

**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Macroinvertebrados acuáticos de los esteros Motagua Viejo y Guineo,
Reserva de Vida Silvestre Punta de Manabique, Izabal.**



Presentado por:

T. A. Rodrigo Silva Gavarrete

Para otorgarle el título de

LICENCIADO EN ACUICULTURA

Guatemala, agosto de 2016

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura**

TRABAJO DE GRADUACIÓN



**Macroinvertebrados acuáticos de los esteros Motagua Viejo y Guineo,
Reserva de Vida Silvestre Punta de Manabique, Izabal.**

Presentado por:

T. A. Rodrigo Silva Gavarrete

**Para otorgarle el título de
LICENCIADO EN ACUICULTURA**

Asesor: Dr. Pedro Julio García Chacón

Guatemala, agosto de 2016

CONSEJO DIRECTIVO

Director	M. Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle
Secretaria	M. Sc. Kathya Iturbide Dorman
Representante Docente	M. A. Olga Marina Sánchez Cardona
Representante Docente	M. Sc. Erick Roderico Villagrán Colón
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios, Zootecnistas y Acuicultores	M. Sc. Adrián Mauricio Castro López
Representante Estudiantil	T. A. María Alejandra Paz Velásquez
Representante Estudiantil	Br. Marcos Estuardo Ponciano Nuñez

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

Al Consejo Nacional de Áreas Protegidas.

A la Oficina Regional Punta de Manabique, CONAP.

DEDICATORIA

A Dios

Agradezco y dedico primeramente por ser mi mejor amigo, fortaleza y guía en todo momento, por bendecirme con todo lo que tengo y las personas que me rodean, por estar conmigo siempre y brindarme su amor.

A toda mi familia.

A mis amigos.

A mis maestros.

RESUMEN

Dentro de la presente investigación se tomaron en cuenta los esteros Motagua Viejo y Guineo, realizando una comparación de la influencia que podría tener la desembocadura del río Motagua y su delta, en los ecosistemas antes mencionados y la influencia generada por el continente (aguas residuales especiales según la clasificación del Acuerdo Gubernativo 236-2006) por medio de la bioindicación, utilizando macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua.

Dentro del estudio se realizaron cuatro muestreos en cada cuerpo de agua, tomando en cuenta las condiciones específicas de cada uno (vegetación, dinámica de corrientes y la interacción de aguas marinas) y la época climática. En este período se recolectaron un total de 3,091 organismos, utilizados para determinar la calidad del agua que posee cada cuerpo de agua y su variabilidad en el tiempo según las condiciones climáticas y las influencias de estas a los sistemas estuarinos.

Se utilizó el cálculo de los índices de biodiversidad más comunes para estas evaluaciones de Simpson, Shannon-Wiener, Margalef y Pielou.

Los resultados de la investigación describen que los cuerpos de agua costeros son influenciados por los aportes del río Motagua a la bahía, por medio de las interacciones de barra en época de invierno y también por los afluentes desde el continente, que aportan aguas especiales derivadas de las actividades agropecuarias alrededor de los cuerpos de agua, esta última de mayor impacto hacia los sistemas estuarinos estudiados.

El estero Motagua Viejo presentó abundancia de especies de macroinvertebrados, y, el río Motagua, presentó las condiciones más adversas para el asentamiento de comunidades de macroinvertebrados. Las familias con más representación en los muestreos fueron Noteridae (Coleoptera), Thiaridae (Mollusca) y Crambidae (Lepidoptera), con presencia y dominancia en los esteros Motagua Viejo y Guineo durante el período de monitoreo. El orden con mayor presencia fue el Diptera que dominó en los muestreos conformado por varias familias presentes en el área. En la desembocadura del río Motagua la familia dominante fue la Pachychilidae (Mollusca), único cuerpo de agua donde se encontró esta familia.

ABSTRACT

The present investigation the estuaries Motagua Viejo and Guineo were taken in consideration, realizing a comparison of the influence that might have the mouth of the river Motagua and its delta in such ecosystems and the influence generated by de continent special waters (Governmental agreement 236-2006) by means of the bioindication using macroinvertebrates as indicators of water quality.

The conditions observed during the period of sampling where independent for every water body, although demonstrating the importance that there are interactions of bar and continental waters by means of its tributaries.

As a part of the study four samplings where taken in every water body, including the specific conditions of each one (vegetation, current dynamics and the influence of marine waters) and the climatic season. During the investigation a whole of 3,091 organisms where captured used to determine the water quality of each water body and its changeability in the time according to de climate conditions and the influences on these estuarine systems.

The indexes used for biodiversity evaluations in this study where those according to Simpson, Shannon-Wiener, Margalef and Pielou.

The results of the investigation describe that the coastal water bodies are influenced by the contributions of the Motagua river to the bay by means of the bar interactions in winter season and also by the tributaries from the continent that contribute whit special waters derived from the farming activities, the last one of major impact towards the estuarine systems studied.

The Motagua Viejo estuary presented the highest evaluation in terms of water quality based on macroinvertebrates bioindication and the Motagua River presented the lowest score. The families with more representation were Noteridae (Coleoptera) , Thiaridae (Mollusca) and Crambidae (Lepidoptera) , with presence and dominance in Motagua Viejo and Guineo estuaries during the monitoring period. The order with greater presence was Diptera presenting dominance formed by several families present in the area. At the mouth of the Motagua River, the family Pachychilidae (Mollusca), was the dominant family and the river, the only place that were found within the area of investigation.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1 Calidad del agua	5
3.2 Parámetros físicos, químicos y biológicos	6
3.3 Indicadores biológicos	8
3.4 Estadística de biodiversidad	10
4. OBJETIVOS	12
4.1 Objetivo General	12
4.2 Objetivos Específicos	12
5. METODOLOGÍA	13
5.1 Ubicación geográfica	13
5.1.1 Descripción de los sitios de muestreo	16
5.2 Variables	20
5.3 Diseño	21
5.3.1 Selección de muestra	21
5.3.2 Muestreo	16
5.4 Procedimiento	24
5.4.1 Recolecta de macroinvertebrados acuáticos	25
5.4.2 Identificación de macroinvertebrados acuáticos	26
5.4.3 Toma de muestras de agua y mediciones de parámetros físicoquímicos	27
5.4.4 Localización y clima	28
5.5 Análisis de la información	28
5.5.1 Índice de Diversidad de Simpson	28
5.5.2 Índice de Uniformidad de Shannon-Wiener	29
5.5.3 Índice de Riqueza de Margalef	30
5.5.4 Índice de Equidad de Pielou	31

6.	RESULTADOS	32
6.1	Río Motagua	32
6.1.1	Macroinvertebrados acuáticos	32
6.1.2	Parámetros fisicoquímicos	33
6.2	Estero Motagua Viejo	35
6.2.1	Macroinvertebrados acuáticos	35
6.2.2	Parámetros fisicoquímicos	39
6.3	Estero Guineo	41
6.3.1	Macroinvertebrados acuáticos	41
6.3.2	Parámetros fisicoquímicos	45
6.4	Variabilidad de índices biológicos	47
6.5	Variabilidad de los parámetros de calidad del agua	49
7.	CONCLUSIONES	53
8.	RECOMENDACIONES	54
9.	BIBLIOGRAFÍA	55
10.	ANEXO	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1.	Ubicación del área de estudio	13
Figura No. 2.	Ubicación de las estaciones de muestreo dentro del río Motagua	17
Figura No. 3.	Ubicación de las estaciones de muestreo dentro del estero Motagua Viejo	18
Figura No. 4.	Ubicación de las estaciones de muestreo dentro del estero Guineo	19
Figura No. 5.	Muestras de lodo obtenidas en estaciones de muestreo	25
Figura No. 6.	Limpieza de sustratos e identificación de macroinvertebrados	26
Figura No. 7.	Variables de calidad del agua para el río Motagua por estaciones de muestreo	33
Figura No. 8.	Oxígeno y temperatura del río Motagua por época	34
Figura No. 9.	STD, conductividad y salinidad por época	35
Figura No. 10.	Abundancia relativa de macroinvertebrados en estero Motagua Viejo	37
Figura No. 11.	pH y temperatura en estero Motagua Viejo	39
Figura No. 12.	Conductividad y STD en estero Motagua Viejo	40
Figura No. 13.	Salinidad en estero Motagua Viejo por estaciones de muestreo	41
Figura No. 14.	Abundancia relativa de macroinvertebrados en estero Guineo	44
Figura No. 15.	pH y temperatura en estero Guineo	45
Figura No. 16.	Conductividad y STD en estero Guineo	46
Figura No. 17.	Variables de calidad del agua para estero Guineo por estaciones de muestreo	46
Figura No. 18.	Índices biológicos por época para los cuerpos de agua	47
Figura No. 19.	Número de organismos recolectados por época	48
Figura No. 20.	Fluctuaciones de pH y temperatura (°C) por época	50
Figura No. 21.	Fluctuaciones de oxígeno disuelto (mg/l) y porcentaje de saturación de durante el período de investigación	51
Figura No.22	Fluctuaciones de STD (ppm), conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}^2$) y salinidad (ppm) durante el período de investigación	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1.	Puntos de posicionamiento geográfico de los cuerpos de agua	14
Cuadro No. 2.	Temperaturas ambientales y precipitaciones percibidas durante el período de investigación	15
Cuadro No. 3.	Estaciones de muestreo	16
Cuadro No. 4.	Descripción de variables	21
Cuadro No. 5.	Equipo utilizado durante el muestreo	23
Cuadro No. 6.	Temporalidad de los muestreos en el período de investigación	23
Cuadro No. 7.	Especificaciones de los equipos utilizados para la medición de las variables fisicoquímicas	27
Cuadro No. 8.	Clasificación de la calidad del agua según el índice Shannon-Wiener	30
Cuadro No. 9.	Macroinvertebrados acuáticos en río Motagua	32
Cuadro No. 10.	Cálculos estadísticos y de biodiversidad en río Motagua	33
Cuadro No. 11.	Cálculos estadísticos y de biodiversidad en estero Motagua Viejo	36
Cuadro No. 12.	Riqueza y abundancia de macroinvertebrados en estero Motagua Viejo	38
Cuadro No. 13.	Riqueza y abundancia de macroinvertebrados en estero Guineo	42
Cuadro No. 14.	Cálculos estadísticos y de biodiversidad en estero Guineo	43
Cuadro No. 15.	Varianza de índices Margalef y Shannon-Wiener	48
Cuadro No. 16.	Varianza de índices Simpson y Pielou	49

1. INTRODUCCIÓN

Guatemala se caracteriza por su gran importancia dentro de la región, gracias a sus recursos naturales, dentro de los cuales sobresale el río Motagua, que posee una longitud de 486.55 kilómetros drenando la mayor cuenca en el país, este río nace en el altiplano occidental en el departamento del Quiché y fluye hasta su desembocadura en el departamento de Izabal, la cuenca del río Motagua también marca la falla del Motagua, siendo ésta la frontera tectónica entre la placa de Norteamérica y la del Caribe.

En sus últimos kilómetros hacia el Golfo de Honduras, la desembocadura forma una planicie en la que se encuentran la subcuencas de los ríos Motagua Viejo, San Francisco, Piteros y Canal Inglés, área a la que se le denomina fisiológicamente la “Depresión del Motagua” (Fundación Mario Dary Rivera [FUNDARY], y Organización Nacional para la Conservación y el Ambiente [ONCA], 2001).

El Refugio de Vida Silvestre (RVS) Punta de Manabique es una península que recibe los sedimentos continentales, los residuos líquidos y los desechos sólidos arrastrados por ríos provenientes de Guatemala, Honduras y Belice (FUNDARY, Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], y The Nature Conservancy [TNC], 2006) y funciona como una barrera que protege contra tormentas y oleaje severo, área que por medio del Decreto del Congreso de la República 23-2005, se reconoce su importancia natural y de subsistencia para las comunidades y se le denomina Refugio de Vida Silvestre y, con esta denominación, se determina que el área posee como fin prioritario la conservación de la biodiversidad silvestre, de los recursos naturales y el fomento al desarrollo social de forma sostenible y amigable al medio ambiente.

Como parte de los esfuerzos para coadyuvar en la generación de directrices y métodos que permitan administrar el área de forma que sean incluidos todos los componentes que la integran dentro de este contexto se enmarca el presente trabajo de investigación, el cual dilucida la incógnita referente a la desembocadura del río Motagua y su influencia con los cuerpos de agua marino costeros por medio del estudio de los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua.

2. ANTECEDENTES

Dentro de las investigaciones realizadas en el área de estudio y el estado del conocimiento se han realizado acercamientos como los que se describen a continuación:

En 1988, se hace mención a la carga orgánica (DBO) que en la cuenca del río Motagua equivale al 63.6% de la carga total de todas las cuencas del país, de la cual el 51,3% proviene de la parte norte de la ciudad de Guatemala, la cual se encuentra en la parte media alta de la cuenca, por lo que la carga orgánica de contaminantes interfiere con los usos posteriores del agua y la vida acuática, hacia la parte media baja de la cuenca. También resalta que “Valores extremadamente altos de coliformes se han reportado en la leche (aún en la pasteurizada), debido a que utilizan agua contaminada para diluirla” (p.54) Y concluye haciendo mención de la contaminación por biocidas y fertilizantes, la cual es significativa en la contaminación de suelos, aguas y alimentos, debido al uso de pesticidas clorados en las zonas han provocado reportes de residuos de DDT en la carne de exportación (27ppm) (Gonzales, 1988).

Con respecto a la contaminación que se presenta en el río Motagua y sus condiciones en la generación de alimentos y consumo de agua, resalta que la principal fuente de contaminación son las aguas servidas y especiales sin tratamiento derivadas de los asentamientos rivereños y las actividades agropecuarias que recibe el río a lo largo de su cuenca, concluyendo que los peces presentan altos índices de contaminación por bacterias fecales, plomo y mercurio. El contenido de plomo en el tejido de los peces varió entre 0.99 a 3.41 mg/kg y el de mercurio entre 0.040 a 0.076 mg/kg., representando un riesgo para la salud humana, presentando en este documento los efectos gastrointestinales generados en la población debido al consumo de especies hidrobiológicas y la utilización del agua para consumo humano, resaltando la incidencia de vómitos y diarreas reportados en los centros de salud (León, 2003).

En el artículo “Contaminación de desechos sólidos en Punta de Manabique”, publicado en la revista Análisis de la Realidad Nacional en su edición No. 26, se resaltan los impactos que se generan por dicha contaminación dentro del área protegida indicando que se incrementa la concentración de sedimentos sólidos disueltos y suspendidos en aguas superficiales, que a su vez aumentan la demanda bioquímica de oxígeno en los cuerpos de agua; provocan la

presencia de sustancias tóxicas para seres vivos que viven y que utilizan el agua superficial y eventualmente la subterránea; deterioran el patrimonio cultural y natural; alteran las condiciones de comodidad y salubridad; deprecian los sitios paisajísticos y el valor de los terrenos, y, en general, modifican los usos de las playas tanto para los humanos, como para otros seres vivos (Arrecis, 2013).

En el año hídrico 2013 – 2014, se realizó un estudio por parte del Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura IIH-CEMA- de la Universidad de San Carlos, en el cual hacen constar que en áreas del Canal Real que drenan al litoral, se encontraron peces muertos y se determinó que las aguas contenían 0.08 µg/l de Clorotalonil, un fungicida sintético y tóxico para los peces, en sedimentos de dicho canal se reportaron plaguicidas persistentes altamente tóxicos como Lindano, Endosulfan I y pp-DDE, concluyendo que los indicadores analizados pueden interpretarse como efectos relacionados con aguas residuales especiales, procedentes de la agricultura y la ganadería, poniendo en riesgo la calidad del agua dentro del Sistema Hídrico del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique (Herrera, y Silva, 2014).

Internacionalmente se han realizado esfuerzos científicos en el campo como el de la organización Healthy Reefs, que en el 2012 realiza una “Evaluación de la salud del ecosistema SAM (Sistema Arrecifal Mesoamericano)” en el cual el acápite de amenazas terrestres asevera el impacto que tienen las actividades agrícolas y pecuarias en dicho sistema, puntualizando en la sobrecarga de nutrientes procedentes de aguas de escorrentía, residuales, deforestación, fertilizantes y descargas de casas, industrias y tierras de cultivo; actividades que promueven el florecimiento de algas, lo cual genera un impacto negativo debido a la producción de toxinas naturales, competencia, creación de sombra y eventual agotamiento de oxígeno. Destacando que en Guatemala el área de influencia del río Motagua, río Dulce y Bahía la Graciosa generan el aporte más significativo dentro del Sistema Arrecifal Mesoamericano presentando altas concentraciones de clorofila “a” entre los 10 y 45 mg/m³. También comenta sobre el transporte de sedimentos que eventualmente llegan al mar y se depositan conjuntamente con otros contaminantes asociados como los metales pesados y pesticidas (Healthy Reefs, 2012).

