaciones más pequeñas Laguna Salvador, Black Creek, y Cuatro Cayos. (Quezada 1991)

3.2 Marco Teórico

3.2.1 Cuenca Hidrográfica

Desde el punto de vista hidrológico, se define a la cuenca como: el área de terreno sobre la cual toda el agua caída por precipitación, escurre y se concentra en un punto. En otras palabras, una cuenca es un área ocupada por un sistema de drenaje desde el cual las aguas escurren, real o potencialmente, hacia un colector común (punto de control). (Orozco, 2004)

Una cuenca se separa de otra por medio de una línea imaginaria, la cual sigue la línea de mayor elevación entre dos cuencas y se puede trazar fácilmente sobre un mapa con curvas de nivel. Esta línea se le denomina divisoria de agua o parte aguas, ya que desde esta línea, las aguas escurren en sentidos opuestos hacia distintas cuencas. (Nufio, 1982. Nittler 1993)

Se considera que cada cuenca es un formado por agua, el bosque, comunidades humanas, el suelo y estratos geológicos. En el análisis y manejo de cuencas tiene gran importancia la relación directa que existe entre su parte alta y baja, ya que las acciones que el hombre realiza en la parte alta afectan de manera determinante en la parte baja. (Faustino, 1996)

3.2.2 Monitoreo Biológico

Los programas de monitoreo se constituyen en una alternativa para evaluar alteraciones en la estructura de las comunidades y variaciones en su distribución espacio-temporal. El monitoreo puede implementarse en 2 sentidos: a) Observar si un ecosistema afectado por tenses se está deteriorando, o b) Reconocer si medidas para su recuperación están dando resultado.

El objetivo principal del monitoreo es observar periódicamente ecosistemas susceptibles a cambios, por alteraciones de origen natural o antrópico, tanto puntuales como continuos. (Ramírez & Viña, 1998)

A lo largo de un programa de monitoreo pueden requerirse modificaciones tales como; cambios en el número de muestras por estación, inclusión o exclusión de nuevas variables fisicoquímicas, especies o estaciones, estas modificaciones pueden ser necesarias para mejorar la interpretación de los cambios en el ecosistema, para reducir costos, o tan solo porque alguna información resulta carente de interés..

Los factores utilizados para evaluar la calidad del agua son los factores físicos, químicos y biológicos. Aun cuando la contaminación del agua es ante todo un problema biológico, muchos países han dependido esencialmente de parámetros físico-químicos para evaluar la calidad del agua. Para ello, se han desarrollado numerosos métodos e índices que tratan de interpretar la situación real, o grado de alteración de los sistemas acuáticos. Unos se basan exclusivamente en análisis de las condiciones químicas, que si bien “en principio” son de una gran precisión, son testigos de las condiciones instantáneas de las aguas y los efectos de los contaminantes se detectan si son dispuestos en el momento. Es decir: los resultados son puntuales en la dimensión cronológica y no revelan mucho de la evolución de una carga contaminante y la capacidad amortiguadora de los ecosistemas acuáticos.

Como una alternativa a estos procedimientos, desde hace varios años muchos países han generado conocimientos y desarrollo de técnicas de biomonitorio, basado en indicadores biológicos, a través de la evaluación de reacciones e índices de sensibilidad de organismos vivos ante la presencia de sustancias contaminantes en los sistemas acuáticos. Los llamados índices biológicos informan de la situación tanto momentánea como de lo acontecido algún tiempo antes de la toma de muestras, es decir, es como tener información del presente y pasado de lo que está sucediendo en las aguas. La literatura revela que de los organismos acuáticos, los macroinvertebrados, y microalgas son los dos grupos que funcionan como parámetros indicadores, aunque existen ya algunos estudios de plantas acuáticas como bioindicadores. (Ramírez & Viña, 1998)

3.2.3 Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista o todos aquellos organismos que tengan tamaños superiores a 0.5 mm de longitud aproximadamente. Por lo tanto, organismos tales como protozoos, gastrotricos, rotíferos y otros grupos similares no se tienen en cuenta. (Roldan, 1996)

a) *Tipos de hábitat acuáticos*

El hábitat se refiere al lugar específico en que vive un organismo; el nicho, al papel que desempeña en la comunidad. Los hábitats acuáticos son muy variados y a cada uno de ellos corresponde una comunidad determinada. Así por ejemplo, unos viven adheridos a la superficie de rocas, pequeñas piedras, troncos sumergidos o restos de vegetación, otros habitan en las orillas adheridos a la vegetación emergente o sumergida, y algunos viven sobre la superficie del agua, otros se entierran en sustratos arenosos fangosos o pedregosos y unos prefieren corrientes rápidas, en tanto que otros lo hacen en aguas quietas o en remansos de los ríos. La fauna acuática que se encuentra en remansos es muy diferente a las

de las corrientes, así como lo es la de los fondos lodosos, pedregosos o en zonas ribereñas, por ello es básico que cuando se realicen estudios para evaluar la calidad del agua, estos deban considerar todos los posibles hábitats presentes en el área de muestreo.

Los ecosistemas lóticos se refieren a los ríos, quebradas y arroyos donde las corrientes rápidas juegan un papel importante en la distribución de los macroinvertebrados. Los organismos aquí presentes por lo regular tienen adaptaciones corporales como ganchos, ventosas y cuerpos aplanados para resistir la velocidad de la corriente.

Los ecosistemas lénticos son aquellos de aguas quietas o estancadas como lagos, lagunas, embalses y los remansos de los ríos y quebradas se comportan en general como hábitats lénticos dependiendo de la geomorfología del cauce. Estos ecosistemas por lo general presentan abundante vegetación ribereña sumergida lo que ofrece un variado hábitat para gran número de organismos, siendo más frecuentes los hemípteros, odonatos y coleópteros que ciertos dípteros, moluscos y cangrejos. (Roldan, 2003)

Los macroinvertebrados son organismos que presentan diversos rangos de tolerancia a los cambios en la calidad del agua, por lo cual están siendo ampliamente utilizados como indicadores biológicos de contaminación. No es solo un cambio en la estructura de las comunidades lo que indica una perturbación en el ecosistema, sino también el tipo de organismos encontrados. Así por ejemplo la presencia de efemerópteros, tricópteros, plecópteros, megalópteros, odonatos y la mayoría de los coleópteros indican una buena calidad del ecosistema. En cambio un predominio de oligoquetos, hirudineos, dípteros (Chironomidae) y moluscos, indican un fuerte deterioro en el ecosistema. Es importante anotar que no es la presencia de un solo individuo, sino la proporción en que este se encuentre representado en la comunidad, lo que tiene valor en la evaluación de la calidad del agua. (Roldan, 1992)

b) Principales órdenes de macroinvertebrados utilizados en la evaluación de calidad de agua

b.1 Ephemeroptera

El ciclo de vida es casi enteramente acuático, puesto que el adulto solamente vive de 1 a 3 días. Después del apareamiento, que se realiza en vuelo, los huevos fertilizados son liberados al agua o depositados en objetos sumergidos, desarrollándose en un período de tiempo que varía entre unos días y algunas semanas. El crecimiento es relativamente rápido, pasando de crías de tamaño menor de 1mm a ninfas de 2 cm de longitud, en muchas especies, en algunas el estadio de ninfa dura 2 años o más.

En general las efímeras (Ephemeroptera) esta restringidas a las aguas con concentraciones de oxígeno relativamente altas, pero también se hallan ampliamente distribuidas en aguas con moderada carga de materia orgánica. Algunas especies pueden regular los movimientos respiratorios de sus branquias es respuesta a los cambios de concentración de oxígeno. Las ninfas son características de corrientes poco profundas de agua y de áreas litorales lacustres, donde se hallan ampliamente distribuidas. Sin embargo, muchas especies están restringidas a hábitats muy concretos, como las partes inferiores de macrófitos, sedimentos removidos por las olas o en los ríos, las zonas más afectadas por las corrientes, o los sedimentos formados por partículas de tamaño específico. (Wetzel, R.)

b.2 Plecoptera

Las Perlas (plecópteros) son insectos terrestres con estadios ninfales estrictamente acuáticos, y la mayoría se hallan restringidas a las aguas corrientes con concentraciones de oxígeno relativamente altas. Los huevos son liberados en el agua y requieren de 2 a 3 semanas para madurar en algunas especies, y

algunos meses es especies mayores. Los estadios ninfales correspondientes a las mudas, que varían entre 10 y 30, suceden en un período de 1 a 3 años. (Wetzel, R)

b.3 Trichoptera

Las frigáneas o tricópteros generalmente tienen un ciclo vital de un año de duración. Los adultos emergen en los períodos más calurosos del año, de mayo a octubre. Los huevos se liberan bajo el agua, en el sustrato sumergido, y se desarrollan entre una y tres semanas. Muchas larvas frigáneas construyen complicados estuches de protección con partículas de arena, pequeñas piedras, fragmentos de hojas y materiales parecidos, que son específicos según el tipo de sustrato. Algunas construyen en su lugar una red que atrapa los microorganismos y las partículas detríticas que aportan las corrientes de agua. Al cabo de 6 o 7 estadios larvarios se forma la pupa en el interior de un capullo y permanece bajo el agua generalmente sólo durante algunas semanas, después de las cuales la pupa abandona el capullo, se traslada hacia el sustrato aéreo y emerge en forma de adulto volador. (Wetzel, R.)

b.4. Diptera

El grupo más importante de los insectos acuáticos con metamorfosis completa incluye las moscas de agua y mosquitos (dípteros). Los dípteros forman los principales constituyentes de los invertebrados bentónicos de muchos sistemas de aguas quietas y de aguas corrientes, y entre ellos las larvas de Chironomidae son particularmente ubicuas en su distribución. La morfología es muy variable, así como la biología de la reproducción y la respiración de las larvas.

Los dípteros adultos no son acuáticos pero la mayoría de sus ciclos vitales incluyen formas inmaduras dulceacuícolas. El periodo larvario, con 3 o 4 mudas, puede durar desde algunas semanas hasta los 2 años en las distintas especies, muchas de las cuales pasan el invierno en este estado. La mayoría de especies

tienen una sola generación al año, algunas dos, y unas pocas tienen un ciclo vital de dos años de duración. La mayoría de las larvas respiran a través de los tegumentos o por medio de unos “cuernos respiratorios” que también funcionan como reguladores iónicos. Algunas larvas dependen del aire para su respiración y están dotadas de ciertas estructuras adaptativas para obtener aire en la superficie del agua o bien a partir de las lagunas de los tejidos de angiospermas acuáticas y otras poseen un tipo de hemoglobina en sus sangre que funciona eficientemente a bajas concentraciones de oxígeno. Así como también, los quironomidos muestran una gran diversidad de mecanismos de alimentación y los sustratos ingeridos. (Wetzel, R.)