3. MARCO TEÓRICO

Los estuarios son “cuerpos de agua semicerrados que poseen una conexión libre con el mar, el cual se diluye con el agua dulce del drenaje terrestre” (Pritchard, 1974). Los estuarios como cuerpos de agua se encuentran limitados a las desembocaduras de los ríos y la zona de mareas marinas, presentan a menudo áreas salinas, pero el tamaño de ellas depende de la cantidad de agua dulce aportada. Las lagunas se definen como depresiones por debajo de la media de la marea alta separadas por barras de arena que mantienen conexiones con el mar, ya sean temporales o permanentes (Roldan, 1992). Dentro de la definición de humedal descrita por la Comisión Ramsar se destaca que los humedales son zonas tanto naturales como artificiales que se caracterizan por estar permanente o temporalmente inundados, ya sea por aguas dulces, estuarinas o salinas, las cuales pueden estar estancadas o corrientes e incluyen las regiones ribereñas, costeras y marinas que no excedan los 6 metros de profundidad con respecto al nivel medio de las mareas bajas.

Por sus características ecológicas, actualmente los humedales se consideran vertederos y transformadores de múltiples materiales biológicos, químicos y genéticos. Se les denomina riñones de la tierra por su capacidad de filtrar y absorber ciertos contaminantes dentro de los ciclos químicos e hidrológicos, así como por ser receptores de aguas naturales o artificiales, estos poseen un papel muy importante como hábitats únicos que albergan una amplia variedad de flora y fauna silvestres, así como también se caracterizan por conformar centros de reproducción de gran cantidad de peces y crustáceos así como áreas de reclutamiento y protección de especies. Dada la importancia de estos ecosistemas debe imperar la necesidad de su conservación desde el punto de vista biológico, económico, social, político y cultural justificando así su conservación, protección manejo asegurando su uso racional y sostenible. Según la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), estos cuerpos de agua figuran entre los más productivos en la tierra, creando cada año más materia orgánica que áreas comparables en tamaño, de bosques, prados o tierras agrícolas. Como parte esencial para la conservación de estos cuerpos de agua tan complejos se requiere de grandes esfuerzos de investigación, generando el conocimiento requerido para diferir y acentuar en los temas de mayor conflictividad ecológica como lo es la contaminación que genera cambios en la calidad

del agua, característica básica de estos ecosistemas (Agencia de Protección Ambiental [EPA], 2015).

3.1 Calidad del agua

El agua como componente esencial de la vida humana y para la conservación del ambiente es considerada un valioso recurso, está comprendida por el mar, los estuarios y agua dulce (lagos y ríos). La calidad del agua se puede definir como las características o factores tanto físicos como químicos y biológicos que determinan si el ambiente es sano para la vida acuática. Esta calidad del agua presenta variaciones espaciales y temporales debido a la complejidad en que interactúan los factores externos e internos dentro de un cuerpo de agua, esta calidad se ve comprometida al momento en que la vida acuática se ve afectada en términos de abundancia, diversidad y equidad biológica gracias a situaciones o acontecimientos externos no naturales como la contaminación. Este término es aplicado en el momento en que se presenta la introducción ejercida por el hombre de forma directa o indirecta de sustancias o energía lo cual resulta en complicaciones a las comunidades biológicas dentro del cuerpo de agua así como a los usos y aprovechamientos que el hombre pueda darle de forma sostenible a dicho recurso (Sierra, 2011).

Esta acción interviene en el metabolismo del ecosistema acuático en el cual los procesos de producción, consumo y descomposición de la energía se ven comprometidos generando así condiciones extremas dentro de las comunidades y poblaciones encargadas de mantener un equilibrio realizando todos los procesos de forma simultánea con una sincronización tal que permite y asegura la estabilidad ecológica dentro del ecosistema. Para conocer y evaluar la calidad del agua es necesario determinarla, indicando así si es de buena calidad o no, identificando una serie de cualidades paramétricas de carácter físico, químico y biológico con el fin de establecer valores a contrastar con los máximos y mínimos permisibles para el correcto desarrollo de la vida acuática y que permitan la utilización del recurso de forma sostenible para los propósitos requeridos por el ser humano (Roldán, 1992).

3.2 Parámetros físicos, químicos y biológicos

Son parámetros que permiten saber que tan pura o contaminada se encuentra el agua. Dentro de las metodologías más utilizadas se encuentran los Métodos estándar que se refieren a la metodología recopilada de laboratorio llamada Standard Methods for Water and Wastewater Examination.

Parámetros físicos se refiere a aquellas sustancias que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua. Como por ejemplo la turbiedad, el color, la temperatura y los sólidos.

Se conoce como turbiedad a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz en la columna de agua. Esta es producida por gran variedad de causas, entre ellas las más importantes pueden ser:

- La erosión natural o antropogénica de las cuencas que aporta significativamente sedimentos a los cauces de los ríos.
- La contaminación causada por las industrias, actividades agropecuarias o por desechos domésticos.

Dentro de los parámetros físicos se encuentran la turbidez que puede estar compuesta por materiales de origen inorgánico como las arcillas y arenas, así como por material orgánico como microorganismos, desechos domésticos, entre otros. Como herramienta se ha utilizado el disco Secchi que es un instrumento de medición de la penetración luminosa, y por ello de la turbidez en diferentes cuerpos de agua. La utilización de esta herramienta proporciona una estimación de la penetración luminosa en el agua y partiendo de esta variable se pueden conocer otros parámetros como la profundidad de compensación (aproximadamente 2.5 veces la profundidad de visión del disco Secchi), la turbidez del agua, la zona fótica o la extinción luminosa (Sierra, 2011).

El **color** es una variable relacionada con la turbiedad, aunque puede considerarse como una característica independiente. El color de las aguas se considera generado por sustancias disueltas y por los coloides. Entre las diferentes causas del color del agua se puede decir que el color es producido, en excepción del color ocasionado por las descargas industriales, por la

descomposición natural de la materia vegetal de las plantas y por la disolución de ciertos minerales (especialmente el hierro y magnesio) presentes en el subsuelo.

La temperatura es quizás el parámetro físico más importante del agua, este afecta la viscosidad y la velocidad de las reacciones químicas. La temperatura en el agua posee gran importancia para la vida acuática ya que los peces por ser poiquiloterms dependen de la temperatura exterior por lo que los cambios afectan en su metabolismo, y en la disponibilidad de oxígeno disuelto en el medio y tiene una influencia directa en la capacidad de los organismos para resistir ciertos contaminantes (U. S. Geological Survey [USGS], 2015).

Los sólidos en el agua se refieren al material sólido que contiene una muestra, el principal tipo de sólidos para determinar la calidad de agua son los sólidos totales, estos se definen como todo aquello presente en la muestra excepto el agua. Los sólidos totales están compuestos por sólidos suspendidos y sólidos disueltos. La cantidad y naturaleza de los sólidos presentes en el agua varía ampliamente. La mayoría de sólidos disueltos se consideran principalmente sales y gases. Los sólidos totales disueltos es una medida del contenido combinado de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en un líquido de forma molecular, ionizada o en forma de suspensión micro granular. La diferencia entre STD y STS (sólidos totales en suspensión) se basa en el tamaño granular de la sustancia, los STD son las sustancias capaces de pasar por un filtro de dos micrómetros.

La conductividad es un indicativo de las sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones específicamente de Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Esta es una medida indirecta de los sólidos disueltos ya que es posible su correlación mediante la siguiente expresión:

$$\text{STD (mg/L)} = 0.55 \text{ a } 0.7 * \text{conductividad } (\mu\text{s/cm})$$

Las aguas con altos valores de conductividad son aguas corrosivas siendo la conductividad "*la habilidad o poder de conducir o transmitir calor, electricidad o sonido*" (Lenntech, 2015).

Como parte de las variables químicas podemos mencionar el pH o potencial de hidrógeno, este es el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas (alcalinas) del agua (equilibrio en las concentraciones de los hidrogeniones (H⁺) y los

hidroxilos (OH⁻)). Así cualquier compuesto capaz de liberar, una vez se ionice, un ion hidrógeno se denomina ácido, mientras que cualquier sustancia capaz de aceptar un ion hidrógeno se le cataloga como base. Un alto o bajo pH puede romper el balance de los químicos del agua y movilizar a los contaminantes, causando condiciones tóxicas. Los organismos acuáticos pueden experimentar problemas haciendo que las poblaciones se vean afectadas.

3.3 Indicadores biológicos

Como parte de las herramientas utilizadas para conocer el estado actual de los cuerpos de agua y su evolución en el tiempo se han establecido estándares que permiten determinar la calidad de agua para así satisfacer las demandas relacionadas con el uso del recurso. Un indicador es un parámetro que caracteriza el estado de un sistema, estos están dispuestos para que sea posible observar en un tiempo breve un fenómeno que escapa de la percepción normal del ser humano (Figuroa, Valdovinos, Araya, y Parra, 2003). A este conjunto de indicadores biológicos llamados bioindicadores se les ha estudiado ampliamente en el transcurso de los años acentuando las ventajas por las cuales los organismos vivos son considerados buenos indicadores de la calidad del agua, siendo estas:

- Los datos biológicos responden a situaciones, no a variables aisladas.
- Los índices biológicos dan testimonio del impacto contaminante durante un período de tiempo determinado.
- La toxicidad de los contaminantes se estima por sus efectos biológicos, no por su concentración en el agua.
- Permiten la evaluación detallada de la capacidad de respuesta del medio (magnitud del impacto y recuperación).
- Los resultados del análisis biológico son fáciles de expresar y de interpretar, siendo prácticos y sencillos.

Los bioindicadores son organismos cuya presencia, ausencia o condición específica proporciona información sobre la calidad ambiental. Cada organismo tiene requerimientos

ambientales particulares para reproducirse y colonizar un ambiente de forma exitosa. El hecho que determinados organismos puedan actuar como indicadores, se debe al grado de tolerancia que estos presentan ante pequeñas alteraciones del ambiente (organismos estenoicos) por lo que el interés de su identificación es notable debido a que su presencia define cualitativamente el medio en que viven (Cano, 2003).

Muchos autores recomiendan los macroinvertebrados acuáticos como los mejores bioindicadores de la calidad de agua; les siguen, en su orden, las algas, los protozoos, las bacterias y en menor grado, los peces, las macrófitas, los hongos y los virus. Los macroinvertebrados acuáticos son utilizados como indicadores desde los años 1959 y 63 cuando Hynes presentó los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua e integró la biología a la contaminación acuática, lo que generó que diferentes autores desarrollaran sistemas de bioindicación de la calidad de agua alrededor del mundo hasta los presentes días. Este hecho se basa en que dichos organismos ocupan un hábitat específico a cuyas condiciones ambientales están adaptados, por lo que cualquier cambio en éstas se verá reflejado en las estructuras dentro de las comunidades que allí habiten.

Los macroinvertebrados se definen como organismos invertebrados visibles a simple vista con un tamaño mayor a 2 mm de longitud. Los macroinvertebrados se encuentran en gran variedad de ecosistemas desde dulce acuícolas o continentales hasta ecosistemas litorales o marinos como los esteros, las diferentes Phyla que pertenecen a esta clasificación son: Porífera (esponjas), Celenterada (hidras de agua dulce), Platyhelminthes (turbelarios), Anélida (oligoquetos y hirudíneos de agua dulce), Molusca (gasterópodos y bivalvos) y Artrópoda (crustáceos, insectos, ácaros acuáticos) (Merritt, y Cummins, 1996).

El enfoque de la diversidad incluye tres componentes fundamentales de las comunidades naturales: riqueza, uniformidad y abundancia para describir la respuesta de las comunidades a la calidad ambiental. Una comunidad natural se caracteriza por presentar alta diversidad de especies y un bajo número de individuos por especie; o un bajo número de especies con muchos individuos por especies cuando se encuentra bajo presión de la contaminación. Para la evaluación desde este enfoque son utilizados todos los organismos encontrados que varían de sitio en sitio, dependiendo de las condiciones específicas de cada lugar, teniendo siempre en cuenta que los ecosistemas los macroinvertebrados vive tanto en aguas Lóticas 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; unos viven sobre la superficie del agua mientras otros nada en ella. Algunos se entierran en sustratos arenosos, fangosos o pedregosos. Los macroinvertebrados reciben diferentes nombres de acuerdo con el tipo de adaptación que presente, ya que pueden vivir en el fondo, en la superficie o nadar libremente.

- Neuston: organismos que viven sobre la superficie del agua caminando, patinando o brincando. Poseen un recubrimiento de una especie de cera que los hace impermeables, así en vez de hundirse doblan la superficie del agua venciendo la tensión superficial. Podemos mencionar a las familias Gerridae, Hydrometridae y Veliidae del orden Hemiptera.
- Necton: Son organismos que nadan libremente en el agua. Se pueden mencionar las familias Corixidae y Notonectidae del orden Hemiptera (Heteroptera); Dytiscidae, Gyrinidae e Hydrophilidae del orden Coleóptera y Beatidae del orden Ephemeroptera.
- Bentos: Está compuesto por todos aquellos organismos que viven en el fondo, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y otros sustratos. Sus principales representantes son: Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera, Megaloptera, Díptera, Mollusca y algunos Hemiptera. Ciertas especies pertenecientes al orden Odonata (Zygoptera) se encuentran adheridas a vegetación acuática sumergida o emergente.

3.4 Estadística de biodiversidad

Dentro del estudio de los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua se puede encontrar gran variedad de avances científicos generados gracias a la experiencia en calidad de agua continental y especies de macroinvertebrados de aguas dulceacuícolas. Desde el punto de vista de la investigación de comunidades de macroinvertebrados en lagunas costeras y ambientes salobres de carácter estuarino es poco lo que se ha avanzado a nivel regional.

Para el caso de sistemas estuarinos los índices de más amplio uso, han sido el índice de Shannon-Wiener y el índice de Simpson (Begon, *et al.*, 1996, y Krebs, 1999). Estos índices

evalúan la diversidad de las comunidades buscando expresar en un único valor numérico, la riqueza y dominancia/equidad de la comunidad en estudio (Magurran, 1988, y Martín, 1997). Cabe mencionar que la diversidad es uno de los parámetros ecológicos más importantes, debido a que es considerada como una medida de la heterogeneidad del sistema, es decir, de la cantidad y proporción de los diferentes elementos que contiene, siendo un parámetro muy útil en el estudio, descripción y comparación de comunidades ecológicas.

El uso de índices de diversidad es una de las aproximaciones más útiles en el análisis comparado de las comunidades e incluso de regiones naturales (Halffter, y Ezcurra, 1992).

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Describir las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de los esteros Motagua Viejo y Guineo y la desembocadura del río Motagua.

4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la diversidad y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de los esteros Motagua Viejo y Guineo y la desembocadura del río Motagua.
- Caracterizar el agua de los esteros Motagua Viejo y Guinea y la desembocadura del río Motagua.
- Establecer el comportamiento de las comunidades de macroinvertebrados con relación a las variables espaciales y temporales.

METODOLOGÍA

5.1 Ubicación geográfica

El área de estudio se encuentra ubicada al noreste del territorio nacional en el departamento de Izabal fronterizo con Honduras, donde se encuentra la llamada depresión del Motagua la cual está conformada por una planicie de inundación (de los 0 a los 40 m.s.n.m.), los esteros que forman parte de la investigación se encuentran dentro del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, donde desemboca el río Motagua hacia el mar transportando gran cantidad de sedimentos que con los años han dado forma a la Punta de Manabique, a lo largo de esta formación se encuentran una serie de esteros y lagunas costeras, siendo las propuestas para su estudio en el presente trabajo de investigación el estero Motagua Viejo y el estero Guinea y la desembocadura del río Motagua (Figura No. 1). En el Cuadro No. 1 se encuentran las coordenadas geográficas de los esteros estudiados.