3.2.4 Parámetros Fisicoquímicos

Las evaluaciones fisicoquímicas permiten recopilar información sobre características específicas de la calidad del agua. Generalmente las evaluaciones de calidad de agua que se realizan en agua dulce incluyendo temperatura, oxígeno disuelto, pH, y sólidos depositados, claridad el agua, fósforo, nitrógeno, cloro, sólidos disueltos totales, y muchos otros.

El cambio en los parámetros fisicoquímicos del agua es uno de los principales factores que influirá sobre la abundancia y distribución de macroinvertebrados en un cuerpo acuático.

Se recomienda que se tomen cuatro mediciones esenciales cuando se realiza la evaluación fisicoquímica, temperatura, oxígeno disuelto, pH y sólidos depositados. Fosfatos, nitrógeno y alcalinidad pueden agregarse conforme el interés y el equipo lo permitan.

a) Temperatura

La temperatura influye en muchos aspectos del ecosistema, por ello es un componente vital para la sobrevivencia de los organismos. La temperatura afecta la tasa fotosintética de las plantas, las características reproductivas y alimentación de los organismos acuáticos y sus tasas metabólicas. La temperatura también afecta el nivel de saturación de oxígeno en el agua debido a que los gases se disuelven más rápidamente en agua fría las altas temperaturas pueden reducir la cantidad de oxígeno disponible para los organismos.

b) Potencial de Hidrogeno – pH

El agua está compuesta de iones hidrógeno (H^+) y de hidróxido (OH^-), el pH (*potentia hydrogenii*) indica la concentración de iones hidrógeno en el agua siendo una de las pruebas más comúnmente usadas en análisis de agua ya que el pH regula muchos de los procesos químicos y fisiológicos del sistema. La escala del pH oscila entre 0 y 14, el valor de “7” representa a una solución neutra, un valor menor de 7 indica una solución ácida y un valor mayor de 7 representa una solución básica.

El ámbito del pH para la mayoría de organismos acuáticos es de 5.6 a 8.5 y los niveles normales del pH varían dependiendo de la entrada de minerales al sistema. El agua con un pH ácido puede ser perjudicial para los organismos acuáticos afectando especialmente a los invertebrados y a los embriones de los peces.

c) Oxígeno Disuelto

Los organismos acuáticos requieren de oxígeno para sobrevivir al igual que los animales terrestres. El oxígeno disuelto es considerado el factor ambiental más importante para la sobrevivencia, crecimiento y reproducción de los organismos acuáticos. La temperatura, velocidad del agua y el viento juegan papeles importantes en la cantidad de oxígeno que entra al sistema acuático desde la

atmósfera, así como también es importante tomar en cuenta que el oxígeno se disuelve mejor en el agua fría que en agua cálida y que la aireación del viento, y la turbulencia puede incrementar la distribución del oxígeno a lo largo del sistema.

Los organismos tienden a incrementar su actividad metabólica en aguas cálidas, requiriendo de más oxígeno para mantener su metabolismo. Por eso niveles bajos críticos de oxígeno ocurren a menudo durante los meses cálidos de verano.

d) Nitrógeno – N

A pesar que el nitrógeno es muy abundante en la naturaleza, muy pocos organismos pueden usarlo o fijarlo en esta forma libre (excepto por algunas bacterias y algas verdeazules, o Cyanophyta) el resto de organismos obtienen N a través de compuestos como amonio (NH_4^+), nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-). El N en forma de amonio es encontrado en el excremento de los animales y otros desechos, se transforman en nitratos a través de la descomposición orgánica.

e) Nitratos

Las altas tasas de nitrificación del suelo producen altas concentraciones de nitrato, puesto que es soluble se filtra hacia las quebradas junto con las partículas de suelo cuando llueve. Entre las fuentes antropogénicas de nitritos y nitratos más importantes se encuentran las descargas de aguas negras sin tratar, sistemas sépticos que funcionan mal y escorrentía de operaciones pecuarias.

f) Amonio

El amonio es producido por las excretas de los organismos acuáticos, por la descomposición de materias fecales y por la hidrólisis de la urea. Cuando las plantas o los organismos mueren las bacterias rompen las grandes moléculas de proteína y forman amonio. Una fuente artificial de amonio son los fertilizantes.

El amonio se presenta normalmente en los sistemas acuáticos en bajas concentraciones, sin embargo la adición de grandes cantidades de materia en descomposición puede elevar el nivel de amonio en la quebrada. Concentraciones mayores a 0.25 mg/l pueden afectar el crecimiento de los peces u otros organismos. Concentraciones mayores a 0.5 mg/l son consideradas letales para el sistema.

g) Fósforo

El fósforo es encontrado en las quebradas y los ríos en formas de fosfatos *es un nutrimento esencial para el crecimiento de las plantas y para las reacciones metabólicas en plantas y animales*. El fosfato libre es rápidamente utilizado por algas y las plantas acuáticas o se une con las partículas del suelo, aluminio etc. Y no puede ser utilizado excepto por plantas arraigadas al sedimento. Por consiguiente, el fosfato es a menudo catalogado como un factor limitante para el crecimiento de organismos en el sistema acuático.

El fosfato ha sido catalogado como un factor limitante en el crecimiento de los organismos en los sistemas acuáticos, normalmente es encontrado en concentraciones bajas (menos de 0.1 mg/L)

Las fuertes precipitaciones o la limpieza de vegetación para pasto pueden resultar en un incremento en los niveles de fosfato. Mientras el suelo se erosiona y es lavado hacia la quebrada ésta transporta ortofosfato el cual va adherido a las partículas del suelo aumentando así la concentración de fosfato en la quebrada. Actividades de construcción mezclan los sedimentos del fondo liberando el fosfato que estuvo anteriormente atrapado en el sedimento resultando es un incremento en los niveles del mismo. Fuentes antropogénicas normalmente consisten en desechos animales, humanos e industriales.

4. JUSTIFICACIÓN

El Biotopo Chocón Machacas se encuentra en la parte baja de las microcuencas de seis ríos que fluyen a través de éste, para desembocar en El Golfete. Es de gran importancia tomar en cuenta que en la parte alta de estas microcuencas no existe un manejo adecuado de los recursos, la protección del Biotopo como un área aislada no es suficiente ya que los factores que causan deterioro en la parte alta de las microcuencas fluirán hacia el biotopo, principalmente debido a que en un cuerpo acuático no puede dividirse junto con una línea terrestre delimitada como área protegida.

La alteración antropocéntrica de los hábitats terrestres, principalmente la deforestación, no solo afecta a los organismos terrestres sino también a los de ecosistemas acuáticos. La pérdida de vegetación altera principalmente la evapotranspiración e infiltración del área de captación, afectando en gran medida el hábitat de los ecosistemas acuáticos ya que esto provoca una mayor erosión de la zona y por lo tanto mayor arrastre de sedimentos a los cuerpos de agua, por lo cual se modifican las características de los sustratos de los cuerpos de agua como las del agua en sí. (Sponseller et al, 2001).

Debido al deterioro de las microcuencas que fluyen a través del biotopo, principalmente en la parte alta, es necesario proponer estrategias de manejo que minimicen daños en los cuerpos de agua, los cuales se han visto sumamente afectados por el mal uso de los recursos.

En algunos países se ha incorporado el biomonitoreo de cuerpos de agua, como eficaz herramienta en la gestión ambiental, siendo éstos una alternativa con ventajas como menor inversión económica en su desarrollo y a diferencia de la evaluación química que refleja las condiciones puntuales en que fue tomada la muestra, los organismos informan además la situación pasada del cuerpo de agua

y cómo ha ido cambiando gradualmente el ecosistema acuático, debido a que estos organismos son extremadamente sensibles a perturbaciones y muestran una respuesta inmediata ante un determinado impacto. Como bioindicadores, han sido utilizados varios organismos pero los más utilizados han sido microalgas, peces y macroinvertebrados (Toro, 2003).

Debido a la importancia de conocer la calidad del agua de los cuerpos acuáticos presentes en el Biotopo y a la vez la calidad el hábitat de éstos, para obtener datos que reflejen la importancia de realizar un buen uso de los recursos, es necesario estandarizar el uso de indicadores biológicos en esta zona previo a su implementación. Dado lo anterior, es necesario conocer los factores que influyen directamente sobre distribución y abundancia de los organismos tanto a una macro como a una microescala para que éstos no generen un sesgo en los factores que se desee evaluar y la influencia que ejercen sobre los ecosistemas acuáticos.

Con este estudio se pretende generar datos del sustrato de los cuerpos de agua sobre la distribución y abundancia de estos organismos. Con los datos obtenidos se espera hacer un aporte al diseño del programa de monitoreo para que posteriormente pueda establecer una línea base de la calidad del agua de los sistemas acuícolas presentes en esta región y poder detectar cambios significativo en la calidad de éstos.

5. OBJETIVOS

5.1 *Objetivo General*

Evaluar los posibles factores que influyen sobre la abundancia y distribución de los macroinvertebrados en cuerpos de agua del BUCM.

5.2 *Objetivos Específicos*

- 5.2.1 Determinar los posibles factores de mayor y menor escala que influyen sobre la abundancia y distribución de macroinvertebrados.
- 5.2.2 Conocer la influencia de los diferentes microhábitats generados por el tipo de sustrato que los componen, sobre la abundancia y distribución de los macroinvertebrados en el Río Cáliz.
- 5.2.3 Evaluar la potencialidad del uso de los macroinvertebrados estudiados, como indicadores de la calidad del agua en el Biotopo Chocón Machacas,

6. HIPÓTESIS

El micro-hábitat generado por el tipo de sustrato en los cuerpos de agua del área es uno de los factores principales que afecta la abundancia y distribución de los macroinvertebrados.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1 MATERIALES Y EQUIPO

- Red en D
- Bandejas
- Bolsas de cierre hermético
- Alcohol etílico 95%
- Estereoscopio
- Cajas de Petri
- Vidrios de Reloj
- Pinzas
- Agujas de disección
- Glicerina
- Frascos de 100 ml
- Vacutainer 5 ml
- Papel 100% algodón (para libreta de campo)
- Marcador indeleble
- Lápiz
- Cinta métrica
- Recipientes 1 litro
- H₂SO₄ concentrado
- HCl 1%
- Jabón no fosfatado
- Agua Destilada
- Equipo Multiparamétrico
- Colorímetro
- Reactivos para análisis Químicos
- Claves para macroinvertebrados

7.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Este estudio comprende dos fases para evaluar los factores de mayor escala que se infiere pueden afectar los factores de menor escala que influyen directamente sobre la abundancia y distribución de los macroinvertebrados

7.2.1 Primera Fase

a. Evaluación y Clasificación de Paisaje y Cobertura

Se efectuó una evaluación del área para realizar la selección de sitios, para lo cual se utilizaron fotografías aéreas y mapas a escala 1:50000, dentro de los cuales se utilizó el de red de drenaje y cobertura forestal, utilizando como referencia la zona que delimitan las microcuencas que influyen sobre el Biotopo.

Después de realizar verificación de campo, por medio de la identificación y delimitación de los diferentes usos que se le dan a la tierra en el área de ambas cuencas, se estableció el área de interés para el estudio dividiéndola en tres tratamientos: (Anexo 1)

- Tratamiento 1: Zona mixta, con cobertura vegetal y cultivo
- Tratamiento 2: Zona con alto porcentaje de deforestación
- Tratamiento 3: Zona con cobertura vegetal sin perturbación

La zona con cobertura vegetal sin perturbación se utilizó como un punto de referencia de una zona sin mayor perturbación humana, para establecer si se encontraba mayor presencia de organismos sensibles a cambios en la calidad de los ecosistemas acuáticos.

Se establecieron tres réplicas en cada tratamiento, con lo que se esperaba obtener distintos resultados en la calidad del agua de estos lugares según el tipo de cobertura que presentan.

Los resultados de esta fase, reflejan que la abundancia y distribución de macroinvertebrados no presenta una tendencia o patrón directo en base a la cobertura vegetal.

Tamaño de Muestra

Para establecer el número de muestras que debían tomarse con la red en D, se realizó un pre-muestreo en una zona con cobertura vegetal sin perturbación, debido a que teóricamente en esta zona la diversidad de organismos es mayor. Luego se realizó una curva de acumulación de especies para reforzar el resultado obtenido del tamaño de muestra donde se utilizó la fórmula siguiente:

$$n = (\alpha s / d)^2$$

donde: n = número de muestras necesarias

α = valor de t de Student para 95% de confianza

s = desviación estándar de la variable (número de individuos)

d = error absoluto deseado (10%)

Con el análisis realizado en el pre-muestreo se estableció que el número de sub-muestras por cada réplica debía ser 10, siendo un numero representativo y un con un 95% de confiabilidad.

7.2.2 Segunda Fase

b. Evaluación de la influencia del sustrato sobre la distribución y abundancia de macroinvertebrados.

Con los datos obtenidos en la primera fase, se pudo observar que la tendencia en presencia de organismos no se relacionaba con los resultados de los análisis de calidad de agua y con el grado de perturbación de cada punto.

En base a esto se realizó una revisión de los factores que variaban en cada tratamiento, dentro de los cuales se observó que el factor que era totalmente diferente en cada tratamiento era el tipo de sustrato y se estableció un nuevo diseño experimental.

Se eligió el tratamiento número uno de la primera fase, debido a que en éste se observó la mayor abundancia de organismos, para poder utilizar el factor de cobertura vegetal como una constante.

Se establecieron tres tratamientos basados en el porcentaje de componentes del sustrato, de la siguiente forma. (Anexo 2)

- Tratamiento 1
Sustrato con dominancia de rocas y grava
- Tratamiento 2
Sustrato con dominancia de roca
- Tratamiento 3
Sustrato heterogéneo sin dominancia de algún elemento

Se ubicaron los tres puntos de muestreo en base a la composición del sustrato en una sección del río Cáliz la cual presentaba el mismo tipo de cobertura vegetal y con la misma hidrología, para establecer un control de variables que podrían

afectar la distribución y abundancia de macroinvertebrados y que la variable independiente fuera el sustrato.

En cada punto se tomaron solamente los parámetros *in situ* principales, pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad, debido a que los resultados de la primera fase muestran que no existió una variación significativa en los resultados de los análisis de parámetros químicos del agua entre las réplicas de cada tratamiento.

En cada tratamiento se realizaron dos tomas de muestras en época seca, las cuales se utilizaron como réplicas temporales de cada tratamiento, ya que debido a las condiciones del lugar no es posible establecer replicas espaciales. En cada tratamiento se tomaron 10 muestras, con lo cual según pre-muestreos realizados se obtuvo entre el 80 y 100 % de la riqueza total.

7.2.3 Análisis Estadístico

Inicialmente se propuso realizar un análisis de agrupamiento jerárquico, utilizando la riqueza de las especies encontradas en cada tratamiento (Tipo de sustrato), con base a los coeficientes de similitud de Jaccard y Sorensen; pero debido a se obtuvo una diferencia significativa en los datos de cada muestreo, lo cual pudo deberse a la influencia de una fuerte lluvia previa al primer muestreo, el análisis de agrupamiento no reflejo con certeza la influencia de los factores que se están evaluando.

Debido a lo expuesto en el párrafo anterior, para realizar el análisis de resultados se utilizó únicamente estadística descriptiva.

8. RESULTADOS

PRIMERA FASE

Como se puede observar en el anexo número 1, el mayor porcentaje de individuos del orden Díptera se encontró en el tratamiento número 3, el cual corresponde a la zona con cobertura vegetal sin perturbación, pero siendo a la vez el tratamiento con mayor porcentaje de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera,) los cuales se consideran organismos sensibles. También puede hacerse notar que el porcentaje de organismos sensibles en el segundo tratamiento, zona con alto porcentaje de deforestación, fue mayor que durante el primer muestreo, lo cual puede deberse a que el tratamiento número dos, durante el primer muestreo era una zona totalmente deforestada, mientras que este tratamiento durante el segundo muestreo fue ubicado en una zona deforestada, pero que presentaba cobertura de aproximadamente 5 metros o menos desde la ribera del río hacia adentro, lo que podría reflejar, que a pesar de ser una zona deforestada, la mínima cobertura que posee un cuerpo de agua en sus orillas podría mitigar en cierta forma el impacto de la deforestación cercana sobre el cuerpo de agua.

Los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos del agua en cada tratamiento, no reflejan una variación significativa ni una correlación con la presencia de los organismos. (Anexo 3)

SEGUNDA FASE

Tabla No. 1
Número de Órdenes, Familias e Individuos
Por Tratamiento

| | Tratamiento 1 | | | Tratamiento 2 | | | Tratamiento 3 | | |
|-------------------------|---------------|----------|----------|---------------|----------|----------|---------------|----------|----------|
| | Órdenes | Familias | No. Ind. | Órdenes | Familias | No. Ind. | Órdenes | Familias | No. Ind. |
| Primer Muestreo | 8 | 14 | 94 | 5 | 11 | 93 | 7 | 17 | 163 |
| Segundo Muestreo | 8 | 19 | 274 | 4 | 7 | 110 | 6 | 15 | 400 |

Datos Experimentales

Tabla No. 2
Parámetros Físicoquímicos del Agua en cada Tratamiento

| | Primer Muestreo | | | Segundo Muestreo | | |
|-----------------------|-----------------|---------|---------|------------------|---------|---------|
| | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 |
| Temperatura °C | 25.4 | 26.1 | 26 | 25 | 25.7 | 25.7 |
| Ph | 7.97 | 7.85 | 7.88 | 7.93 | 7.86 | 7.82 |
| Oxígeno disuelto mg/L | 6.61 | 6.20 | 6.01 | 6.10 | 5.98 | 6.25 |
| Oxígeno disuelto % | 81.3 | 73.5 | 75.1 | 76.2 | 70.0 | 73.2 |
| Conductividad uS/cm | 265 | 253 | 269 | 230 | 225 | 258 |

Datos Experimentales

Tabla No. 3
Promedios y Desviación Estándar Por Punto de Muestreo

| | Promedios | | | Desviación Estándar | | |
|-----------------------|-----------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
| | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 |
| Temperatura °C | 25.2 | 25.9 | 25.85 | 0.28 | 0.28 | 0.21 |
| Ph | 7.95 | 7.855 | 7.85 | 0.03 | 0.01 | 0.04 |
| Oxígeno disuelto mg/L | 6.355 | 6.09 | 6.13 | 0.36 | 0.16 | 0.17 |
| Oxígeno disuelto % | 78.75 | 71.75 | 74.15 | 3.61 | 2.47 | 1.34 |
| Conductividad uS/cm | 247.5 | 239 | 263.5 | 24.75 | 19.8 | 7.78 |

Datos Experimentales

Figura No. 1
Parámetros Físicoquímicos del Agua
en Cada Tratamiento
Primer Muestreo

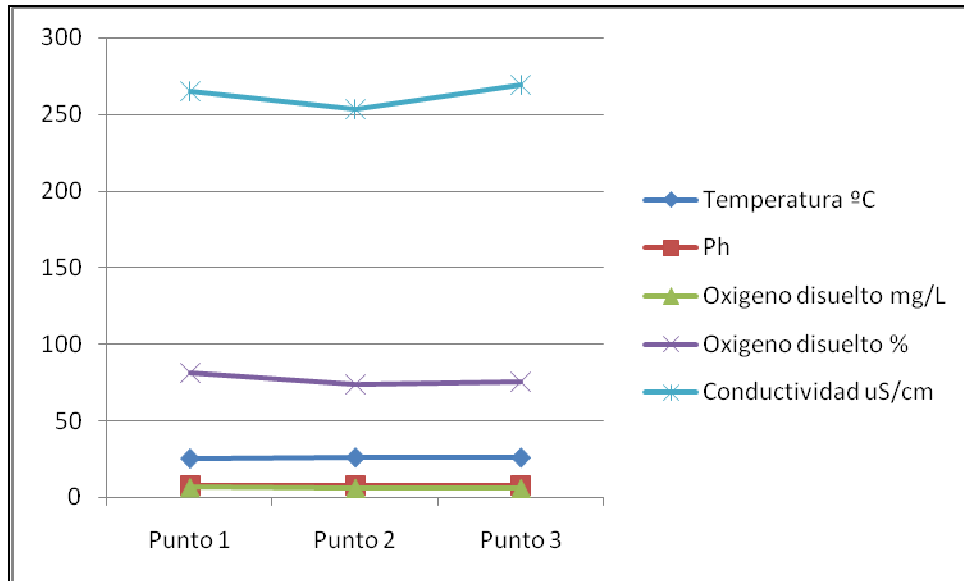


Figura No. 2
Parámetros Físicoquímicos del Agua
en Cada Tratamiento
Segundo Muestreo