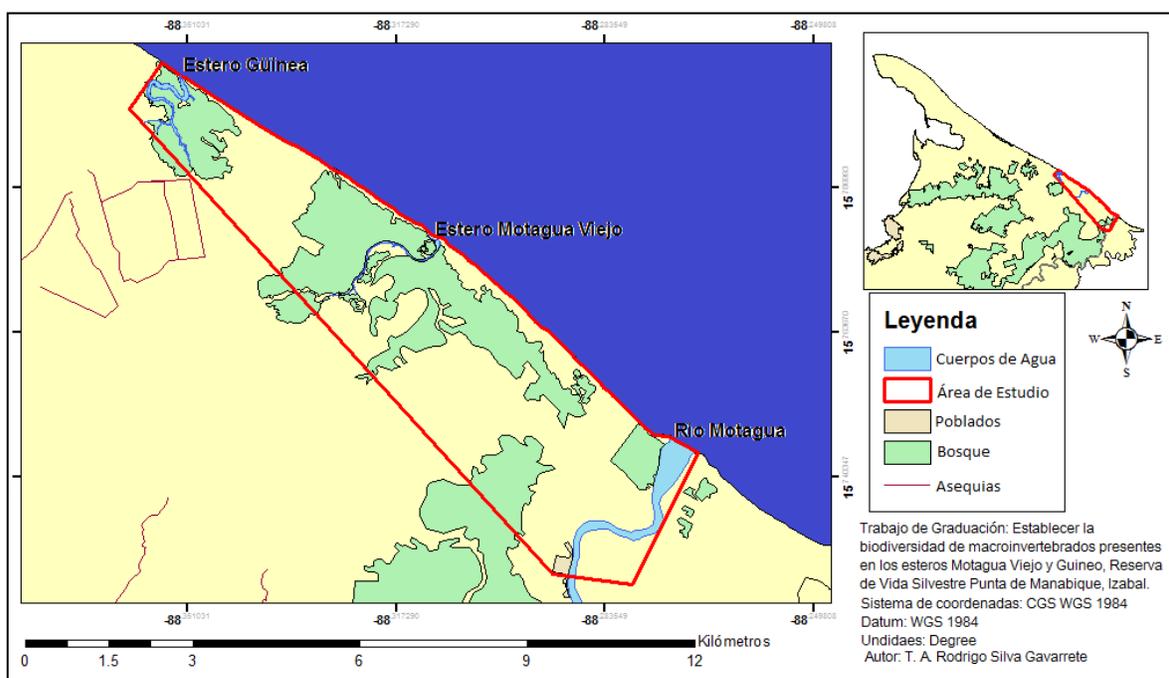


Figura No. 1. Ubicación del área de estudio (Trabajo de campo, 2014)

Cuadro No. 1. Puntos de posicionamiento geográfico de los cuerpos de agua

Ubicación GPS	Río Motagua	Estero Motagua Viejo	Estero Guineo
Longitud	88° 16' 26.63''	88° 18' 42.51''	88° 26' 7.88''
Latitud	15° 44' 38.62''	15° 46' 45.63''	15° 48' 17.34''

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

Según el modelo de Holdridge, el área se encuentra dentro de la zona de vida Bosque muy Húmedo subtropical (cálido), bmh S (c), (Centro de Estudios Conservacionistas [CECON], y Centro de Datos para la Conservación [CDC], 1992). La particularidad del área se debe a la configuración, posición geográfica, relaciones orográficas, naturaleza del sustrato y nivel freático muy alto. Por lo anterior se han establecido ecosistemas con características diferentes a las otras zonas bajas de Guatemala, con especies de flora y fauna altamente adaptadas a dichas condiciones en el Plan Maestro, Reserva de Vida Silvestre Punta de Manabique - PM RVSPM-.

El área de la reserva se caracteriza por tierras permanentemente inundadas siendo extensiones costeras que contienen cuerpos de agua tales como bahías, estuarios, marismas, pantanos y lagunetas que reciben el influjo del mar y agua dulce interior. Abarcan una amplia zona situada casi a nivel del mar y sus niveles de agua fluctúan con la marea y las estaciones lluviosa y seca. Sirven de refugio a organismos acuáticos como manatíes (*Trichechus manatus*), especie en peligro de extinción. Los bosques tropicales sometidos a inundaciones, representan más del 50% de la sección terrestre. Son dominados por la palma de concha (Mancarí saccifera) y acompañada de especies como palo sangre o cáhue (*Pterocarpus officinalis*), barillo (*Symphonia globulifera*), zapote bobo (*Pachira aquatica*) y santa maría (*Calophyllum brasiliense* var *Rekoi*) según el PM RVSPM.

Durante el período en que se realizó la investigación se percibieron condiciones climáticas características del Caribe guatemalteco con temperaturas y precipitaciones como las que indica el Cuadro No. 2, en el que se aprecia el momento en que cambia la temporada climática de seca en los meses de abril y mayo a húmeda en los meses de agosto y octubre, así también se aprecian las condiciones para cada momento de muestreo.

Cuadro No. 2. Temperaturas ambientales percibidas en el área de muestreo durante el período de investigación

Estación Puerto Barrios, Izabal Promedio mensual	INSIVUMEH	Accuweather Pronostico diario
--	------------------	---

Mes	Temperatura (°C)		Precipitación Promedio (mm)
	Min	Max	
Abril	22.33	31.24	23.1
Mayo	23.72	30.96	188.2
Agosto	24.08	32.64	267.3
Octubre	23.82	29.92	567.8

Fecha de Monitoreo	min (°C)	Max (°C)	Precip (mm)
09-abr-2014	19	29	0
27-may-2014	26	31	0
06-ago-2014	26	32	0
16-oct-2014	23	30	27

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología [INSIVUMEH], estación Puerto Barrios Izabal, y Accuweather, 2014.

El área del Caribe en Guatemala y, especialmente en la Reserva de Vida Silvestre Punta de Manabique, las condiciones del clima varían constantemente por influencia de los vientos del norte que embaten cargados de humedad, según el modelo Thornwaite, el clima corresponde a un régimen mega térmico híper-húmedo, de tipo ArA'a' (cálido, húmedo, sin estación seca bien definida).

5.1.1 Descripción de los sitios de muestreo

En cada cuerpo de agua se ubicaron tres estaciones o sitios de muestreo en los que por medio de referencias locales y señalización fueron monitoreados en las cuatro comisiones de la investigación. En el Cuadro No.3 se detalla la ubicación georreferenciada de las estaciones de muestreo.

Cuadro No. 3. Estaciones de muestreo

Cuerpo de Agua	Estaciones de Muestreo	Longitud (N)	Latitud (O)
Río Motagua	Mot1	15°48'13.088"	88°21'6.884"
	Mot2	15°48'7.535"	88°21'26.036"
	Mot3	15°47'37.037"	88°21'6.745"
Estero Motagua Viejo	MV1	15°46'38.311"	88°18'37.099"
	MV2	15°46'40.284"	88°19'11.318"
	MV3	15°46'10.042"	88°19'35.113"
Estero Guineo	EG1	15°43'31.535"	88°17'21.392"
	EG2	15°43'52.15"	88°16'39.764"
	EG3	15°44'41.289"	88°16'27.606"

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

El río Motagua se caracteriza por ser el más extenso dentro del territorio nacional por lo que recibe gran variedad de desfuegos a lo largo de su cuenca, vertiéndolos al mar Caribe a través de su desembocadura. Es sabido que este cuerpo de agua posee calidad de agua especial ya que sirve de desfogue para gran variedad de actividades tanto industriales como domesticas provenientes de diferentes puntos a lo largo de la cuenca. Dentro del estudio se establecieron tres puntos de muestreo (Figura No. 3). El río Motagua se puede clasificar como un cuerpo de agua lotico, salobre oligohalino, de corriente permanente de flujo turbulento.

A continuación en la Figura No. 2 se puede observar las estaciones ubicadas en la desembocadura del río Motagua y la ubicación de este en la Reserva de Vida Silvestre Punta de Manabique. En esta desembocadura de gran caudal aporta la mayor influencia del agua que proviene del continente y la del mar Caribe

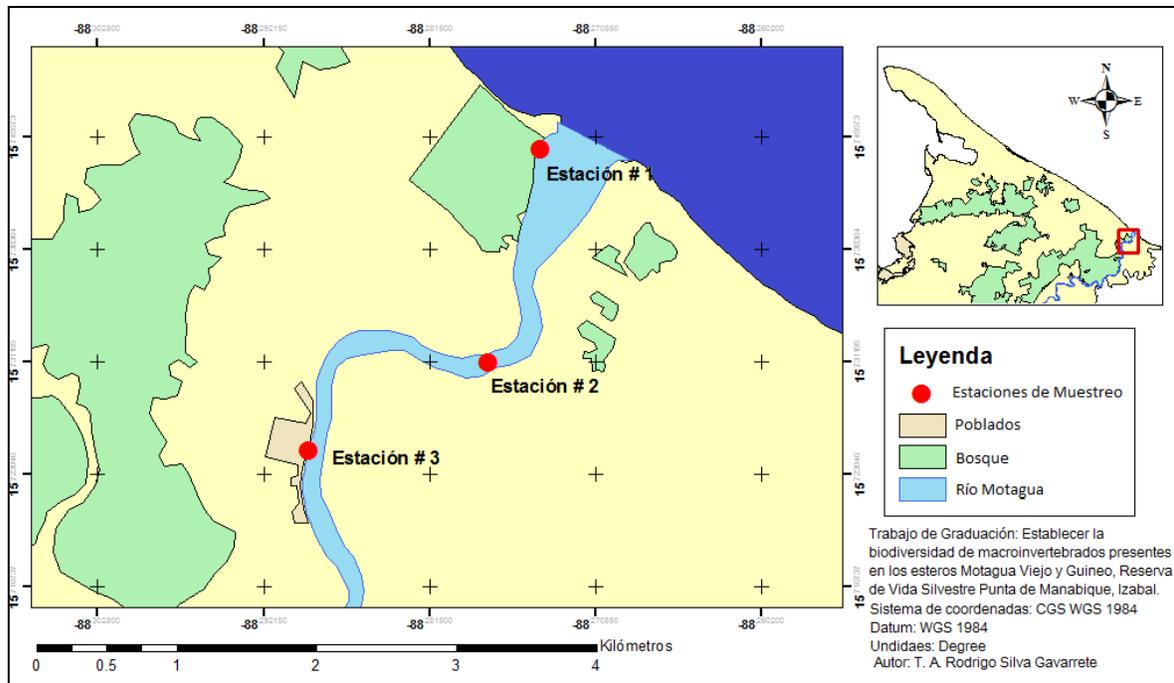


Figura No. 2. Ubicación de las estaciones de muestreo dentro del río Motagua
(Trabajo de campo, 2014)

Estación de muestreo No. 1 (Mot1): Esta se caracterizó por presentar un área displayada con riberas erosionadas y gran acumulación de desperdicios sólidos, contaminantes plásticos mostrando grandes acumulaciones y movimientos continuos de sedimento.

Estación de muestreo No. 2 (Mot2): Este punto fue ubicado en el punto medio desde la desembocadura y la comunidad más cercana a esta, en esta área se observó presencia de herbáceas en la rivera como el Tul que denota mayor estabilidad de las riveras, inician las actividades pecuarias del área y desfuegos de quíneles al río, se observa el parcelamiento de las tierras y algunas viviendas ribereñas.

Estación de muestreo No. 3 (Mot3): Ubicado al frente de la comunidad El Quetzalito, este punto se caracteriza por estar influenciado directamente por la comunidad, tanto sus actividades productivas como por las descargas de carácter doméstico. La navegación es más notoria así como las deposiciones de desperdicios de la producción pesquera.

El estero Motagua Viejo debe su nombre a que en la antigüedad el río Motagua desembocaba en este lugar, debido a efectos climáticos continuos como las depresiones tropicales que se

presenta en la época de invierno anualmente y el aumento del cauce principal del río este se movió al noroeste a la frontera con Honduras, convirtiéndolo en un estero formado por inundación del valle. Este estero (Figura No. 8), se caracteriza por estar rodeado de bosque anegado con dominancia de árbol Palo Sangre o Cahué (*Pterocarpus officinalis*), con poca presencia de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), sus aguas se encuentran cubiertas de lechuga o repollo acuático (*Pistia stratiotes*), esta se encontró en dominancia impidiendo la libre navegación en época seca y barra cerrada.

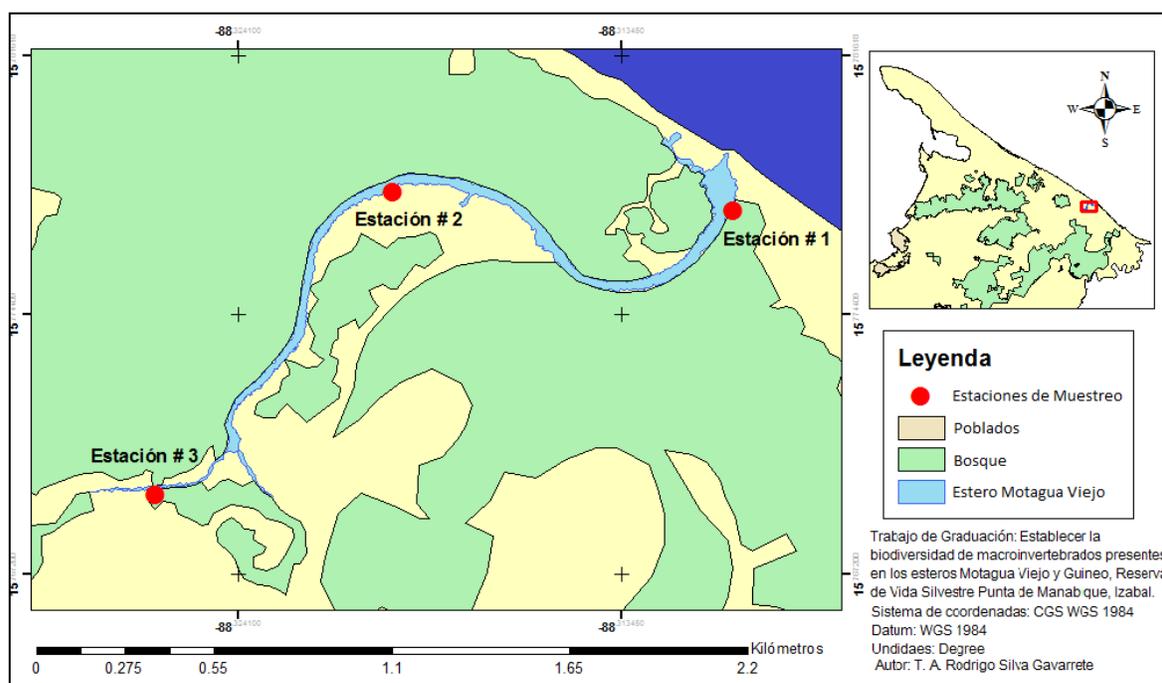


Figura No. 3. Ubicación de las estaciones de muestreo dentro del estero Motagua Viejo (Trabajo de campo, 2014)

Estación de muestreo No. 1 (MV1): Esta estación presentó gran contaminación por residuos plásticos mientras se mantuvo cerrada la barra, en la segunda comisión esta contaminación entró al estero contaminando su interior, la presencia de lechuga acuática se destaca desde esta estación.

Estación de muestreo No. 2 (MV2): Dentro del estero, esta estación fue una de las más productivas en relación a la colecta de macroinvertebrados, las condiciones anegadas del bosque y la disminución significativa de la lechuga acuática fueron características determinantes para dicho resultado.

Estación de muestreo No. 3 (MV3): A este punto se accedió solo en época lluviosa o de invierno, de igual forma las condiciones encontradas fueron favorables, presentando diferentes hábitats como las lechugas y las raíces del bosque inundado para el asentamiento de comunidades de macroinvertebrados.

El estero Guineo también conocido como Estero Güinea, se encuentra al este de del río San Francisco dentro del parque RVSPM. Este estero se caracteriza por poseer gran parte de del bosque anegado con presencia de Confra (*Manicaria saccifera*), Palo Sangre (*Pterocarpus officinalis*) y mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en menor cantidad. Este es un estero Con mayor importancia ya que es utilizado como sitio de pesca artesanal con fines de subsistencia por las comunidades locales. De igual forma que los cuerpos de agua anteriores en este se ubicaron tres estaciones de muestreo (Figura No. 13). El estero Guinea se ha formado gracias a las deposiciones de sedimentos que por siglos ha realizado el río Motagua conformando lo que hoy se conoce como Punta de Manabique.