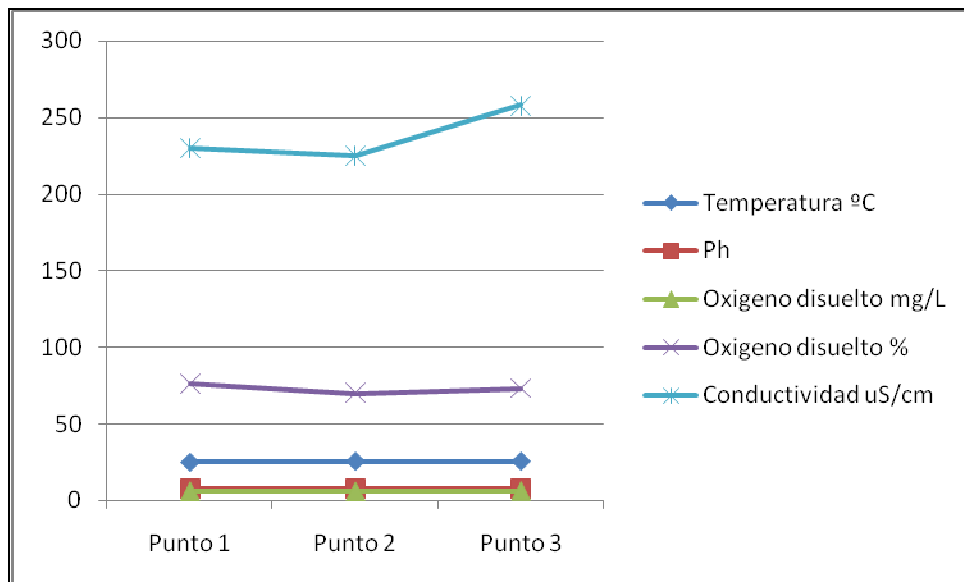


Figura No. 3
No. de individuos colectados por Orden
Tratamiento 1
Primer Muestreo

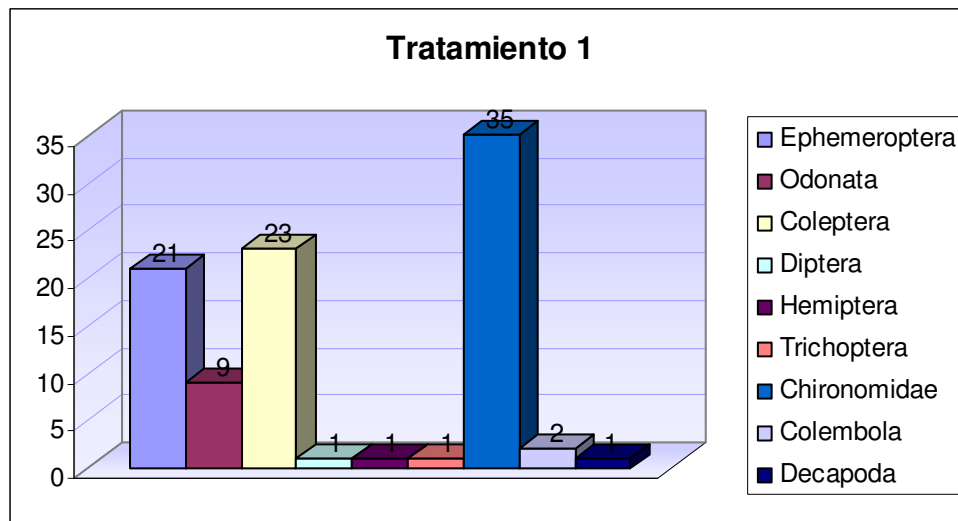


Figura No. 4
No. de individuos colectados por Orden
Tratamiento 2
Primer Muestreo

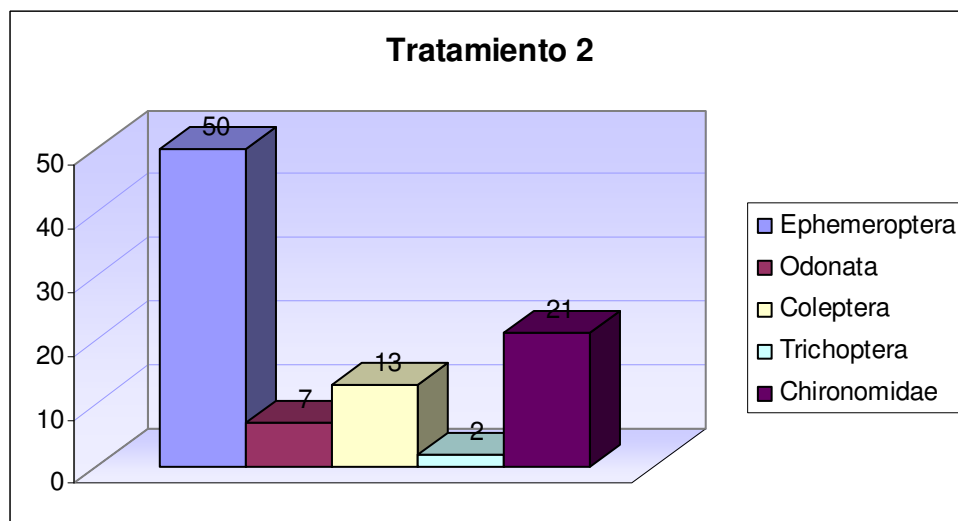


Figura No. 5
No. de individuos colectados por Orden
Tratamiento 3
Primer Muestreo

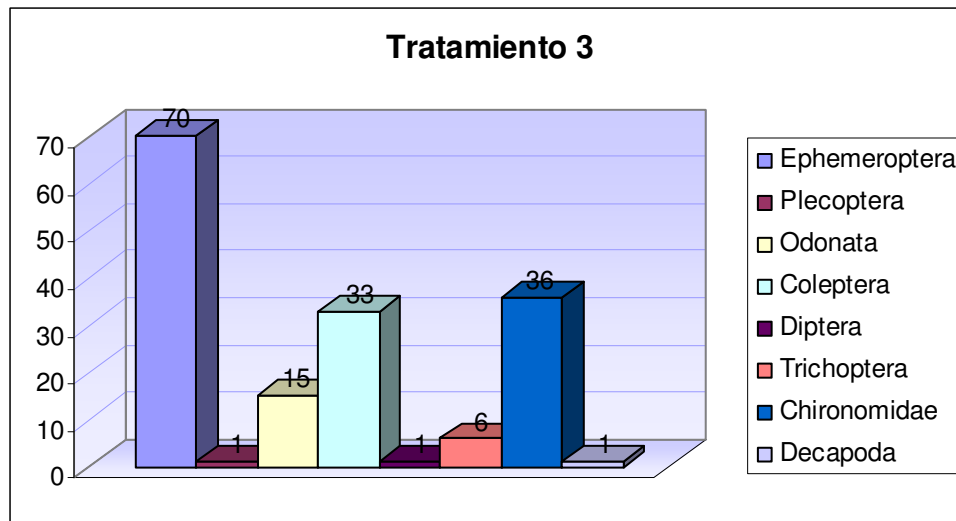


Figura No. 6
No. de individuos colectados por Orden
Tratamiento 1
Segundo Muestreo

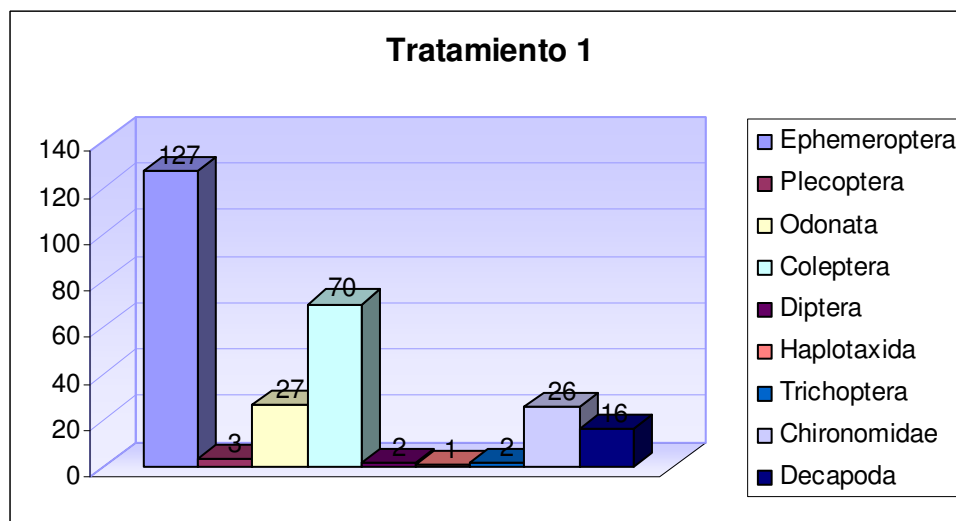


Figura No. 7
No. de individuos colectados por Orden
Tratamiento 2
Segundo Muestreo

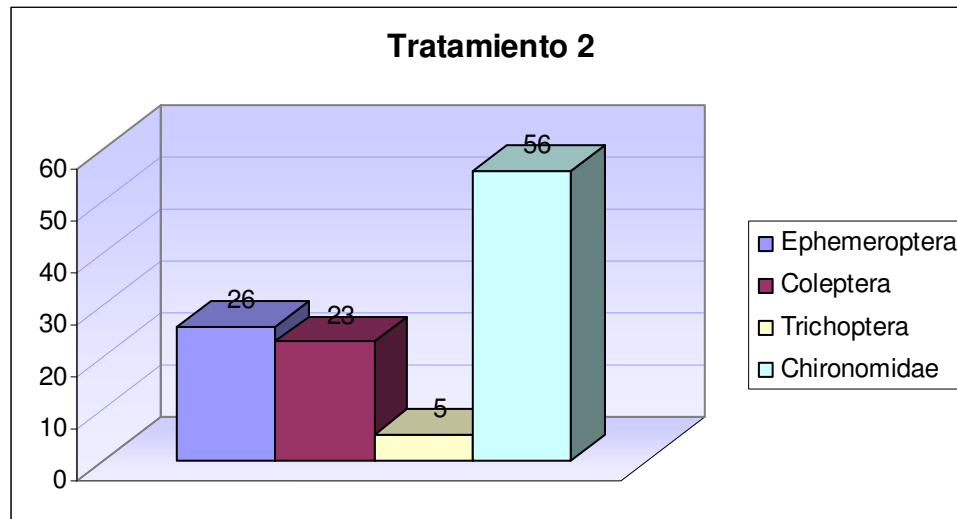


Figura No. 8
No. de individuos colectados por Orden
Tratamiento 3
Segundo Muestreo

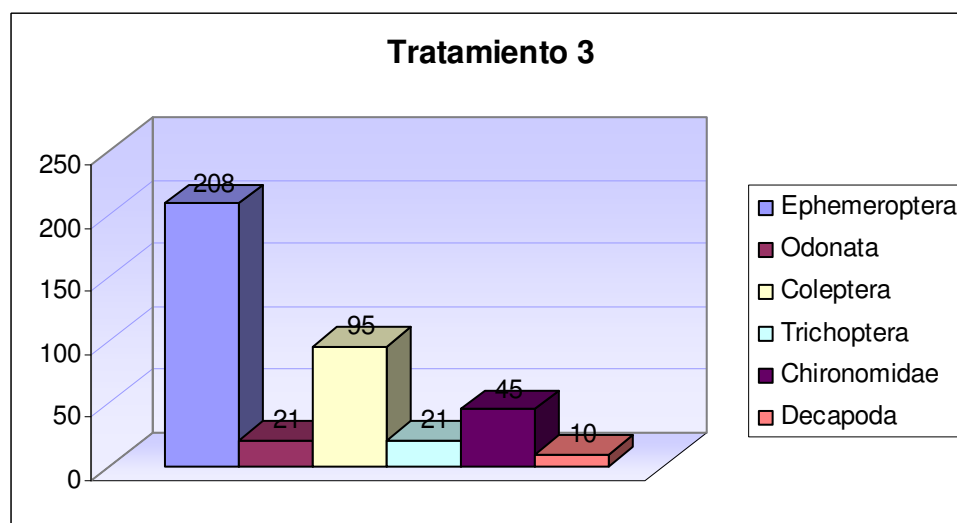


Tabla No. 4
Organismos Tolerantes y Sensibles

| Primer Muestreo | | | |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| ORGANISMOS SENSIBLES | | | |
| | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Tratamiento 3 |
| Ephemeroptera | 22 | 51 | 68 |
| Plecoptera | 0 | 0 | 1 |
| Trichoptera | 1 | 1 | 5 |
| ORGANISMOS TOLERANTES | | | |
| | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Tratamiento 3 |
| Diptera | 36 | 21 | 37 |
| | | | |
| Segundo Muestreo | | | |
| ORGANISMOS SENSIBLES | | | |
| | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Tratamiento 3 |
| Ephemeroptera | 127 | 26 | 208 |
| Plecoptera | 3 | 0 | 0 |
| Trichoptera | 2 | 5 | 21 |
| ORGANISMOS TOLERANTES | | | |
| | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Tratamiento 3 |
| Diptera | 28 | 56 | 45 |

Figura No. 9

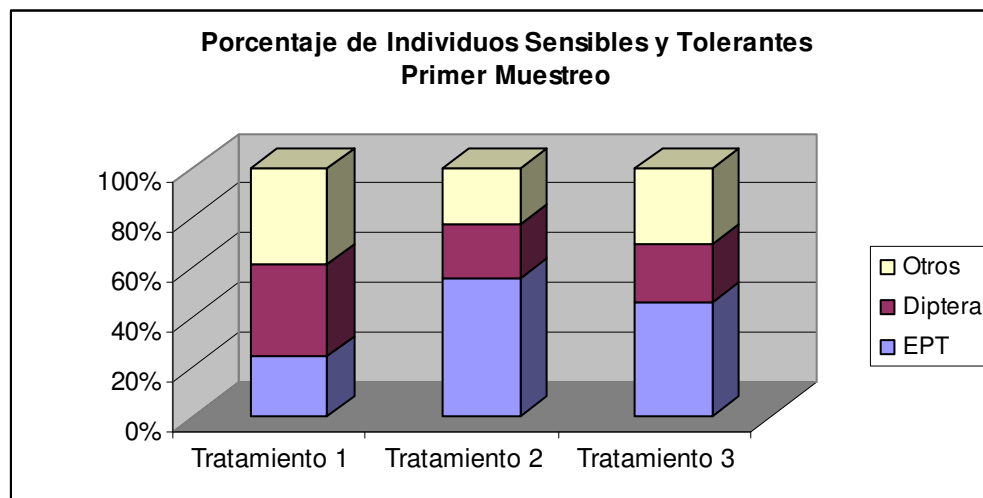
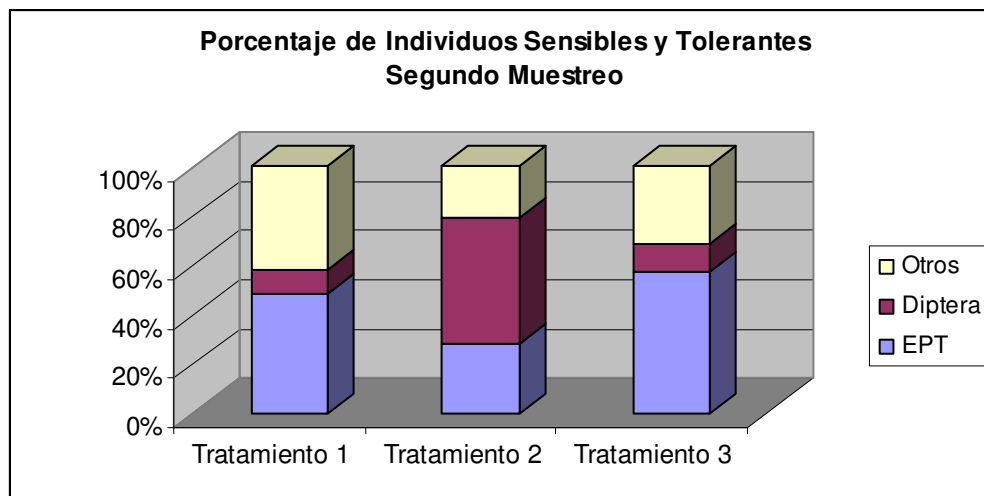


Figura No. 10



9. DISCUSION DE RESULTADOS

Este estudio se realizó durante la época de menor precipitación para tener control sobre esta variable, que es una de las que influye principalmente en la abundancia y distribución de macroinvertebrados, ya que las fuertes lluvias que se presentan en el área ocasionan un aumento considerable en el nivel de los riachuelos.

Se realizaron dos muestreos en los cuales se obtuvo un total de 10 órdenes y 22 familias de macroinvertebrados. (Tabla No. 1).

Como puede observarse en los anexos 13.7 y 13.8, en general los órdenes mayormente representados fueron Ephemeroptera, Coleoptera, Odonata y Díptera, además en el segundo muestreo se encontró alta presencia de Trichoptera.

Dentro de los órdenes arriba mencionados las familias con mayor presencia fueron, Ephemeroptera, dentro del cual la familia más abundante fue Leptophlebiidae; Odonata, la familia Coenagrionidae; Coleoptera, la familia Elmidae; el mayor porcentaje de presencia dentro del orden Díptera, la familia Chironomidae. Debido a la importancia de la familia Chironomidae para los análisis de calidad de agua, por ser una familia con alta tolerancia a los cambios en la calidad de agua, esta se analizó separada de las demás familias del orden al que pertenece.

Como puede observarse en la Tabla No. 1, se obtuvo mayor diversidad de organismos en el tratamiento número 1 seguido del tratamiento número 3, aunque la abundancia fue mayor en el tratamiento número 3, siendo el menos diverso y de menor abundancia el tratamiento 2.

Los resultados obtenidos reflejan que el tipo de sustrato influye directamente sobre la abundancia y distribución de los organismos (Tabla No. 1) La diversidad mayor

de los tratamientos 1 y 3, se debe a que por el tipo de combinación en porcentaje de los elementos que conforman el sustrato de ambos tratamientos permite un mayor número de microhábitat, mientras que en tratamiento 2, al ser mas homogéneo el sustrato, disminuye el número de microhábitat para las especies, lo que genera menor riqueza.

En los tratamientos 1 y 3, debido al tamaño de rocas de pequeño a mediano, se generan mejores condiciones para la colonización de macroinvertebrados, mientras que en el tratamiento número dos, debido al nivel de incrustación de las rocas y a su mayor tamaño se reduce considerablemente el número de nichos que generan las rocas de menor tamaño, siendo principalmente la hojarasca depositada sobre estas la que conforma el hábitat que colonizan los organismos en este tratamiento.

Los valores de los parámetros fisicoquímicos, Tabla No.2, tomados en el lugar al momento de realizar la colecta de las muestras, no varían significativamente como para generar un gradiente o un cambio evidente en las condiciones fisicoquímicas del agua, que afecte la presencia o ausencia de algunos organismos, esto puede observarse en la tabla No. 3, donde la desviación estándar de la mayoría de los parámetros fisicoquímicos es pequeña, lo cual demuestra que no existe un variación significativa entre estos. Además en la primera fase de éste estudio se realizaron análisis no solo *in situ* sino que también análisis químicos en laboratorio (ver anexo 4), los cuales no variaron significativamente en esta área, por lo cual se procedió a tomar solamente parámetros *in situ* para este estudio.

Para obtener datos del efecto del sustrato sobre la distribución y abundancia de macroinvertebrados en cada tratamiento, fue necesario tener control sobre los factores como: cobertura vegetal, hidrología del río, y condiciones fisicoquímicas del agua, por lo que el factor que se midió sobre la distribución y abundancia de organismos es el tipo de sustrato, que no varía en sus componentes si no

solamente en la combinación que generan la presencia de estos elementos en diferentes porcentajes.