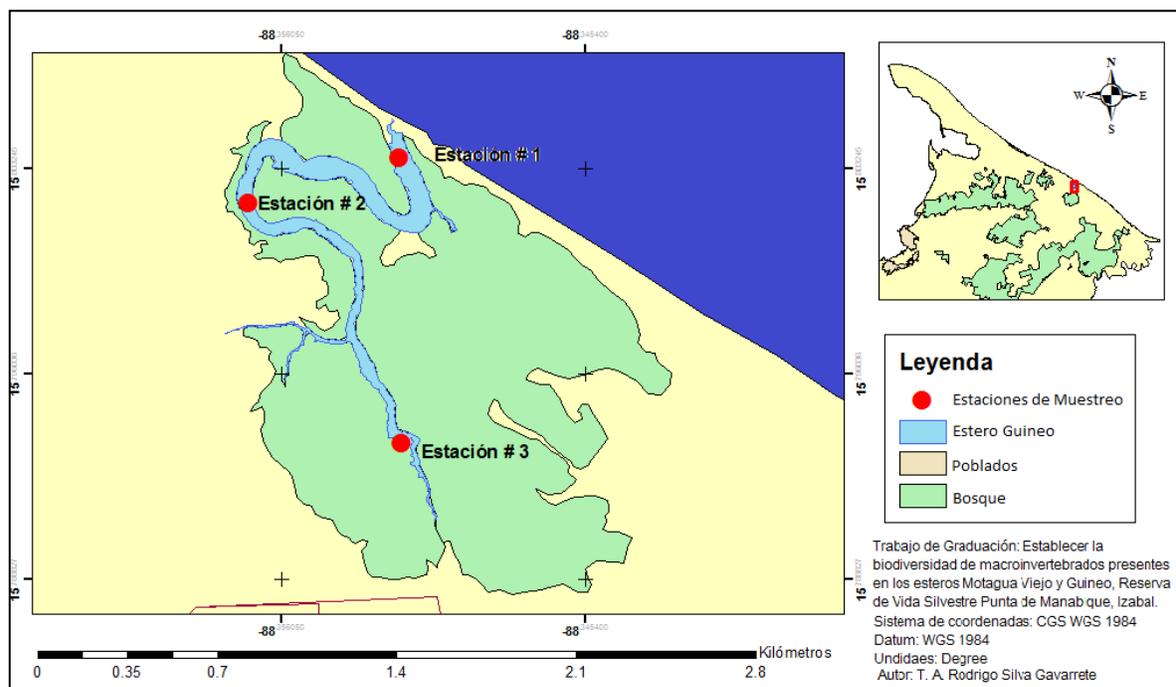


Figura No. 4. Ubicación de las estaciones de muestreo dentro del estero Guineo (Trabajo de campo, 2014)

Estación de muestreo No. 1 (EG1): En este punto el estero se encontró con la barra cerrada durante la época seca o verano, no fue sino hasta el tercer muestreo en el que de forma natural

la barra cedió y logramos ingresar. El punto de barra se encontró durante todo el periodo de investigación con grandes acumulaciones de basura y desechos plásticos provenientes de la desembocadura del río Motagua.

Estación de muestreo No. 2 (EG2): A este punto fue posible el ingreso solo en época lluviosa o de invierno durante los muestreos No. 3 y No. 4, las condiciones dentro del estero fueron muy estables no se encontró lechuga o repollo acuático y en las riberas en este punto se observaron posas aisladas del cauce principal a las que no se podía ingresar debido a la barrera de bosque inundado que impedía el paso.

Estación de muestreo No. 3 (EG3): En la estación más profunda se encontraron ya estorbos importantes para la navegación, como árboles caídos que impedían el paso, las aguas oscuras denotaron la descomposición de materia orgánica en el fondo y los aportes importantes de escorrentía proveniente de actividades agrícolas y pecuarias.

5.2 Variables

A continuación, en el Cuadro No. 4, se describen las variables a evaluar y su indicador, dichas variables fueron medidas y evaluadas en cada uno de los nueve puntos de muestreo distribuidos entre la barra del río Motagua y los esteros Motagua Viejo y Güinea. Las variables responden a la caracterización del medio en que se encuentran las poblaciones por medio de la evaluación de la calidad del agua en cada estación para luego relacionarlo con las variables de biodiversidad encontrada.

Cuadro No. 4. Descripción de variables

Variable	Indicador
pH	Valor potencial de Hidrógeno
Temperatura	°C, Grados Celsius
Oxígeno Disuelto	mg/L, miligramos / litro
Sólidos Totales Disueltos (STD)	mg/L, miligramos / litro
Conductividad	µs/cm, micro Siemens / centímetro
Salinidad	ppt, partes por mil
Macroinvertebrados	Familias

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

5.3 Diseño

El método utilizado para la identificación de las estaciones de muestreo se realizó por medio de un muestreo no probabilístico discrecional, ya que debido al estado del arte dentro del área de estudio el presente se define como un estudio inicial, generando así los lineamientos para futuros esfuerzos científicos que permitan levantar una línea base por medio de un estudio probabilístico aleatorio.

5.3.1 Selección de muestra

Las muestras fueron obtenidas en campo por el investigador haciendo uso de los instrumentos y equipos necesarios para cada una de las matrices. Las muestras se seleccionaron al azar dentro de la delimitación del área de estudio para la investigación, ubicando los puntos de muestreo de forma aleatoria para posicionarlos geográficamente y utilizar las coordenadas realizando los muestreos en los mismos puntos en las diferentes épocas del año. Las variables fueron tomadas en cada punto tomando en cuenta que en ciertos momentos de la investigación

el ingreso a los cuerpos de agua fue restringido debido a la floración de macrófitas y las condiciones específicas de barras (cerradas en época de verano) generando así una grilla homogénea del punto de muestreo cercano a la costa, generando así una base de datos que permitió su análisis y correlación en sus elementos.

5.3.2 Muestreo

Los muestreos fueron realizados conforme al cronograma, realizando 4 visitas de campo consecutivas dentro de las estaciones climáticas representativas (verano-invierno) en los meses de abril, mayo, agosto y octubre, por lo que cada muestreo fue coordinado conforme a las predicciones climáticas respetando la temporalidad y estacionalidad.

Dentro de la metodología de muestreo en cada cuerpo de agua estudiado se evaluaron tres puntos: Punto No. 1 a nivel de barra, Punto No. 2 punto medio y Punto No. 3 punto dulce o de influencia continental, generando así nueve (9) estaciones de muestreo (Cuadro No. 4) distribuidas en los diferentes cuerpos de agua (río Motagua, estero Motagua Viejo y estero Guineo) que fueron monitoreados durante el período de investigación. Las guías metodológicas y protocolos de monitoreo para la realización de los muestreos biológicos en el campo se elaboraron conforme a los requerimientos especiales de la investigación, apoyándose en las elaboradas por la Environmental Protection Agency -EPA-, The GLOBE Program, CIRA-UNAN, entre otros.

Las muestras fueron obtenidas por medio de equipos especializados para la toma de muestras en diferentes sustratos como: Draga Ekman, Draga Van Veen, red en “D” y tamices de distintos tamaños con el fin de coleccionar en todos los fueron transportadas al laboratorio de calidad del agua en CEMA respetando los protocolos y la cadena, dentro del laboratorio se procedió a efectuar la limpieza, obtención e identificación de los macroinvertebrados.

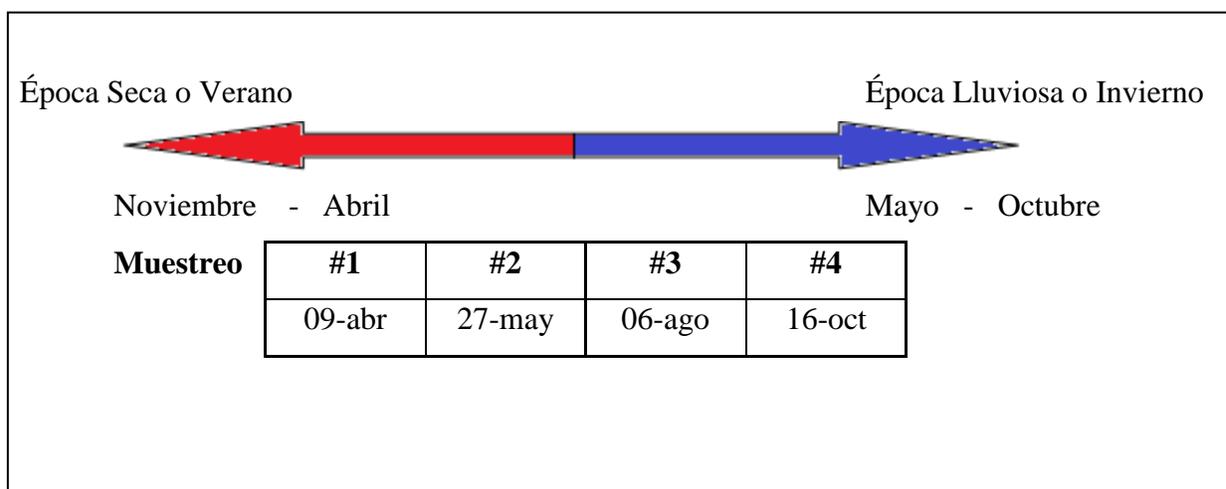
Cuadro No. 5. Equipo utilizado durante el muestreo

Equipo	Especificaciones	Imagen
Draga Ekman	Capacidad de muestra 6" x 6" x 6" Utilizada en los esteros	
Draga Van Veen	Capacidad de muestra 250 cm ³ Para toma de muestras no profundas	
Botella de Niskin	Capacidad de 3 litros - Utilizada para la toma de muestras de agua del fondo.	
Red en "D"	Red para colecta de macroinvertebrados, laterales sin luz.	
Tamices varios	Con luz de 80 a 250 micras Utilizados para la limpieza de las muestras en laboratorio	

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

El estudio fue realizado dentro del área protegida Punta de Manabique, la calendarización de las comisiones se planteó desde un principio tomando en cuenta acceder al área de investigación dos veces en época seca y dos veces en época de invierno como se indica en el Cuadro No. 6, las condiciones climáticas presentes en los momentos de monitoreo fueron las mismas para los diferentes cuerpos de agua representando las épocas de invierno y verano en dependencia de la precipitación y las temperaturas atmosféricas reportadas por el INSIVUMEH en términos de los promedios mensuales y las reportadas en los días específicos de muestreo por AccuWeather.

Cuadro No. 6. Temporalidad de los muestreos dentro del periodo de investigación



Fuente: Trabajo de campo, 2014.

5.4 Procedimiento

El diseño estadístico estuvo basado en la Estadística Descriptiva, y durante el proceso de investigación se utilizó el muestreo estratificado aleatorio determinado las unidades de muestreo como estratos que fueron delimitados por las diferentes estaciones elegidas a juicio dentro de los esteros y la desembocadura del río, utilizando esta última como testigo, se tomaron las muestras y se analizaron por matriz todos los elementos correspondientes a la estación y el momento del muestreo.

5.4.1 Recolección de macroinvertebrados acuáticos

Esta matriz se generó conforme a las comisiones de monitoreo realizadas de forma consecutiva dentro de las épocas correspondientes, dichos muestreos fueron programados para la recolección de especímenes por medio de redes de colecta y tamices para luego ser fijados y transportados al laboratorio del CEMA donde con el apoyo de los instrumentos de limpieza (Figuras No. 2 y No. 3), fueron aislados e identificados los macroinvertebrados a nivel de Familia por medio de tablas de identificación elaboradas para la región y esquemas de identificación de la Universidad de Alberta EUA, posteriormente fueron cuantificados para por último aplicarles las ecuaciones correspondientes a los índices de diversidad según Simpson, riqueza según Shannon-Wiener, dominancia de Margalef, el índice de equidad de Pielou y el índice de familias BMWP modificado para Costa Rica.

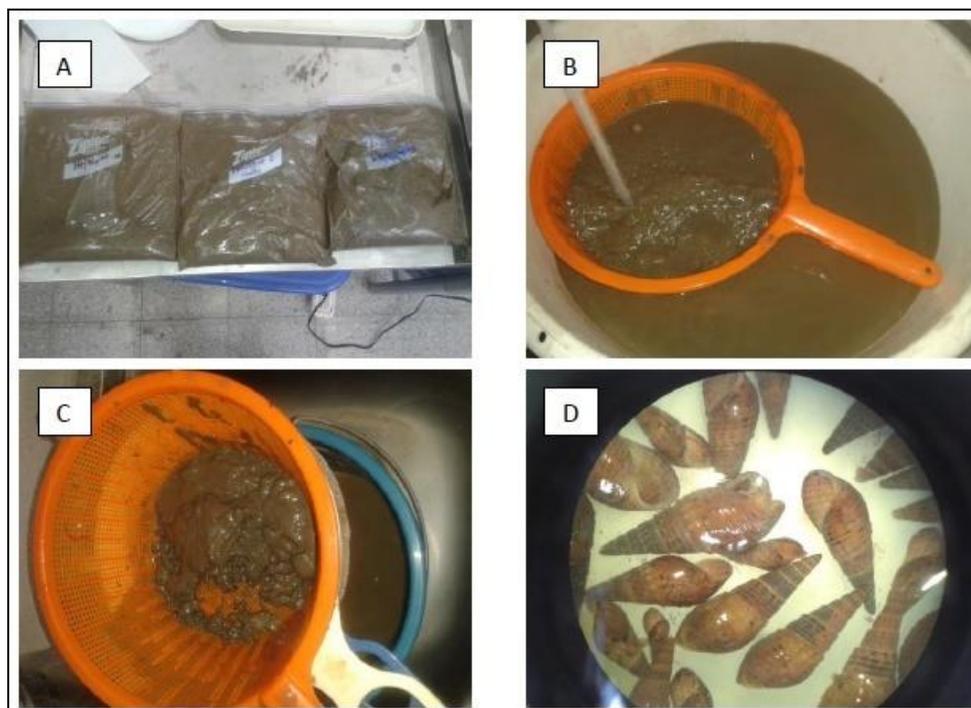


Figura No. 5. A) Muestras de lodo en estaciones de muestreo 1, 2 y 3. B y C) Limpieza de lodos con apoyo de coladores y tamices D) Caracoles de la familia Pachychilidae encontrados en el río Motagua (Trabajo de campo, 2014)

5.4.2 Identificación de macroinvertebrados

Las muestras se trasladaron del punto de muestreo al laboratorio en el Centro de Estudios del Mar y acuicultura para su limpieza, análisis, identificación y documentación. Las muestras limpias fueron analizadas bajo un estereoscopio, clasificadas según las guías de ordenes de forma general para posteriormente analizar los órdenes a profundidad por medio de fotografías para la identificación de las familias presentes en la muestra, documentando todos los por menores de lo observado en la base de datos del estudio.

Como herramientas se utilizaron las guías de identificación más comunes para la región, guías de referencia del laboratorio del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura y la guía en línea para la identificación de insectos acuáticos de la Universidad de Alberta de Canadá.

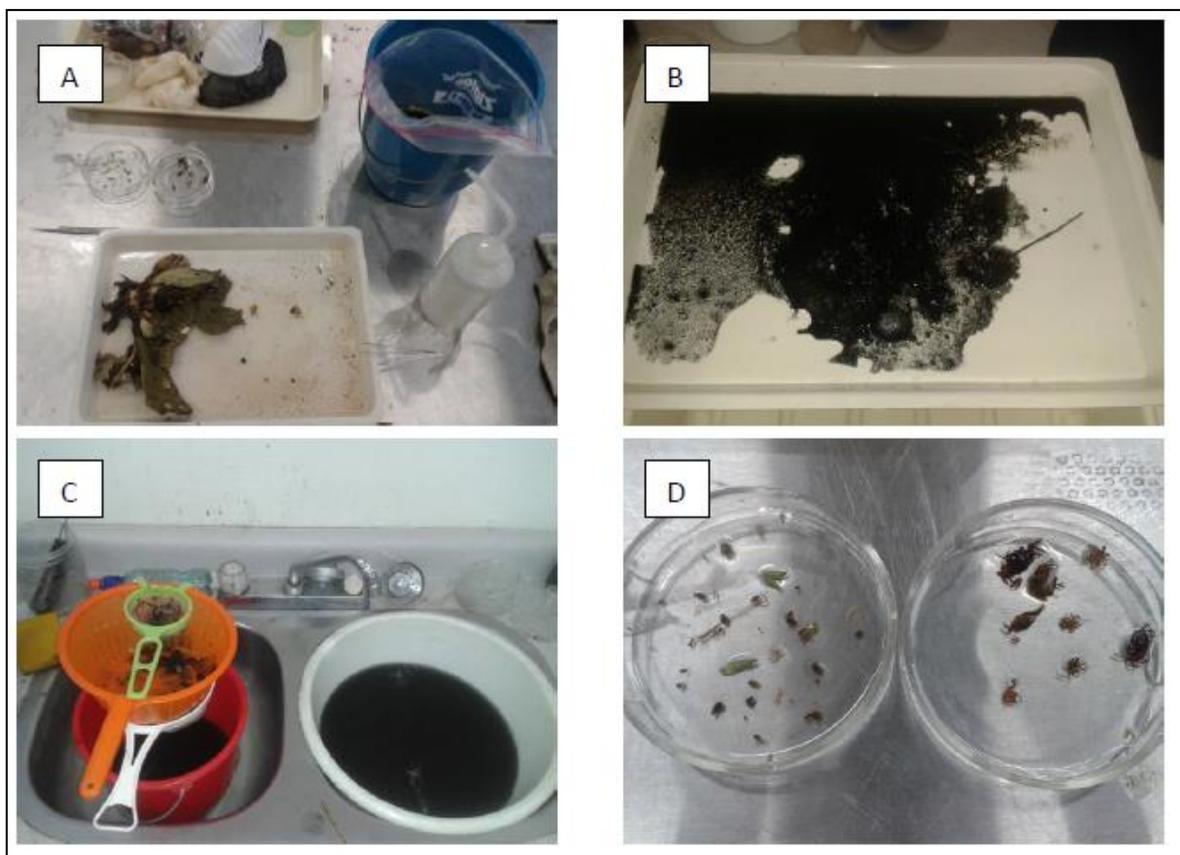


Figura No. 6. A y B) Limpieza de lechuga acuática (*Pistia stratiotes*) C) Utilización de tamices para la colecta de organismos D) Macroinvertebrados obtenidos luego del proceso de limpieza en laboratorio CEMA (Trabajo de campo, 2014)

5.4.3 Toma de muestras de agua y medición de parámetros fisicoquímicos

Esta matriz fue evaluada con el apoyo de equipo de campo debidamente calibrado con sondas multiparámetros marca ExTech, modelo ExStick EC500 y DO600 cuyas especificaciones se pueden apreciar en el Cuadro No. 5. Las muestras fueron tomadas con el apoyo de contenedores endulzados con agua del punto de muestreo y la toma de muestras de fondo se realizó con el apoyo de equipo especializado (botella de Niskin) para la obtención de la muestra. Los muestreos fueron realizados en campo (*in-sitú*) y los datos obtenidos fueron documentados en tablas específicamente diseñadas para la toma de datos en campo para luego nutrir la base de datos electrónica.