Debido al diferente tipo de sustrato puede observarse en las figuras 3 a la 8 que el porcentaje de ordenes es distinto, lo que según el nivel de análisis que se utiliza en varios criterios para la evaluación de calidad de agua, dentro de los mas estandarizados se utiliza los organismos de los ordenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trihoptera como organismos sensibles y los representantes del orden Diptera, principalmente la familia Chironomidae por ser utilizada como una de la familias más tolerantes.

Al utilizar la metodología de organismos tolerantes y sensibles para determinar la calidad de un cuerpo acuático, sin tomar en cuenta el sustrato, como se puede observar en los porcentajes de organismos tolerantes y sensibles en la tabla No. 4 y las figuras No. 9 y 10, los tratamientos 2 y 3 presentan una mejor calidad de agua en comparación con el tratamiento 1 que obtuvo un mayor porcentaje de individuos de la Orden Díptera en el primer muestreo, mientras que durante la segunda toma de muestras el tratamiento número 2 refleja ser el más deteriorado debido a la dominancia del orden Díptera, lo que reflejaría datos falsos sobre los lugares muestreados, debido a que las condiciones de la calidad de agua según los datos fisicoquímicos y el las condiciones del ecosistema no presentan una diferencia significativa al encontrarse los tres tratamientos en una distancia aproximada de 1000 metros, donde no varía significativamente la calidad del agua debido a ser un tramo relativamente pequeño del río, para presentar valores drásticamente distintos entre tratamientos.

Según los resultados obtenidos puede observarse que el tipo de sustrato presente, en los tratamientos 1 y 3 son los que albergan la mayor diversidad de organismos, lo que confirma la hipótesis planteada, ya que el microhábitat generado por el tipo de sustrato en el río Cáliz es uno de los factores principales que afecta la abundancia y distribución de los macroinvertebrados.

La funcionalidad de los macroinvertebrados como indicadores biológicos de calidad de agua se debe a los distintos rangos de tolerancia que posee cada organismo, los órdenes más utilizados como organismos sensibles son Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, esto se debe a que estos órdenes en general están adaptados a cuerpos de agua poco profundos con un alto porcentaje de oxígeno disuelto en el agua.

Los dípteros, principalmente la familia Chironomidae son utilizados como organismos tolerantes, ya que las larvas son, particularmente ubicuas en su distribución, poseen una amplia variedad de adaptaciones para su respiración, por ejemplo algunas larvas poseen un tipo de hemoglobina en sus sangre que funciona eficientemente a bajas concentraciones de oxígeno, lo que les permite un rango muy amplio de distribución, así como también muestran una gran diversidad de mecanismos de alimentación.

Es por esto que los macroinvertebrados tienen un potencial muy grande en determinar cambios en los ecosistemas acuáticos, siempre y cuando se tome en cuenta factores que pueden influir en los resultados obtenidos, por lo cual para ésta zona estudiada si es posible iniciar una línea de monitoreo biológico con macroinvertebrados, principalmente con los órdenes arriba mencionados, y estudiar más a fondo que otros órdenes o familias características del área pueden ser funcionales como indicadores biológicos de la calidad del agua.

10. CONCLUSIONES

- 10.1 El tipo de sustrato es una variable que afecta directamente la distribución y abundancia de macroinvertebrados.
- 10.2 El sustrato con dominancia de rocas es el que alberga la menor diversidad y abundancia de individuos debido a la reducción de microhábitat que este genera.
- 10.3 El sustrato con una combinación de rocas y grava genera un mejor hábitat que el tratamiento con sustrato heterogéneo sin dominancia de algún elemento, debido a que se obtuvo una mayor diversidad de organismos, sin ser esta una diferencia muy grande a comparación con el tratamiento número 2, con dominancia de roca.
- 10.4 Cada componente del sustrato genera un microhábitat diferente para cada tipo de organismos por lo que una combinación más homogénea de compuestos en el sustrato alberga una mayor diversidad de organismos.
- 10.5 La escala taxonómica a la que se analizan los resultados obtenidos puede reflejar diferentes condiciones, por lo que es necesario conocer que escala es la que aporta mayor información en base a los objetivos que se desean alcanzar en una investigación.
- 10.6 Es necesario controlar todos los factores que pueden influir en la distribución y abundancia de macroinvertebrados para utilizarlos como bioindicadores de calidad de agua para no obtener sesgo en los resultados del estudio.

11. RECOMENDACIONES

- 11.1 Realizar estudios más detallados sobre macroinvertebrados como bioindicadores y los factores que influyen directamente sobre su abundancia y distribución.
- 11.2. Con los ordenes Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera y Díptera, puede biológico en el área a una escala general.
- 11.3 Establecer que grupos dentro de los macroinvertebrados, y dentro de los órdenes comúnmente utilizados son los más funcionales como bioindicadores, para realizar estudios a una escala más fina
- 11.4 Obtener los rangos de tolerancia a las condiciones fisicoquímicas del agua, de los grupos de macroinvertebrados presentes en el país.
- 11.5 En estudios de calidad de agua deben tomarse en cuenta otros factores que influyen sobre la abundancia y distribución de los organismos para no obtener los resultados con un porcentaje de error grande.

12. REFERENCIAS

- Barrios, Mercedes et. Al. 2003. Especies de Flora Endémica y Amenazada de la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil y Biotopo Chocón Machacas para la conservación del Manatí, Izabal, Guatemala. Centro de Datos para la Conservación (CDC). Centro de Estudios Conservacionistas (CECON). Universidad de San Carlos de Guatemala. 42 p.
- Krebs, C.J., 1999. Ecological Methodology, 2^a Edicion, Benjamin/Cummings, EUA
- Herrera, I. 1995. Manual de Hidrología. Facultad de Agronomía. USAC. Guatemala. 223 p.
- Oliva, B. & Pérez, J. et al., 2003. Informe Final, Contaminación Físicoquímica y Bacteriológica del Río Dulce y Lago de Izabal. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Dirección General de Investigación.
- Pérez, S. et al, 2001. Caracterización ecológica de los Biotopos Chocón Machacas, Izabal y Cerro Cahuí, Peten. Informe final. CECON. USAC. Guatemala.
- Ponciano, I. et. al. 1980 Plan Maestro del Biotopo para la Conservación del Manatí "Chocón Machacas". CECON. Guatemala. 89p.
- Protocolos detallados de Monitoreo de Indicadores Biológicos. Programa de Monitoreo de Biodiversidad de Selva. Perú.

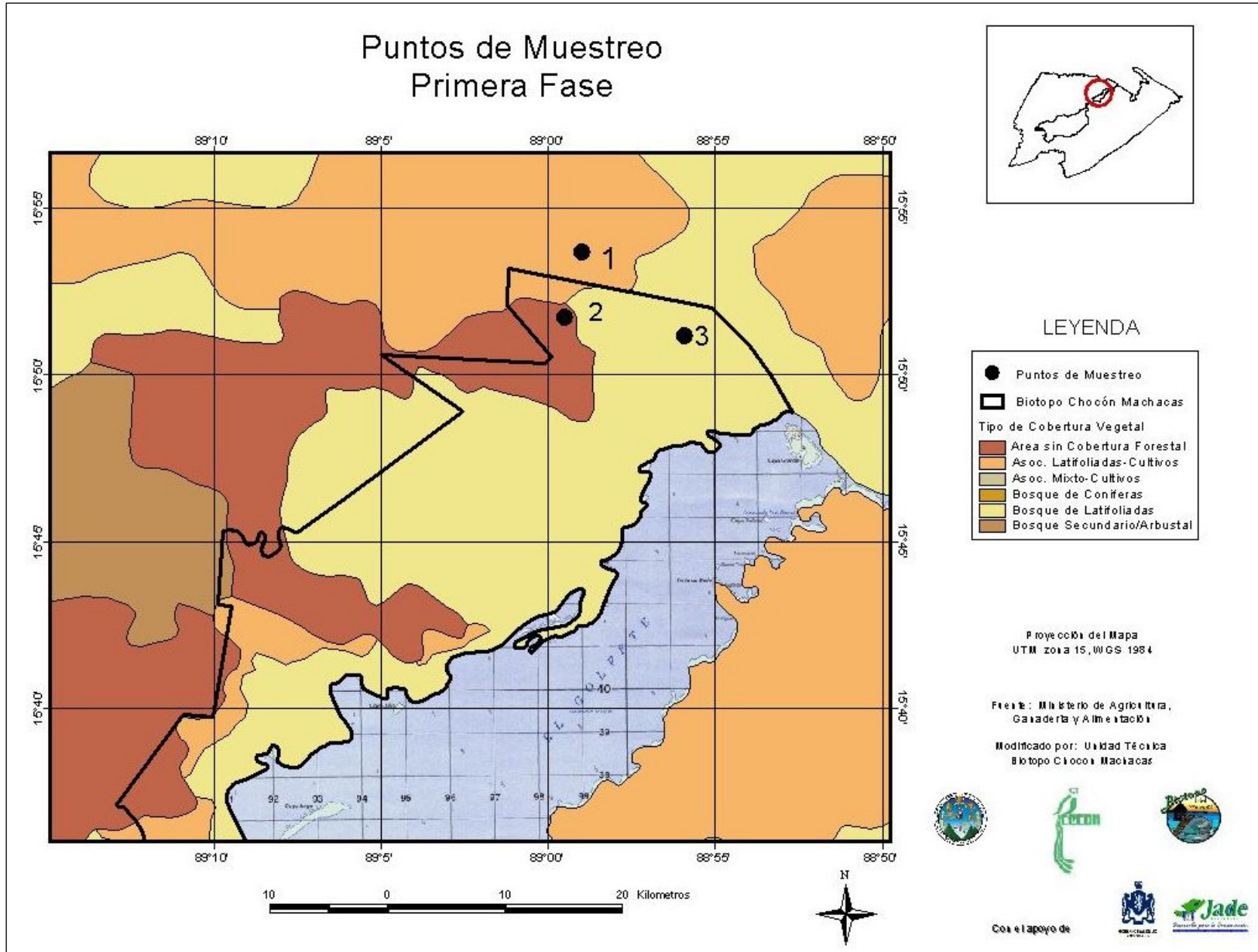
- Quan, C & Morales H, 2004. Borrador Final Plan Maestro 2005-2009 Parque Nacional Río Dulce. Consejo Nacional de Áreas Protegidas – CONAP-. Fondo Nacional para la Conservación –FONACON-
- Quezada, R. 1991. Cuantificación de las masas de corozo (*Orbignia Cohune* (Mart) Dahlgren), y estudio fenológico bajo condiciones del Biotopo Nacional Chocón Machacas, Livingston, Izabal. Informe Final. Escuela Nacional de Agricultura. Guatemala. 62p.
- Ramírez, A. et al. 1998. Limnología Colombiana. Primera Edición. Panamericana, Formas e Impresos, S.A. Colombia.
- Saravia, Pedro, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos hidráulicos. ERIS. Universidad de San Carlos de Guatemala
- Sponseller, R, et al. 2001. Relationships between land use, spatial scale and stream macroinvertebrate communities. Biology Department. Polytechnic Institute y State University, Blacksburg, Virginia, U.S.A.
- Stara, J. et al. 2001. Protocols for sampling macroinvertebrates in wadeable streams, Ministerio de Ambiente. Grupo de Trabajo de Macroinvertebrados de Nueva Zelanda.
- Standard Methods For the examination of water and wastewater, 20 th. Edition 1998. Volumen 2

- Toro, J et al. 2003. Diagnostico de la calidad del Agua en sistemas Lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, Río Maipo. Santiago, Chile
- Vega M y Durant P. 2000. Fenología de Efemerópteros y su relación con la calidad de agua de Río Albarregas, Mérida, Venezuela. Rev. Ecol. Lat. Am. Vol. 7. No. 3.
- Wetzel, R. Limnología. Ediciones Omega S.A. Barcelona.