Cuadro No. 7. Especificaciones de los equipos utilizados para la medición de las variables de calidad de agua

EC 500			
Medida	Escala	Precisión	
pH	0.00 – 14.00	±0.01	
Conductividad	200 – 1999 $\mu\text{s/cm}$	±2% de la escala total	
STD	0 – 99.9 ppm o mg/l	±2% de la escala total	
Salinidad	0 – 9.99 ppm	±2% de la escala total	
Temperatura	-5.0 °C – 90.0 °C	±1°C (de -5 a 50°C)	

OD 600			
Medida	Escala	Resolución	Precisión
% Saturación	0 a 200.0 %	0.1%	±2.0% (de escala total)
Concentración de Oxígeno Disuelto	0 a 20.00 mg/l	0.01 mg/l	±2.0% (de escala total)
Temperatura	0 – 50 °C	0.1 °C	±1.0 °C

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

5.4.4 Localización y clima

Para la elaboración de esta matriz se documentaron las variables conforme a la observación directa de las mismas, estadísticas y pronósticos climáticos locales e internacionales como lo indica el cuadro 2 (INSIVUMEH, y AccuWeather), las variables de localización e identificación de los puntos de muestreo fue necesario la utilización de equipo de Geoposicionamiento Global (GPS) y señalización natural, documentando todos los datos por medio de Tablas diseñadas específicamente para toma de datos.

5.5 Análisis de información

La información obtenida de las variables en los muestreos, fue analizada individualmente dentro de sus matrices para luego realizar un análisis descriptivo de las variables que demuestran la relación de los efectos o ausencia de los mismos que se presentaron en el período de la investigación con efecto en la calidad de agua y diversidad de macroinvertebrados dentro de los cuerpos de agua evaluados.

Para las variables de la Matriz de Macroinvertebrados se utilizaron índices de biodiversidad a nivel de familia como el de uniformidad de Shannon-Wiener, de diversidad de Simpson y de riqueza de Margalef; formando así un criterio basado en las comunidades de macroinvertebrados que permitió evaluar su respuesta o adaptación según el cambio en las condiciones y características del medio o hábitat estuarino.

5.5.1 Índice de Diversidad de Simpson (D)

Este índice cuantifica la probabilidad que dos individuos seleccionados aleatoriamente en una comunidad infinita pertenezcan a una misma especie. Si p_i es la probabilidad que tiene un individuo de pertenecer a la especie i ($i = 1, 2, 3, 4, \dots, S$) y la extracción de cada individuo es un

elemento independiente, la probabilidad que tienen dos individuos de una misma especie en ser elegidos al azar será $p_i \times p_i$ o p_i^2 . La probabilidad promedio de que ocurra será igual a la suma de las probabilidades individuales de cada especie.

La fórmula resultante será:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde S es el número de especies, N es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas) y n es el número de ejemplares por especie. Este índice puede interpretarse conforme a su valor comprendido entre 0 y 1 siendo 0 el de mayor diversidad y 1 el de menor diversidad, por lo general se utiliza $1-D$ para indicar que existe mayor diversidad a mayor valor.

5.5.2 Índice de Uniformidad de Shannon-Wiener

Este índice en el que (H) toma en cuenta el número de especies y la equitatividad o uniformidad de la distribución del número de individuos en cada especie, es más sensible para especies raras y estima la diversidad de la comunidad en que fue tomada la muestra. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$H = - \sum_{i=1}^s (P_i \cdot \ln P_i)$$

Donde:

- P_i : proporción total de la muestra que pertenece a la especie " i ", con $i = 1, 2, \dots, S$; en donde " S " es el número total de especies presentes en la muestra.

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i = número individuos especie i .

N = número de todos los individuos de todas las especies.

El valor máximo que adquiere en los ríos para las comunidades de invertebrados bénticos es de 4,5. Valores inferiores a 2,4 - 2,5 indican que el sistema está sometido a tensión. El Cuadro 6 presenta la clasificación del cuerpo de agua según este índice de riqueza.

Cuadro No. 8. Clasificación de la calidad del agua según el índice Shannon-Wiener

Esquema de Wilhm y Dorris (1968)		Esquema de Staub <i>et al.</i> (1970)		Ramírez y Roldán (2008)	
H'	Condición	H'	Condición	H'	Condición
> 3	Agua Limpia	3.0 - 4.5	Contaminación Débil	3.0 - 3.5	Aguas muy Limpias
1 - 3	Contaminación Moderada	2.0 - 3.0	Contaminación Ligera	1.5 - 3.0	Aguas Medianamente Contaminadas
< 1	Contaminación Severa	1.0 - 2.0	Contaminación Moderada	0.0 - 1.5	Aguas muy Contaminadas
		0.0 - 1.0	Contaminación Severa		

Fuente: Segnini, 2000, adaptado por Carias, 2013.

5.5.3 Índice de riqueza de Margalef

Es un índice de riqueza de especies. El índice de Margalef fue propuesto por el biólogo y ecólogo catalán Ramón Margalef y tiene la siguiente expresión:

$$I=(s-1)/Ln N$$

Donde **I** es la biodiversidad, **s** es el número de especies presentes, y **N** es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies). La notación **Ln** denota el logaritmo neperiano de un número. Este índice es interpretado por valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja biodiversidad (en general resultado de

efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad.

5.5.4 Índice de Equidad de Pielou

Este índice mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1 de forma que 1 es cuando todas las especies son igualmente abundantes.

$$\text{Pielou } J = H/\ln(S)$$

Donde:

H = índice de diversidad de Shannon y; S = número de especies (o riqueza).

RESULTADOS

6.1 Río Motagua

6.1.1 Macroinvertebrados acuáticos

La toma de muestras en el río Motagua se especificó en la colecta de macroinvertebrados a las riberas del río, las corrientes y el constante transporte de sedimentos hacia la bahía fueron importantes para la realización de esta actividad. Se utilizaron las trampas de sedimento y la captura directa en la superficie del agua así como también el raspado de sustratos presentes, esto dependiendo de las condiciones que se presentaron en cada estación de muestreo. Durante el estudio se colectaron 239 organismos pertenecientes a 2 familias de moluscos (Cuadro No. 9).

Cuadro No. 9. Macroinvertebrados acuáticos en río Motagua

Río Motagua				
Filo	Orden	Superfamilia	Familia	Conteo
Mollusca	Caenogastropoda	Cerithioidea	Pachychilidae	236
Mollusca	Cycloneritomorpha	Neritoidea	Neritidae	3

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

Para el río Motagua los índices de biodiversidad se encontraron muy bajos (Cuadro No. 10), tanto el de diversidad, el de riqueza y el de equidad debido a que se encontraron solamente dos especies de macroinvertebrados. Como se observa en el Cuadro No. 10 el índice de dominancia favoreció a la especie de la familia Pachychilidae. El índice de Simpson y Pielou muestran dichos resultados de inequidad y baja diversidad. Según el índice de Shannon-Wiener el río sufre una contaminación severa. La estadística descriptiva muestra la inequidad en relación a las especies encontradas ya que presentan una distribución asimétrica negativa.

Cuadro No. 10. Cálculos estadísticos y de biodiversidad realizados en río Motagua

<i>Río Motagua #1, 2 y 3</i>		<i>Biodiversidad</i>	
Media	79.666	# de familias	2
Error típico	68.821	# de individuos	239
Mediana	19	log Natural especies	1.099
Moda	--	log Natural de individuos	5.476
Desviación estándar	119.202	Índice de Margalef	0.365
Varianza de la muestra	14209.333	Índice de Simpson	0.169
Curtosis	--	Índice de Shannon-Wiener	0.344
Coefficiente de asimetría	1.697	Índice de Pielou	0.313
Rango	214		
Mínimo	3		
Máximo	217		
Suma	239		
Cuenta	2		

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

6.1.2 Parámetros fisicoquímicos

Como se puede observar en la Figura No. 7, los valores de pH se van acidificando mientras se acercan a las áreas pobladas (estación No. 3) aunque se mantienen en el rango de la neutralidad, mientras que el oxígeno disminuye al acercarse a la barra, la temperatura permanece estable tanto en época seca como en invierno (Anexo No. 1).

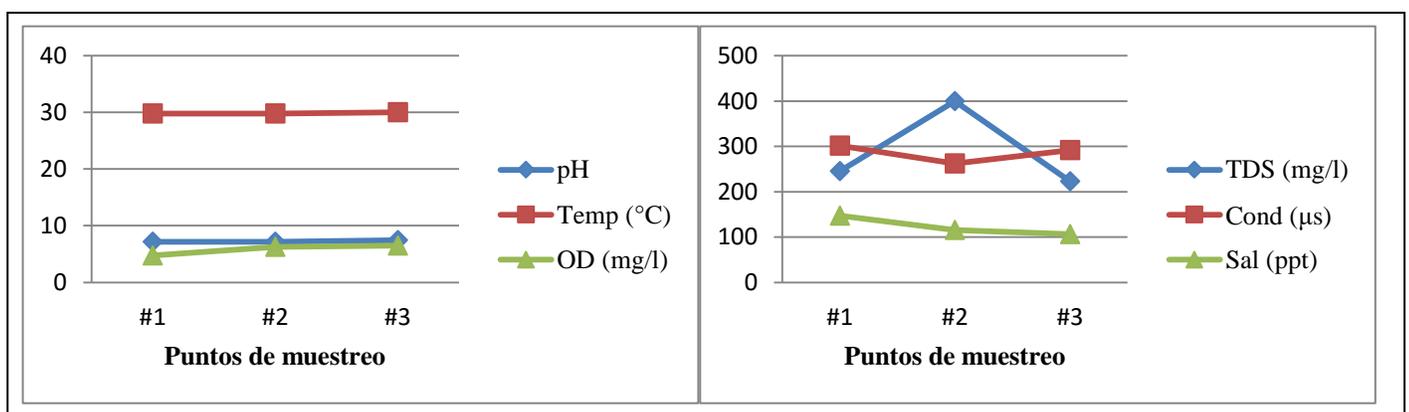


Figura No. 7. Variables de calidad del agua para río Motagua por estaciones de muestreo
(Trabajo de campo, 2014)

Las condiciones de salinidad y conductividad observadas en la Figura No. 7 demuestran un comportamiento de forma esperada, aumentando al acercarse a la desembocadura del río, debido a la interacción de las aguas continentales con las marinas generado una zona de corrientes e intercambio constante. Los sólidos totales presentan un aumento en la estación No. 2 debido a la dinámica de la corriente sinuosa en este punto. En época seca los niveles de oxígeno disuelto son mayores en comparación de los de época de invierno, este fenómeno puede ser resultado de la actividad fotosintética del fitoplancton influenciado por largas horas de sol durante el momento de muestreo. El aumento de la temperatura implica una aceleración de la putrefacción disminuyendo el oxígeno disuelto, siendo este indispensable para la vida acuática. En el mes de mayo vemos un aumento de la temperatura y sucesivamente en el mes de agosto el pico más bajo de oxígeno disuelto (Figura No. 8).

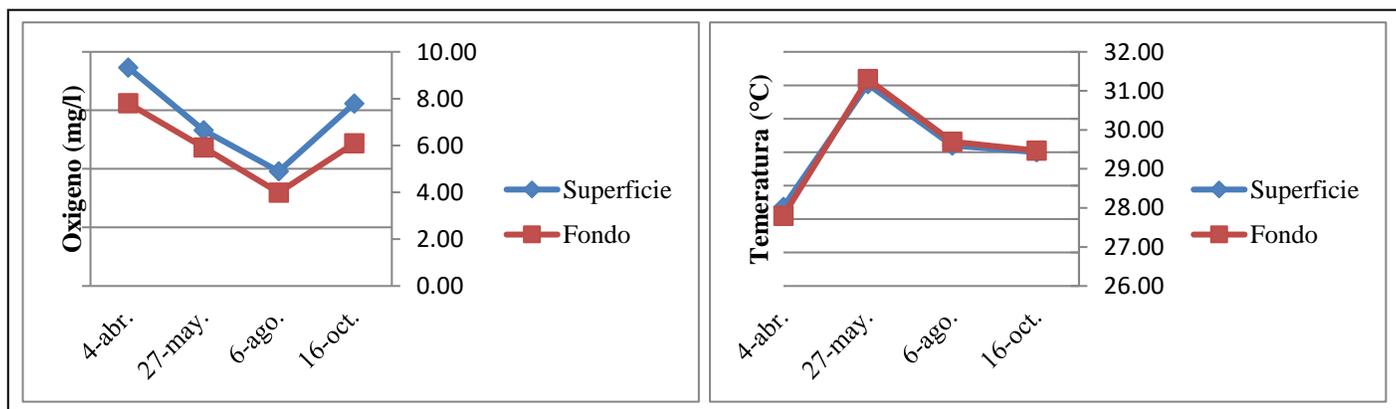


Figura No. 8. Oxígeno y temperatura del río Motagua por época (Trabajo de campo, 2014)

Los sólidos totales disueltos y la conductividad en el caso del río Motagua se observa una estratificación marcada en época húmeda y valores significativamente altos de TDS al iniciar las precipitaciones y la estratificación es más evidente debido a los aportes que se generan en la zona por efecto de escorrentía y aportes de aguas servidas.

Por su parte la salinidad se comporta como lo esperado, levemente mayores en la superficie que en el fondo (Figura No. 9), mientras se acercan a la desembocadura aumentan sus valores gracias al intercambio con aguas marinas.

Durante el período de muestreos las variables de TDS, conductividad se comportaron de forma que aumentaron con el ingreso de la época de lluvias, posiblemente debido a la influencia de la crecida del río y el aporte de los afluentes al mismo, desde el punto de vista ecológico los niveles altos de TDS y conductividad son un factor limitante para la vida acuática ya que las especies están sometidas a una presión osmótica. La salinidad por su parte presentó lecturas mayores en época seca, esto debido a la disminución del cauce, la evapotranspiración en el agua y el ingreso de corrientes marinas al río (Figura No. 9).

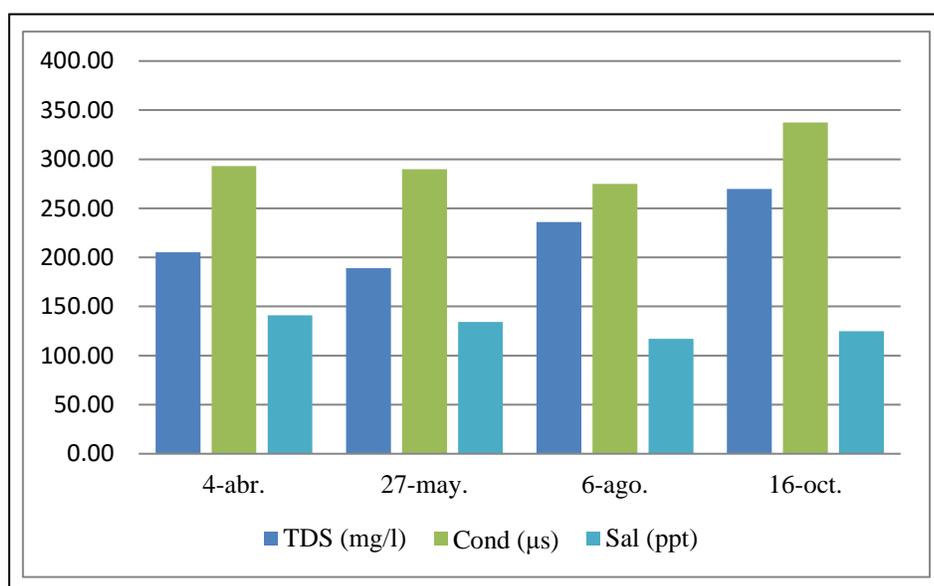


Figura No. 9. STD, conductividad y salinidad por época (Trabajo de campo, 2014)

6.2 Estero Motagua Viejo

6.2.1 Macroinvertebrados acuáticos

En el estero Motagua Viejo el monitoreo de macroinvertebrados se especificó en la colecta de los mismos en los sustratos a los que se asocian, como lo son la lechuga o repollo acuático (*Pistia stratiotes*) y las raíces de los árboles anegados especialmente el palo sangre o cahué

(*Pterocarpus officinalis*), durante el muestreo se logró la captura de 2153 organismos representados en 37 familias y 11 órdenes, presentando así la mayor abundancia y variedad encontrada en el estudio.