13. ANEXOS

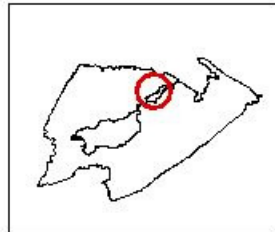
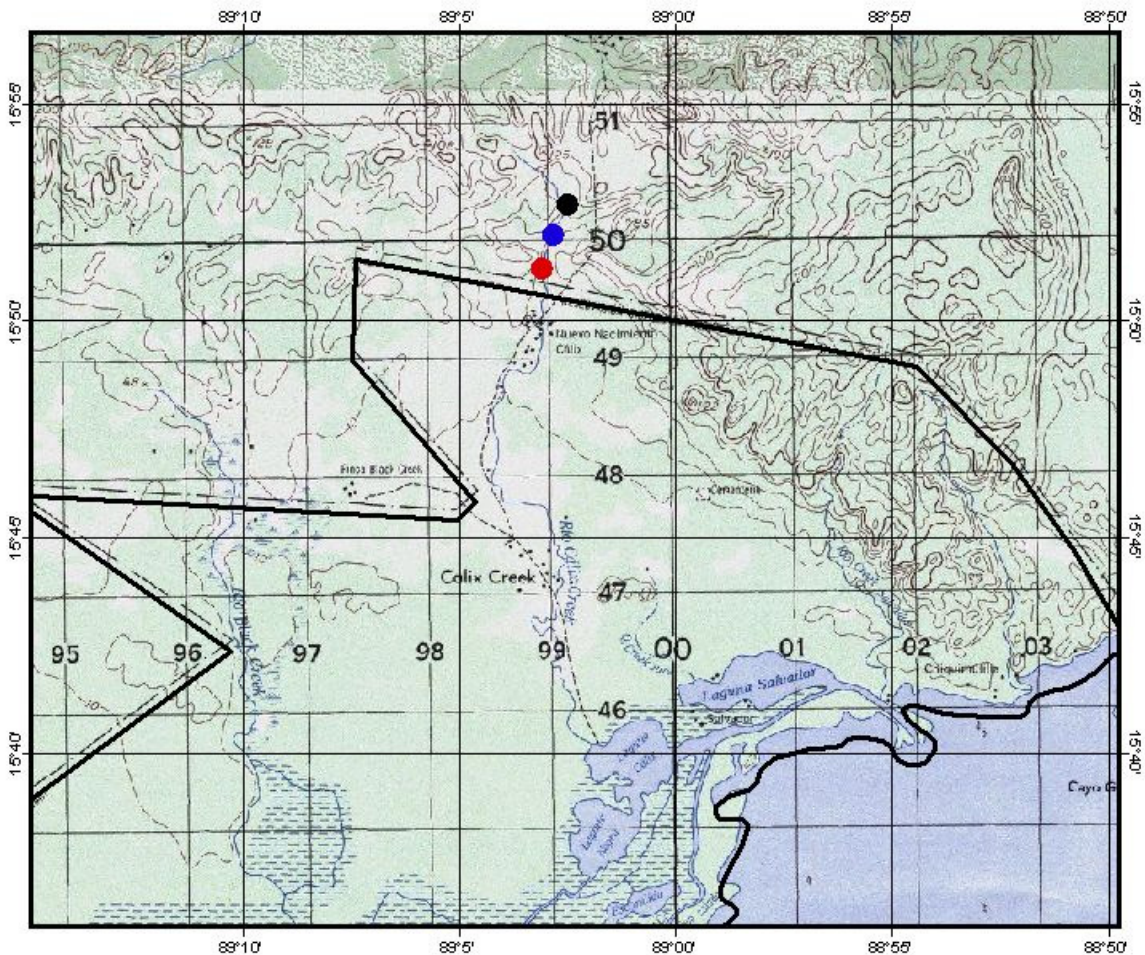
Anexo 1

Puntos de Muestreo
Primera Fase



Anexo 2

Puntos de Muestreo
Segunda Fase



LEYENDA

- Puntos de Muestreo
- Punto 1
- Punto 2
- Punto 3
- ▭ Biotopo Chocón Machacas

Proyección del Mapa
UTM zona 15, WGS 1984

Fuente: Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Alimentación

Modificado por: Unidad Técnica
Biotopo Chocón Machacas



Con el apoyo de



Anexo 3

Familias presentes en cada tratamiento. (Presencia / Ausencia)
Primer Muestreo
PRIMERA FASE

| PHYLUM | CLASE | ORDEN | Familia | T 1 | T2 | T3 |
|------------|-------------|---------------|-----------------|-----|----|----|
| ANNELIDA | OLIGOCHAETA | Haplotaxida | Tubificidae | 1 | 1 | 0 |
| | HIRUDINEA | Sp | Sp | 0 | 1 | 0 |
| ARTHROPODA | INSECTA | Ephemeroptera | Baetidae | 1 | 0 | 1 |
| | | | Leptohyphidae | 1 | 0 | 0 |
| | | | Tricorythidae | 1 | 1 | 1 |
| | | | Leptophlebiidae | 1 | 1 | 1 |
| | | Odonata | Coenagrionidae | 1 | 0 | 1 |
| | | | Gomphidae | 0 | 1 | 0 |
| | | Plecoptera | Perlidae | 1 | 0 | 1 |
| | | Megaloptera | Corydalidae | 1 | 0 | 0 |
| | | Hemiptera | Naucoridae | 1 | 1 | 0 |
| | | | Vellidae | 1 | 0 | 0 |
| | | | Mesovellidae | 0 | 0 | 1 |
| | | | Sp | 0 | 0 | 1 |
| | | Coleoptera | Elmidae | 1 | 0 | 0 |
| | | | Gyrinidae | 0 | 1 | 0 |
| | | | Psephenidae | 1 | 1 | 1 |
| | | | Ptilodactylidae | 0 | 0 | 1 |
| | | Diptera | Chironomidae | 1 | 1 | 1 |
| | | | Tipulidae | 0 | 1 | 0 |
| | | Trichoptera | Leptoceridae | 1 | 0 | 0 |
| | | | Philopotamidae | 0 | 0 | 1 |
| | CRUSTACEA | Decapoda | | 0 | 0 | 1 |
| | | Isopoda | Sp | 0 | 1 | 0 |
| MOLLUSCA | GASTROPODA | sp | sp | 0 | 0 | 1 |

Familias presentes en cada tratamiento. (Presencia / Ausencia)
Segundo Muestreo
PRIMERA FASE

| PHYLUM | CLASE | ORDEN | Familia | T 1 | T2 | T3 |
|------------|-------------|---------------|-----------------|-----|----|----|
| ANNELIDA | OLIGOCHAETA | Haplotaxida | Tubificidae | 1 | 0 | 1 |
| ARTHROPODA | INSECTA | Ephemeroptera | Baetidae | 1 | 1 | 1 |
| | | | Leptohyphidae | 1 | 1 | 1 |
| | | | Tricorythidae | 1 | 1 | 1 |
| | | | Leptophlebiidae | 1 | 1 | 1 |
| | | Odonata | Coenagrionidae | 1 | 1 | 1 |
| | | | Gomphidae | 1 | 1 | 0 |
| | | Plecoptera | Perlidae | 1 | 1 | 1 |
| | | Megaloptera | Corydalidae | 1 | 1 | 1 |
| | | Hemiptera | Naucoridae | 1 | 1 | 0 |
| | | | Vellidae | 1 | 0 | 1 |
| | | Coleoptera | Elmidae | 1 | 1 | 0 |
| | | | Psephenidae | 1 | 1 | 1 |
| | | | Ptilodactylidae | 1 | 1 | 1 |
| | | Diptera | Chironomidae | 1 | 1 | 1 |
| | | | Tipulidae | 1 | 1 | 1 |
| | | Trichoptera | Leptoceridae | 1 | 1 | 0 |
| | | | Philopotamidae | 1 | 1 | 1 |
| | ARACHNOIDEA | Acari | Sp | 1 | 1 | 0 |
| | CRUSTACEA | Decapoda | | 1 | 1 | 1 |
| | | Isopoda | Sp | 0 | 0 | 1 |
| MOLLUSCA | GASTROPODA | sp | sp | 0 | 1 | 1 |

Anexo 4

Anexo 4.1, Tabla No.5
Individuos de cada orden encontrado
Por número de muestra, Primer muestreo

| Tratamiento 1 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| ORDENES | Eph | Ple | Odo | Col | Dip | Hem | Anne | Trich | Chiron | Colem | Dec | |
| Muestra 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Muestra 2 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 15 |
| Muestra 3 | 9 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 20 |
| Muestra 4 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 9 |
| Muestra 5 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 6 |
| Muestra 6 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 8 |
| Muestra 7 | 4 | 0 | 1 | 6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 23 |
| Muestra 8 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 6 |
| Muestra 9 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 |
| Muestra 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| TOTAL | 0 | 0 | 9 | 23 | 1 | 1 | 0 | 1 | 35 | 2 | 1 | 94 |