Los análisis de biodiversidad y estadística descriptiva demuestran valores saludables para la vida acuática y de diversidad de especies, como se observa en el Cuadro No. 11, el índice de Shannon-Wiener indica que el cuerpo de agua posee una contaminación ligera según la valoración utilizada en este estudio, el índice de Simpson muestra un valor alto cercano al 1 que indica la mayor diversidad posible, el índice de Margalef muestra que el cuerpo de agua es rico en especies ya que se acerca a 5 y el índice de Pielou que denota la abundancia específica es de 0.7 cuando el valor más alto posible es de 1. La estadística descriptiva muestra la inequidad en relación a las especies encontradas ya que presentan una distribución asimétrica negativa por ser una población natural dominada por ciertos órdenes.

Cuadro No. 11. Cálculos estadísticos y de biodiversidad realizados en el estero Motagua Viejo

<i>Motagua Viejo</i>		<i>Biodiversidad</i>	
Media	59.805	# de familias	36
Error típico	15.932	# de individuos	2153
Mediana	11.5	log Natural especies	3.584
Moda	2	log Natural de individuos	7.675
Desviación estándar	95.596	Índice de Margalef	4.56
Varianza de la muestra	9138.732	Índice de Simpson	0.903
Curtosis	5.8290	Índice de Shannon-Wiener	2.665
Coficiente de asimetría	2.3515	Índice de Pielou	0.744
Rango	421		
Mínimo	1		
Máximo	422		
Suma	2153		
Cuenta	36		

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

En la gráfica de Abundancia relativa de órdenes se puede apreciar que con relación a las especies encontradas se observó que el orden Díptera presenta la mayor abundancia y riqueza,

la especie dominante es el molusco de la familia Thiaridae que se encontró en todas las estaciones y momentos del estudio (Figura No. 10).

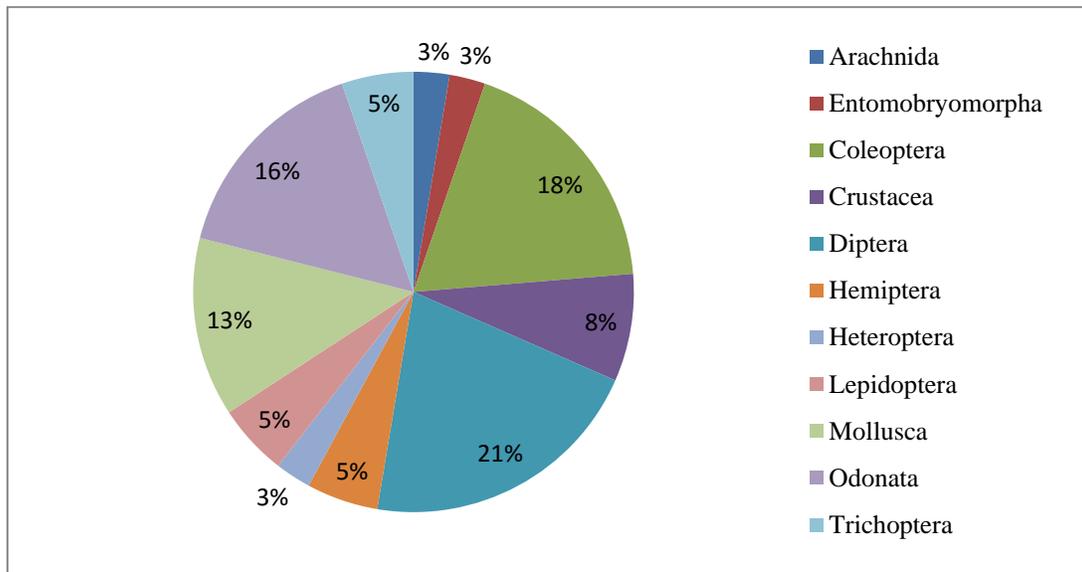


Figura No. 10. Abundancia relativa de macroinvertebrados en estero Motagua Viejo (Trabajo de campo, 2104)

El cálculo de los índices de biodiversidad realizados presentan valores altos dentro del estudio, posicionando al estero Motagua Viejo como el más diverso biológicamente y con las condiciones de calidad de agua más favorables, esto tomando en cuenta que durante el estudio sucedió un fenómeno antrópico que afectó la estabilidad del mismo (apertura mecánica de barra), también se debe puntualizar que este estero por la presencia de la lechuga o repollo acuático ofrece un hábitat fácil de colonizar por organismos como los macroinvertebrados, asociándose a miles de estas plantas dentro del límite fótico superficial del cuerpo de agua. En el Cuadro 12 se puede observar el análisis de biodiversidad por estación de muestreo resaltando que la estación No.2 fue la más diversa y rica en especies debido a la ubicación céntrica, esta es la estación con condiciones más estables dentro del cuerpo de agua.

Cuadro No. 12. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados en el estero Motagua Viejo

Riqueza y abundancia en cada estación de muestreo			
	Estación #1	Estación #2	Estación #3
Riqueza de ordenes	25	30	14
Abundancia de organismos	740	1217	196

Índices de diversidad por estación de muestreo			
	Estación #1	Estación #2	Estación #3
Riqueza de Margalef	3.633	4.082	2.463
Diversidad de Simpson	0.884	0.897	0.870
Uniformidad de Shannon-Wiener	2.487	2.604	2.241
Abundancia de Pielou	0.773	0.766	0.849

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

Por medio del análisis los organismos capturados se puede apreciar como la riqueza de las familias encontradas oscila entre las estaciones de muestreo, con valores menores en la estación de muestreo No. 3 que recibe los afluentes de la escorrentía y en época seca disminuyen considerablemente sus condiciones, en la estación de muestreo No. 1 que durante el estudio sufrió un acontecimiento antrópico importante con la apertura de barra y posteriormente presento las condiciones esperadas de un intercambio e interacción de aguas salobregas con marinas y sobre todo en la estación No. 2 donde los valores calculados son los mayores del cuerpo de agua y del estudio. Los índices de diversidad también demuestran que en el punto medio del estero, estación de muestreo No. 2, donde las condiciones de calidad de agua presentaron mayor estabilidad durante el estudio y los sustratos a los que se encuentran asociados los macroinvertebrados permanecieron en el tiempo, las variables de diversidad, riqueza y abundancia demuestran mejores condiciones y por lo consiguiente mayor calidad de agua.

6.2.2 Parámetros fisicoquímicos

Los valores del pH mostraron un comportamiento interesante con respecto a la temporalidad del estudio ya que en época seca el fondo presentó valores más altos que en el invierno y la superficie se comportó de forma opuesta, esto evidencia que las precipitaciones y los aportes de aguas continentales que generan un impacto significativo, la temperatura en el estero se mostró alta durante el período de investigación mostrando un pico significativo en el mes de agosto de 36.5°C que representa una variación de 5°C con respecto de la media de 31.48°C (Figura No. 11).

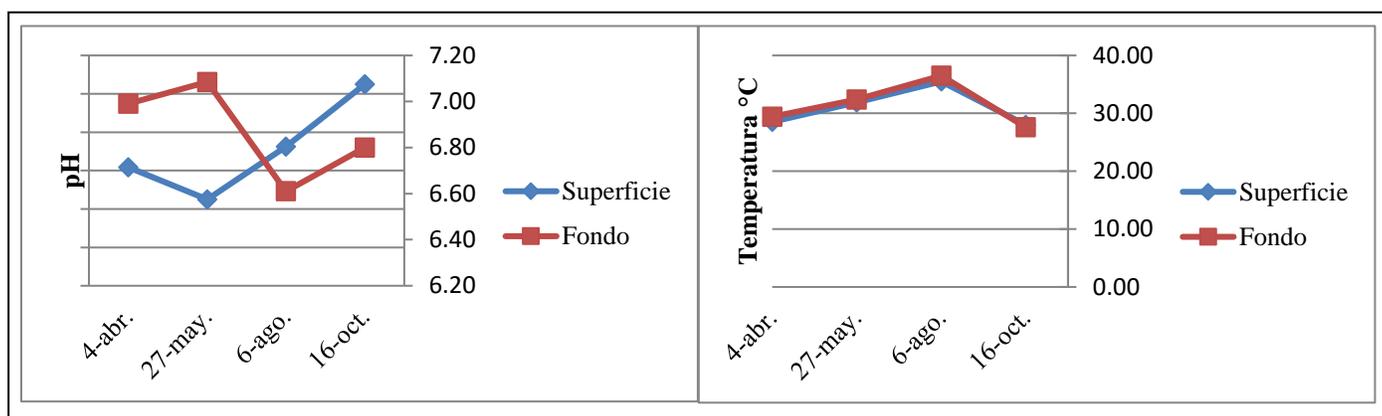


Figura No. 11. pH y temperatura en estero Motagua Viejo (Trabajo de campo, 2104)

La temperatura y el oxígeno se comportaron de forma tal como es de esperarse que el aumento en la temperatura del agua influya en la variable de oxígeno disuelto, estos valores oscilaron de 5.12 en el segundo muestreo a 8.28 en el cuarto muestreo (Anexo No. 3). Las estaciones con mejores condiciones en términos de disponibilidad de OD fueron la No. 1 y la No. 2 en último muestreo dentro de la época lluviosa o de invierno.

En la segunda comisión de muestreo se percibió un descenso en la saturación de oxígeno en la que los valores alcanzaron niveles de 59.8%, se presume que debido al movimiento y alteración del ecosistema con la apertura mecánica de la barra la normalidad del recurso se vio

afectada directamente por el ingreso e interacción con las aguas marinas y la remoción de sedimentos.

Los sólidos disueltos totales y la conductividad fueron factores que demostraron cambios considerables y estratificación en relación al agua de fondo y las estaciones (Figura No. 12). En época seca o de verano las condiciones de fondo demostraron gran acumulación de sales que aumentaron los valores significativamente con relación a los de superficie tanto en la estación No. 1 como en la estación No. 2.

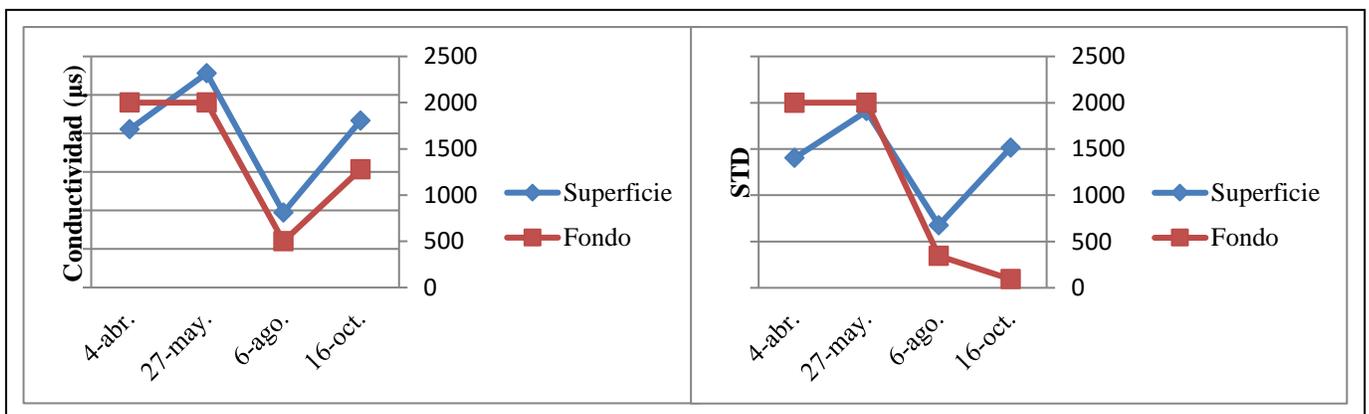


Figura No. 12. Conductividad y STD del estero Motagua Viejo (Trabajo de campo, 2104)

Con el ingreso de la época húmeda y el efecto ocasionado por la apertura de barra las condiciones en la estación No. 1 se estabilizaron mas no así en las estaciones No. 2 y No. 3, las cuales continuaron presentando condiciones de estratificación en relación a la columna de agua.

La salinidad (Figura No. 13) también se vio afectada por la manipulación de las condiciones naturales debido a la apertura mecánica de la barra, ya que en el segundo muestreo la estación No. 1 presentó valores altos de salinidad y estos se percibieron en la tercera comisión en la estación No. 3 para que al inicio de los acontecimientos pluviales y los aportes al estero del área continental disminuyeran de nuevo en el cuarto muestreo. Durante el estudio el promedio de salinidad fue de 4.124 mg/l lo que lo clasifica como un cuerpo de agua salobre mesohalino.

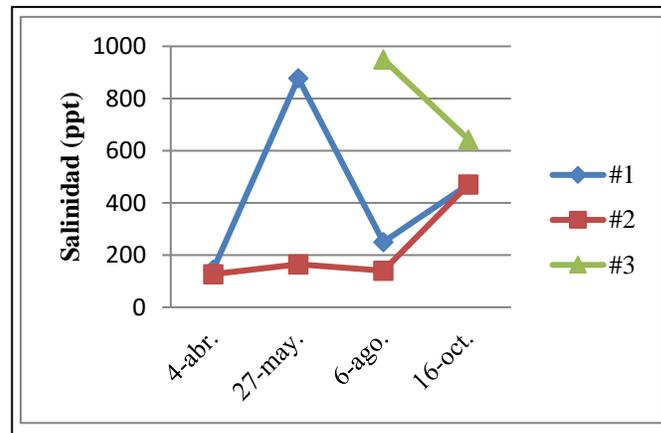


Figura No. 13. Salinidad en estero Motagua Viejo por estaciones de muestreo (Trabajo de campo, 2104)

6.3 Estero Guineo

6.3.1 Macroinvertebrados acuáticos

La colecta de los organismos en el estero Guineo se realizó por medio de la instalación de trampas de sedimento y el raspado de las raíces sumergidas de los árboles y mangle en los puntos de muestreo establecidos. Las condiciones se presentaron muy diferentes que en los cuerpos de agua anteriores ya que los organismos encontrados fueron representados mayormente por ostrácodos en la estación No. 1, aumentando la diversidad en la segunda estación, se encontraron un total de 699 organismos que representan a 20 familias y 7 ordenes, dentro de los organismos colectados los dípteros fueron los más abundantes con un 25% y seguidos por los Coleópteros con un 20% del total de organismos colectados. La riqueza de ordenes fue mayor en la segunda estación presentando 14 ordenes aunque no así mostro la mayor abundancia, esta fue mayor en la estación de barra presentando dominancia de ostrácodos y la estación No. 3 presentó lo valores más bajos dentro de este cuerpo de agua como lo indica el Cuadro No. 13. La presencia de mangle fue crucial para que esta familia se

desarrollara de tal manera ya que las raíces se encontraron repletas de pequeños ostrácodos y moluscos (Ampullariidae), muy pocos macroinvertebrados pertenecientes a otros órdenes relacionados a estas.