Anexo 4.2, Tabla No. 6
Individuos de cada orden encontrado
Por número de muestra, Primer muestreo

| Tratamiento 2 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| ORDENES | Eph | Ple | Odo | Col | Dip | Hem | Anne | Trich | Chiron | Hir | Dec | Total |
| Muestra 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| Muestra 2 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 9 |
| Muestra 3 | 14 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 26 |
| Muestra 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Muestra 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Muestra 6 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| Muestra 7 | 5 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 8 |
| Muestra 8 | 13 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 21 |
| Muestra 9 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 6 |
| Muestra 10 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 10 |
| TOTAL | 50 | 0 | 7 | 13 | 0 | 0 | 0 | 2 | 21 | 0 | 0 | 93 |

Anexo 4.3, Tabla No.7
Individuos de cada orden encontrado
Por número de muestra, Primer muestreo

| Tratamiento 3 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|------------|
| ORDENES | Eph | Ple | Odo | Col | Dip | Hem | Anne | Trich | Chiron | Hir | Dec | Total |
| Muestra 1 | 17 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 25 |
| Muestra 2 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 |
| Muestra 3 | 12 | 0 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 26 |
| Muestra 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| Muestra 5 | 10 | 0 | 3 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 28 |
| Muestra 6 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 | 0 | 0 | 17 |
| Muestra 7 | 17 | 0 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 27 |
| Muestra 8 | 1 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 8 |
| Muestra 9 | 8 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 12 |
| Muestra 10 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 0 | 0 | 10 |
| TOTAL | 70 | 1 | 15 | 33 | 1 | 0 | 0 | 6 | 36 | 0 | 1 | 163 |

Anexo 4.4, Tabla No.8
Individuos de cada orden encontrado
Por número de muestra, Segundo muestreo

| Tratamiento 1 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|------------|
| ORDENES | Eph | Ple | Odo | Col | Dip | Hem | Anne | Trich | Chiron | Hir | Dec | Total |
| Muestra 1 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| Muestra 2 | 7 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 15 |
| Muestra 3 | 9 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| Muestra 4 | 10 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 20 |
| Muestra 5 | 11 | 0 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 2 | 30 |
| Muestra 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Muestra 7 | 40 | 0 | 6 | 13 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 5 | 67 |
| Muestra 8 | 23 | 2 | 5 | 26 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 63 |
| Muestra 9 | 4 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 |
| Muestra 10 | 20 | 1 | 8 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 6 | 49 |
| TOTAL | 127 | 3 | 27 | 70 | 2 | 0 | 1 | 2 | 26 | 0 | 16 | 274 |

Anexo 4.5, Tabla No. 9
Individuos de cada orden encontrado
Por número de muestra, Segundo muestreo

| Tratamiento 2 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|------------|
| ORDENES | Eph | Ple | Odo | Col | Dip | Hem | Anne | Trich | Chiron | Hir | Dec | Total |
| Muestra 1 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 12 |
| Muestra 2 | 9 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 3 | 25 | 0 | 0 | 42 |
| Muestra 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 10 |
| Muestra 4 | 7 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 16 |
| Muestra 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 |
| Muestra 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| Muestra 7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| Muestra 8 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 7 |
| Muestra 9 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 9 |
| Muestra 10 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 5 |
| TOTAL | 26 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 5 | 56 | 0 | 0 | 110 |

Anexo 4.6, Tabla No. 10
Individuos de cada orden encontrado
Por número de muestra, Segundo muestreo

| Tratamiento 3 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|------------|
| ORDENES | Eph | Ple | Odo | Col | Dip | Hem | Anne | Trich | Chiron | Hir | Dec | Total |
| Muestra 1 | 42 | 0 | 2 | 16 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 64 |
| Muestra 2 | 8 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 0 | 0 | 25 |
| Muestra 3 | 33 | 0 | 6 | 22 | 0 | 0 | 0 | 4 | 9 | 0 | 0 | 74 |
| Muestra 4 | 13 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 31 |
| Muestra 5 | 31 | 0 | 3 | 10 | 0 | 0 | 0 | 5 | 3 | 0 | 0 | 52 |
| Muestra 6 | 8 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 13 |
| Muestra 7 | 27 | 0 | 2 | 14 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 47 |
| Muestra 8 | 12 | 0 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 0 | 0 | 24 |
| Muestra 9 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 6 | 20 |
| Muestra 10 | 33 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 0 | 4 | 50 |
| TOTAL | 208 | 0 | 21 | 95 | 0 | 0 | 0 | 21 | 45 | 0 | 10 | 400 |

Anexo 4.7, Tabla No. 11
Familias Presentes en cada tratamiento
Primer Muestreo

| PHYLUM | CLASE | ORDEN | Familia | T 1 | T2 | T3 |
|------------|-------------|---------------|-------------------|-----------|-----------|------------|
| | | | | | | |
| ANNELIDA | OLIGOCHAETA | Haplotaxida | Tubificidae | 0 | 0 | 0 |
| ARTHROPODA | INSECTA | Ephemeroptera | Baetidae | 0 | 4 | 5 |
| | | | Leptohyphidae | 5 | 13 | 1 |
| | | | Caenidae | 0 | 6 | 4 |
| | | | Leptophlebiidae | 17 | 28 | 58 |
| | | Odonata | Coenagrionidae | 7 | 4 | 10 |
| | | | Gomphidae | 0 | 0 | 2 |
| | | | Libellulidae | 1 | 2 | 1 |
| | | | Lestidae | 1 | 1 | 2 |
| | | | Megapodagrionidae | 0 | 0 | 0 |
| | | Plecoptera | Perlidae | 0 | 0 | 1 |
| | | Hemiptera | Naucoridae | 1 | 0 | 0 |
| | | Coleoptera | Elmidae | 18 | 6 | 22 |
| | | | Psephenidae | 5 | 7 | 10 |
| | | | Ptilodactylidae | 1 | 0 | 0 |
| | | Diptera | Chironomidae | 35 | 21 | 36 |
| | | | Tipulidae | 1 | 0 | 1 |
| | | Trichoptera | Leptoceridae | 0 | 0 | 3 |
| | | | Hydroptilidae | 0 | 0 | 2 |
| | | | Polycentropodidae | 1 | 2 | 1 |
| | | Collembola | sp | 2 | 0 | 0 |
| | CRUSTACEA | Decapoda | Palaemonidae | 1 | 0 | 1 |
| | | TOTAL | | 96 | 94 | 160 |

Anexo 4.8, Tabla No. 12
Familias Presentes en cada tratamiento
Segundo Muestreo

| PHYLUM | CLASE | ORDEN | Familia | T 1 | T2 | T3 |
|------------|-------------|---------------|-------------------|------------|------------|------------|
| | | | | | | |
| ANNELIDA | OLIGOCHAETA | Haplotaxida | Tubificidae | 1 | 0 | 0 |
| ARTHROPODA | INSECTA | Ephemeroptera | Baetidae | 6 | 0 | 7 |
| | | | Leptohyphidae | 13 | 5 | 12 |
| | | | Caenidae | 17 | 4 | 28 |
| | | | Leptophlebiidae | 91 | 17 | 161 |
| | | Odonata | Coenagrionidae | 19 | 0 | 16 |
| | | | Gomphidae | 2 | 0 | 1 |
| | | | Libellulidae | 2 | 0 | 2 |
| | | | Lestidae | 2 | 0 | 2 |
| | | | Megapodagrionidae | 2 | 0 | 0 |
| | | Plecoptera | Perlidae | 3 | 0 | 0 |
| | | Hemiptera | Naucoridae | 0 | 0 | 0 |
| | | Coleoptera | Elmidae | 42 | 18 | 41 |
| | | | Psephenidae | 18 | 5 | 54 |
| | | | Ptilodactylidae | 10 | 0 | 0 |
| | | Diptera | Chironomidae | 26 | 56 | 45 |
| | | | Tipulidae | 2 | 0 | 0 |
| | | Trichoptera | Leptoceridae | 0 | 0 | 2 |
| | | | Hydroptilidae | 2 | 0 | 3 |
| | | | Polycentropodidae | 0 | 5 | 16 |
| | | Collembola | sp | 0 | 0 | 0 |
| | CRUSTACEA | Decapoda | Palaemonidae | 16 | 0 | 10 |
| | | TOTAL | | 274 | 110 | 400 |

Anexo 5

Algunas Familias de Macroinvertebrados Encontradas Durante el Estudio

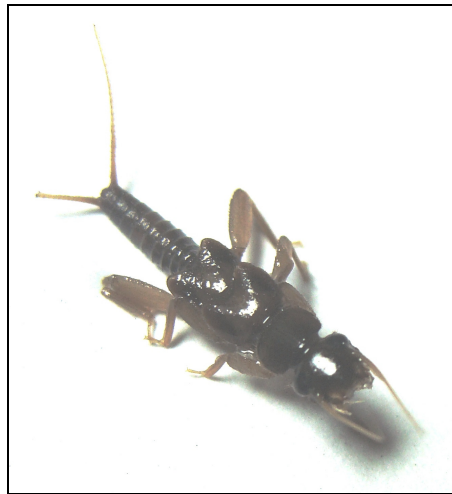
Orden Díptera Familia Tipulidae



Orden Coleoptera Familia Elmidae



**Orden Plecoptera
Familia Perlidae**



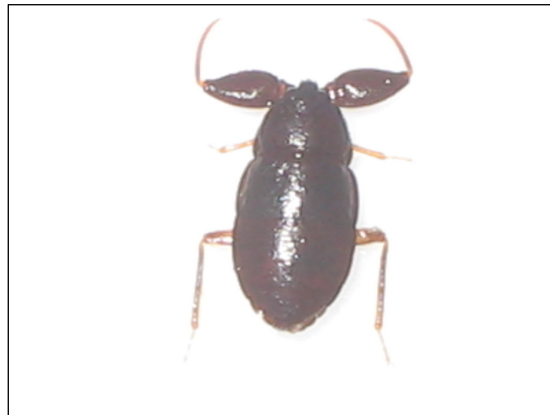
**Orden Ephemeroptera
Familia Leptophlebiidae**



Orden Odonata



Orden Hemiptera
Familia Naucoridae



Lesvia Teresa Concepción Calderón Tumax
Autora

Lic. Luis Villar
Asesor

Lic. Claudio Méndez
Revisor

Licda. Rosalito Barrios
Directora de Escuela

Ph.D Oscar Cóbar
Decano