Cuadro No. 13. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados en el estero Guineo

Riqueza y abundancia en cada estación de muestreo			
	Estación No.1	Estación No.2	Estación No.3
Riqueza de ordenes	9	14	9
Abundancia de organismos	505	172	20

Índices de diversidad			
	Estación #1	Estación #2	Estación #3
Riqueza de Margalef	1.285	2.526	2.67
Diversidad de Simpson	0.479	0.684	0.784
Uniformidad de Shannon-Wiener	0.986	1.654	1.861
Abundancia de Pielou	0.449	0.627	0.847

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

Los cálculos de diversidad biológica en el estero describen la situación que sufre la estación de muestreo No. 1, ya que esta por la interacción constante con las aguas salinas determina que organismos pueden situarse y prosperar en sus aguas, estos deben ser tolerantes a dichas condiciones. Las condiciones cambiaron para las estaciones No. 2 y No. 3 en las que los índices aumentaron tanto en diversidad como en equidad y dominancia, presentando en la estación No. 2 la mayor riqueza y diversidad del estero. Dentro de los análisis descriptivos se puede observar en el Cuadro No. 14 que la dominancia de los ostrácodos en la estación No. 1 sesga hacia la asimetría a negativa, también se observa que la abundancia de otras especies fue baja ya que la moda es 1. Como se muestra en el cuadro los índices demuestran que existe diversidad y por medio del índice Shannon-Wiener se observa que el estero posee una contaminación moderada, el índice de Simpson se sitúa a un 69% lo que indica una diversidad de media a alta, el índice de Margalef se encuentra por encima del límite de baja diversidad y el índice Pielou se observó al 56% de abundancia debido a la dominancia de los ostrácodos en el punto de muestreo No. 1.

Cuadro No. 14. Cálculos estadísticos y de biodiversidad realizados en el estero Guineo

<i>Esteros Guineo</i>		Biodiversidad	
Media	33.2857143	# de especies	20
Error típico	17.3881655	# de individuos	697
Mediana	7	log Natural especies	2.996
Moda	1	log Natural de individuos	6.547
Desviación estándar	79.6825846	Índice de Margalef	2.902
Varianza de la muestra	6349.31429	Índice de Simpson	0.690
Curtosis	15.419603	Índice de Shannon-Wiener	1.69
Coefficiente de asimetría	3.78465757	Índice de Pielou	0.564
Rango	358		
Mínimo	1		
Máximo	359		
Suma	699		
Cuenta	21		

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

Dentro del estero Guineo las condiciones para el establecimiento de macroinvertebrados es de asociación con las raíces del bosque mayormente compuesto por árboles anegados y los organismos asociados a los escombros de árboles caídos, las profundidades y el color oscuro del agua denotan procesos de descomposición y putrefacción dificultando así el asentamiento de las comunidades de macroinvertebrados. Como se muestra en la Figura No. 14, los ordenes dominantes fueron los Dípteros, luego los Coleópteros y posteriormente los Crustáceos, Odonatos y Moluscos. La presencia de organismos indicadores de buena calidad de agua como lo son los Hemípteros y Lepidópteros fue baja debido a las condiciones de calidad de agua del estero.

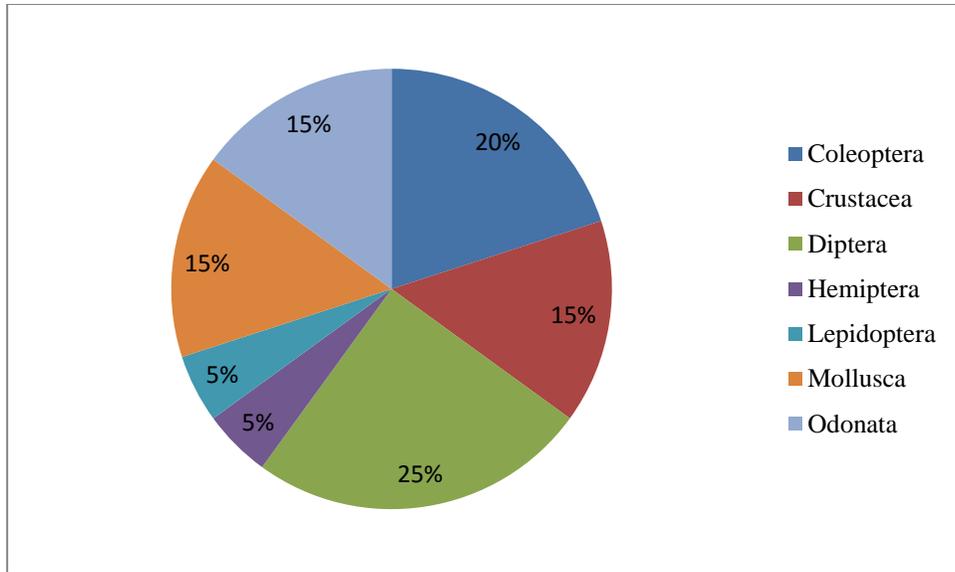


Figura No. 14. Abundancia relativa entre los órdenes encontrados en los muestreos realizados en el estero Guineo (Trabajo de campo, 2014)

El establecimiento de organismos macroinvertebrados se dificulta ya que en este cuerpo de agua el sustrato al que se asocian los macroinvertebrados es escaso y estos dependen de ciertas áreas en las que se encuentran vestigios del bosque o escombros de árboles caídos, las riberas proporcionan un mejor sustrato de asociación aunque escaso por las condiciones de anegación del área.

Durante las comisiones de muestreo se observó que los índices aumentan en la tercera comisión, en época de lluvia, debido a que las condiciones se tornan favorables al existir mayores áreas disponibles para colonizar o asentarse. Así también se muestra que las estaciones No. 1 y No. 3 son las más afectadas por las interacciones tanto de aguas continentales procedentes de la agricultura como la influencia marina por la barra, siendo la estación No. 2 la que presentó condiciones más estables.

6.3.2 Parámetros fisicoquímicos

El pH en este estero, al igual que el Motagua Viejo, se mantuvo en el rango de la neutralidad durante el periodo de investigación, presentando variaciones en el primer muestreo de época seca. Estas variaciones del pH pueden deberse al efecto de la actividad fotosintética, la respiración celular y el efecto de descargas de origen antropogénico proveniente de la influencia de aguas continentales. Como lo indica la Figura 15 la temperatura demostró ser más cálida en la superficie con un leve suceso en el mes de mayo en el que la columna de agua presentó la menor diferencia entre superficie y fondo.

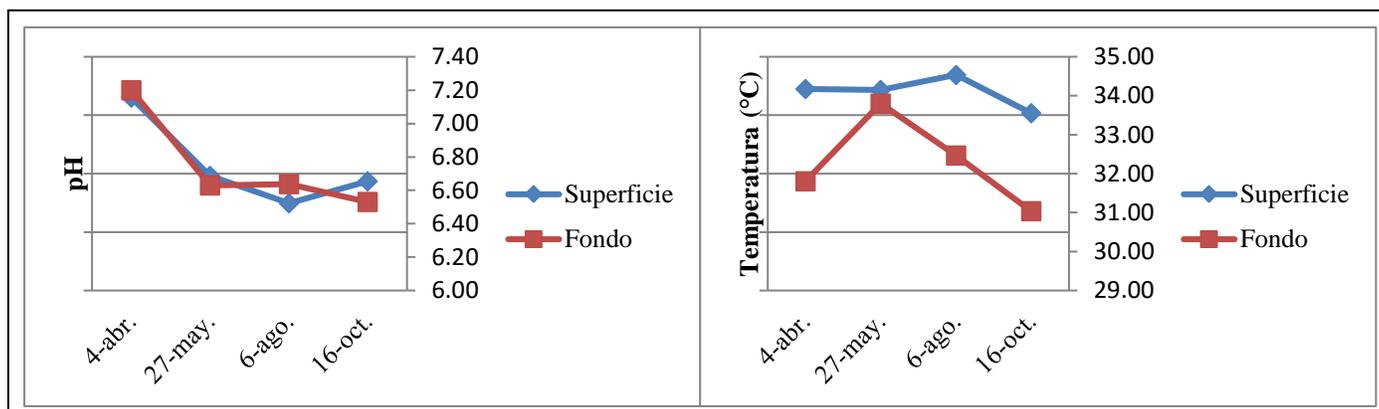


Figura No. 15. pH y Temperatura (°C) del estero Guineo (Trabajo de campo, 2014)

Como se puede observar en la Figura No. 16, la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales se observaron con valores altos, con una estratificación marcada en relación a la columna de agua. Presentando los valores más bajos en la estación de muestreo No. 3, en lo profundo del estero, de igual forma con estratificación importante presentando valores mayores en los fondos que en las aguas superficiales. Se pudo observar que la salinidad con la barra cerrada igualmente era alta en el fondo y baja en la superficie en la estación de muestreo No. 1 evidenciando la interacción de las aguas en este punto, con las otras estaciones las condiciones se denotaron más estables en relación a la columna de agua, la oscilación fue menor y las condiciones mucho más homogéneas entre la superficie y el fondo.

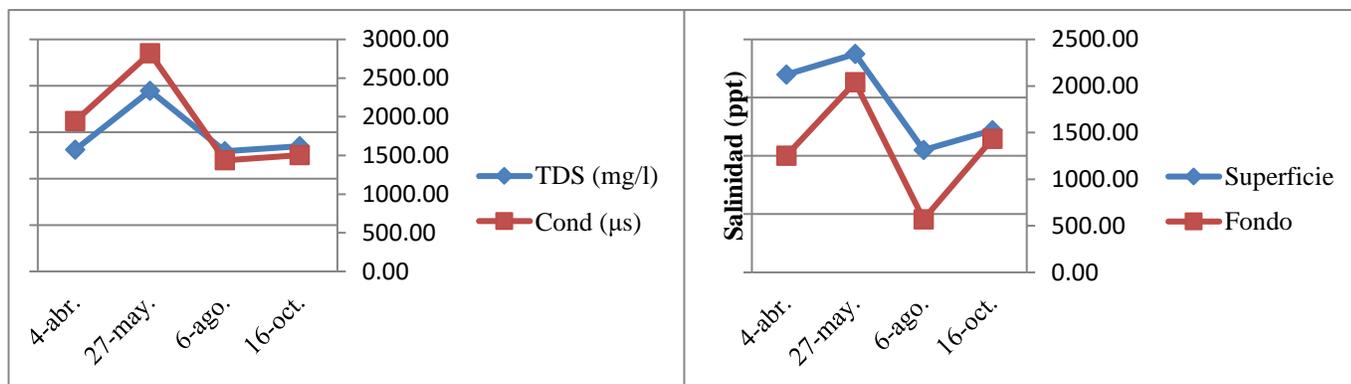


Figura No. 16. Conductividad, STD y salinidad en estero Guineo (Trabajo de campo, 2014)

Con respecto a la temperatura y el oxígeno disuelto se puede observar en la Figura No. 17, que en la estación de muestreo No. 1 se presentaron las condiciones más extremas con temperaturas por encima de los 31 grados durante la época seca y por sobre los 29 grados en época lluviosa, esto afectó directamente en los valores de oxígeno disuelto, observándose baja disponibilidad de este compuesto indispensable para la vida acuática y utilizado por los procesos de descomposición de materia orgánica.

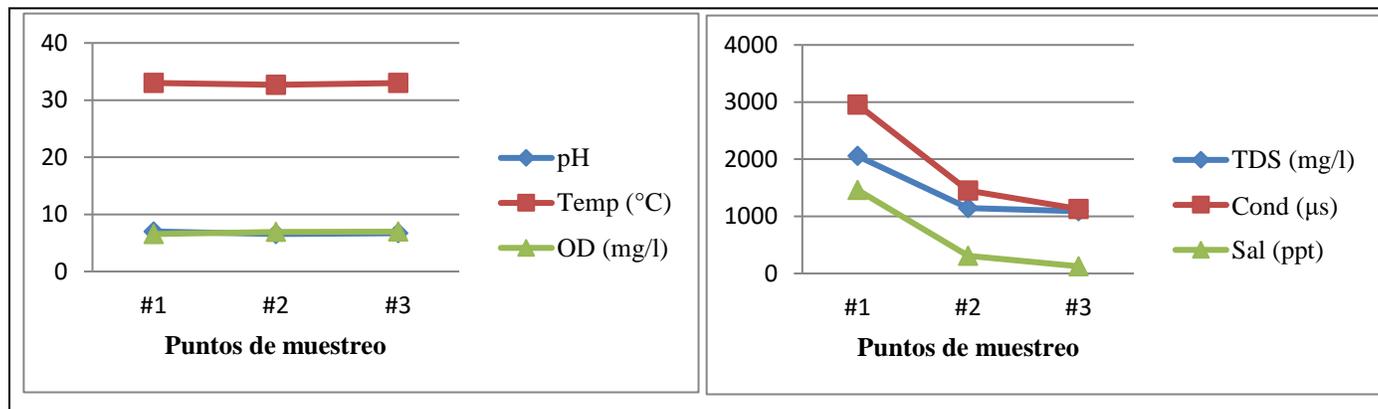


Figura No. 17. Variables de calidad del agua para estero Guineo por estaciones de muestreo

(Trabajo de campo, 2104)

6.4 Variabilidad de los índices biológicos

En la Figura No. 18 se puede observar como en todos los índices evaluados en el estudio demuestran que el estero Motagua Viejo presentó mejor calidad en verano que en invierno e índices más altos que los demás.

El estero Guineo se comportó de diferente manera presentando mejores condiciones en invierno que en verano para todos los índices, con ponderaciones intermedias en comparación con los cuerpos de agua estudiados.

Por último, el río Motagua, debido a las condiciones antes mencionadas de corrientes, transporte de sedimentos y configuración de las riveras arrojó los valores más bajos del estudio mostrando un leve aumento de los índices en época de verano pero muy por debajo de los estándares de aguas de buena calidad.

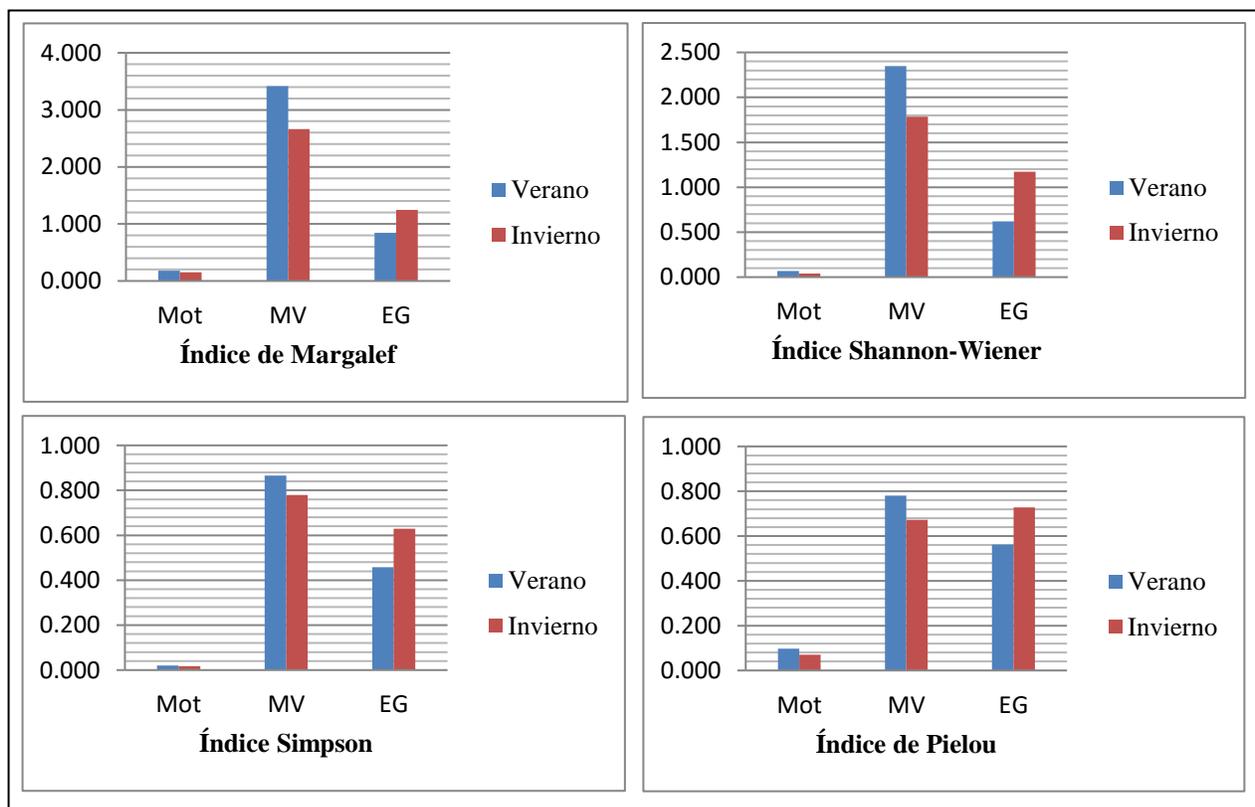


Figura No. 18. Índices biológicos por época para los cuerpos de agua
(Trabajo de campo, 2014)

La abundancia de macroinvertebrados acuáticos fue dominada por el estero Motagua Viejo que presentó valores altos demostrando una variación al aumentar significativamente en la

época de invierno, así también se presentó en el río Motagua y el estero Guineo en donde se observaron valores mayores en invierno que en verano (Figura 19).

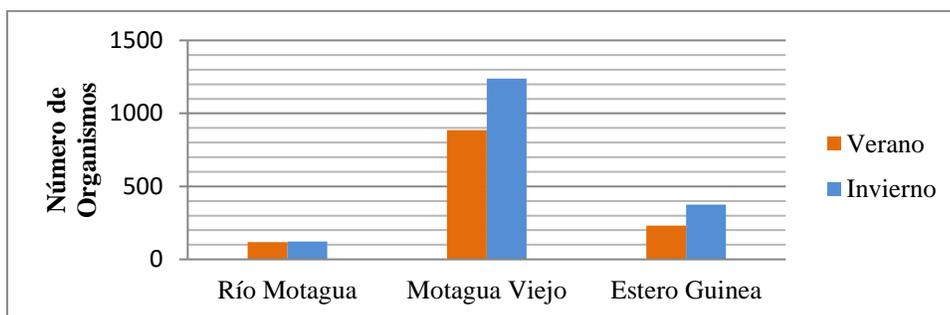


Figura No. 19. Número de organismos recolectados por época (verano e invierno)
(Trabajo de campo, 2014)

En el análisis de varianza realizado en relación a los índices de biodiversidad se puede observar en el Cuadro No. 15 que la diferencia significativa se encuentra entre el estero Motagua Viejo y los cuerpos de agua río Motagua y estero Guineo en relación a los índices de riqueza de Margalef y de uniformidad de Shannon-Wiener.

Cuadro No. 15. Varianza de índices Margalef y Shannon-Wiener

Margalef	Mot	MV	EG
Verano	0.183	3.415	0.843
Invierno	0.150	2.663	1.248
Promedio	0.167	3.039	1.045
HSD=	1.68		

Shannon-Wiener	Mot	MV	EG
Verano	0.067	2.347	0.620
Invierno	0.040	1.784	1.174
Promedio	0.054	2.065	0.897
HSD=	1.56		

Riqueza	Mot	MV	EG
Mot		-2.872	-0.879
MV			1.993
EG			
>HSD	diferentes	MV-Mot	EG-MV
<HSD	No Dif	EG-Mot	

Uniformidad	Mot	MV	EG
Mot		-2.012	-0.844
MV			1.168
EG			
>HSD	diferentes	MV-Mot	EG-MV
<HSD	No Dif	EG-Mot	

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

En el Cuadro No. 16 se puede observar que la diferencia significativa se da en relación a los esteros Motagua Viejo y Guineo con el río Motagua, por lo que la abundancia de Pielou y la diversidad de Simpson son significativamente diferentes que los índices del río Motagua.

Cuadro No. 16. Varianza de índices Simpson y Pielou

Simpson	Mot	MV	EG
Verano	0.020	0.866	0.457
Invierno	0.018	0.779	0.629
Promedio	0.019	0.823	0.543
HSD=	0.38		
Diversidad			
	Mot	MV	EG
Mot		-0.804	-0.524
MV			0.279
EG			
>HSD	diferentes	MV-Mot	EG-Mot
<HSD	No Dif	EG-MV	

Pielou	Mot	MV	EG
Verano	0.097	0.781	0.562
Invierno	0.070	0.672	0.727
Promedio	0.084	0.727	0.645
HSD=	0.39		
Abundancia			
	Mot	MV	EG
Mot		-0.643	-0.561
MV			0.082
EG			
>HSD	diferentes	MV-Mot	EG-Mot
<HSD	No Dif	EG-MV	

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

6.5 Variabilidad de los parámetros de calidad del agua

En relación a la calidad de agua se puede observar en la Figura 20, que el pH del río Motagua presenta valores en verano de 7.70 y en invierno 6.80 observándose la mayor variabilidad entre épocas, el estero Motagua Viejo fue el cuerpo de agua más estable durante el período de investigación sin observarse variaciones manteniendo el valor en 6.90 y el estero Guineo presentó una variación de 7.10 en época seca y en invierno de 6.70. Estos datos nos indican que todos los cuerpos de agua presentan valores estacionales dentro de los rangos recomendados para la vida acuática dentro de la neutralidad (6.5 – 8.2).

La temperatura promedio durante las épocas de verano e invierno observadas durante el estudio demuestran que los cuerpos de agua son independientes y las variaciones se dan en los

estero ya que estos poseen menor tasa de recambio y poseen procesos de degradación en los fondos, el río Motagua no presenta variación ya que posee un flujo constante durante todo el tiempo, el estero Motagua Viejo si presenta una variación con una amplitud de 1 grado aproximadamente y el estero Guineo presenta la temperatura más alta de los tres (33°C) con una variación de 0.5 grados. Esto puede afectar la solubilidad del oxígeno dentro del cuerpo de agua ya que las partículas de oxígeno son más difíciles de disolver.

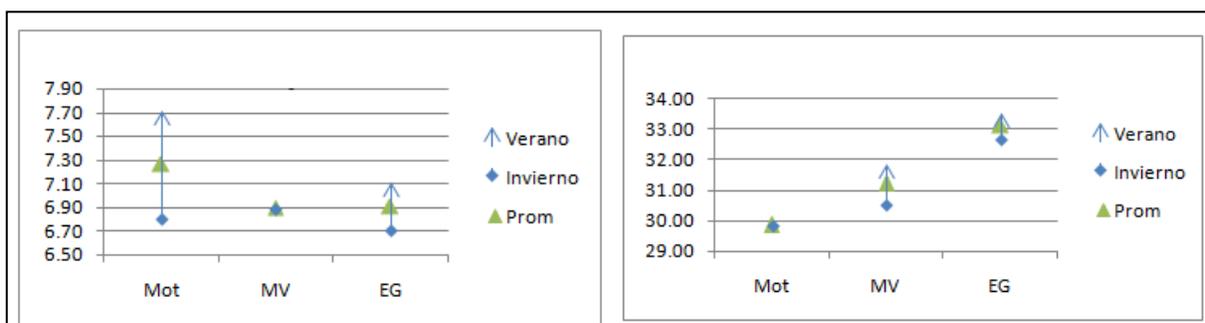
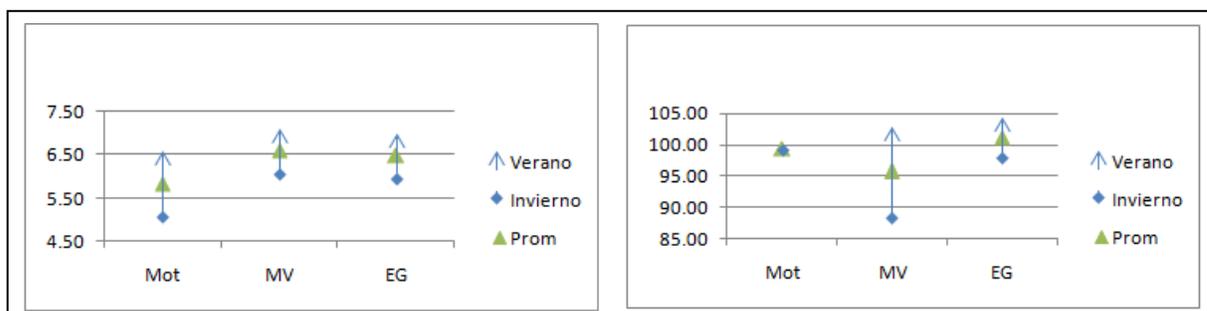


Figura No. 20. Fluctuaciones de pH, izquierda y temperatura (°C), derecha, por época (Trabajo de campo, 2014)

Las variables de oxígeno, oxígeno disuelto y la saturación nos permiten evaluar la disponibilidad de este recurso limitante de la vida acuática y esencial para los procesos de oxidación y reducción de los compuestos orgánicos. Se puede observar en la Figura No. 21 que el Oxígeno Disuelto presenta variaciones en los tres cuerpos de agua pero en el río Motagua los valores en época de invierno llegan a límites por debajo de lo recomendado generando estrés a los organismos presentes, esto puede deberse a los aportes de escorrentía e industriales (agroquímicos) presentes en el área.

Los valores observados presentan un aumento en época de verano como es de esperarse ya que la actividad fotosintética promueve este efecto. Con respecto de la Saturación de Oxígeno



vemos que el cuerpo de agua que llama la atención es el estero Motagua Viejo ya que presenta una variación amplia entre épocas. Es importante resaltar que la saturación máxima de los esteros sobre pasa los 100% condición que puede indicar una sobresaturación debido a altos niveles de fotosíntesis dentro del sistema que pueden ocasionar bajas importantes de oxígeno durante la noche.

Figura No. 21. Fluctuaciones de oxígeno disuelto (mg/l), izquierda y porcentaje de saturación, derecha, durante el período de investigación (Trabajo de campo, 2014)

Los sólidos totales disueltos y la conductividad observados en la Figura No. 22, muestra como estas dos variables tienen relación directa, mientras aumenta el valor de conductividad debe aumentar el valor de los sólidos disueltos entre los cuerpos de agua. En el caso específico del estero Motagua Viejo se observa como esta variable presenta una amplitud entre épocas importante probablemente debido a la apertura de la barra mecánicamente. En relación a la conductividad se puede observar que para los esteros esta es mayor y oscila entre los 900 a 1500 para el estero Motagua Viejo y de 1500 a 2200 en el estero Guineo, esto es de esperarse en cuerpos de agua de esta naturaleza ya que estas variables responden a la concentración de la salinidad y como se observa en la gráfica la salinidad de los esteros es mayor debido a la interacción de las aguas marinas y la tasa de recambio considerablemente menor a la del río Motagua.

Así también se puede observar que el estero Guineo es el que presenta concentraciones de salinidad más altas con mayor variación entre épocas demostrando el aporte que este estero recibe de las aguas continentales.

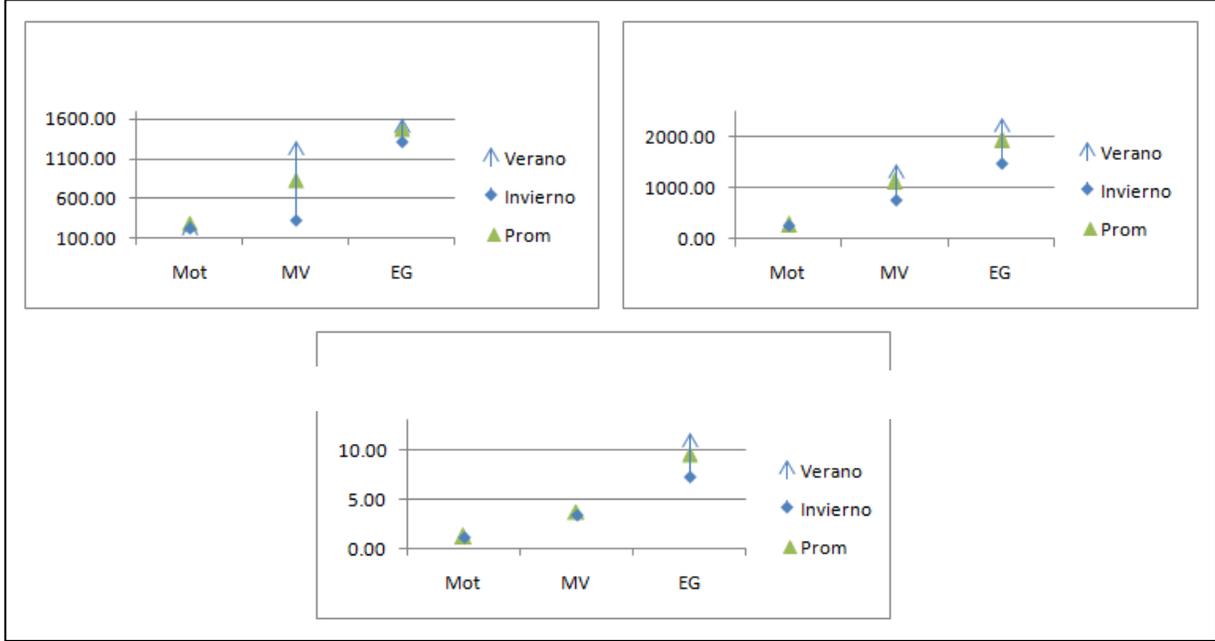


Figura No. 22. Sólidos totales disueltos (ppm) izquierda, conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}^2$) derecha y salinidad (ppm) abajo durante el período de investigación (Trabajo de campo, 2014)

7. CONCLUSIONES

1. Las condiciones para el establecimiento de macroinvertebrados en los diferentes cuerpos de agua estudiados responden a características específicas de cada uno y se observa que las variaciones están relacionadas al ingreso de la época lluviosa, apertura de barras y los aportes de aguas continentales.
2. Los análisis de biodiversidad concluyen que el estero Motagua Viejo presenta los valores más altos en diversidad y abundancia de organismos, tanto en época de verano como en invierno.
3. Las condiciones presentes en la desembocadura del río Motagua muestran que bajo estas condiciones el establecimiento de comunidades de macroinvertebrados es sumamente adversa debido a la dinámica que presentan sus corrientes, movimiento y transporte de sedimentos, así como, aportes de descarga de aguas especiales y las condiciones de interacción de aguas continental y marina.
4. El estero Guineo presentó condiciones adecuadas para el asentamiento de comunidades de macroinvertebrados en los diferentes sustratos, aunque los factores fisicoquímicos como la temperatura, sólidos totales disueltos, conductividad y la salinidad presentaron los valores más altos dentro del estudio, también presentaron valores de biodiversidad y abundancia importantes con mejores condiciones en época de invierno.
5. Las familias de macroinvertebrados acuáticos que dominaron a lo largo de la investigación dentro del área de estudio fueron Noteridae (Coleóptera), Thiaridae (Mollusca) y Crambidae (Lepidóptera) aumentando sus poblaciones en la época de invierno.
6. El aporte que genera el río Motagua al océano Atlántico es importante y este afecta directamente las barras de los esteros en el litoral, sobre todo en los que se encuentran geográficamente cercanos a dicha desembocadura por medio de la deposición de sedimentos y contaminantes sólidos, pero la mayor influencia dentro del área protegida y la calidad del agua son los aportes de aguas especiales provenientes de las actividades agropecuarias del área por medio de las acequias y quíneles que drenan dicha zona de forma diluida en invierno y en verano las condiciones comienzan a degradarse y concentrarse disminuyendo así la calidad del agua considerablemente.

8. RECOMENDACIONES

1. Es importante poder extender el monitoreo a todos los cuerpos de agua dentro de la reserva y prolongarlo en el tiempo, generando compromisos interinstitucionales para coadyuvar en el ordenamiento y protección de dichos ecosistemas que son de gran importancia para el ecosistema.
2. Es necesario la implementación de programas de evaluación ecológica permanente que permita magnificar los servicios ambientales que prestan los ecosistemas, prevenir y proyectar los impactos que puedan ocasionar las actividades productivas dentro del área protegida.
3. Las comunidades deben comprender la relevancia que reside en este tipo de cuerpos de agua y su conservación, por lo que es de suma importancia capacitar a los guarda recursos e implementar en el pensum de las escuelas temas de conservación marino costera y la sostenibilidad ecológica.
4. La creación de plantas de tratamiento de aguas servidas y la extracción de los contaminantes sólidos transportados por el río y que a su vez las corrientes costeras llevan a las playas son acciones necesarias para la protección de la vida silvestre dentro del refugio.
5. Debido a la conformación del área y la importancia de esta para el ecosistema en general es prioritario evaluar de forma objetiva el plan de manejo del área y re-evaluar la distribución del área en función del uso del suelo y el adecuado desfogue a los quíneles y acequias que transportan de forma no selectiva todo tipo de componente a los cuerpos de agua costeros.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso-EguíaLis, P., Mora, J. M., Campbell, B., y Springer, M. (Eds.). (2014). *Diversidad, conservación y uso de los macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y Puerto Rico*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua de la Universidad Autónoma de Querétaro.
2. Álvarez, R., Escudero, J., y Larraz, M. (2012). *Guía de campo: Moluscos acuáticos de la cuenca del Ebro*. España: Confederación Hidrográfica del Ebro.
3. Arrecifes Saludables -Healthy Reefs-. (2012). *Una evaluación de la salud del ecosistema* [en línea]. Recuperado marzo 10, 2015, de <http://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2012/12/Reporte-2012.pdf>
4. Arrecis, M. (2013). Contaminación de desechos sólidos en Punta de Manabique. *Revista Análisis de la Realidad Nacional*, (26), 20-25.
5. Arrivillaga, A. (2003). *Diagnóstico del estado de los recursos marinos y costeros de Guatemala: Informe ambiental de Guatemala 2002 y bases para la evaluación sistemática del estado del ambiente*. Guatemala: Instituto de Incidencia Ambiental [IARNA], y Universidad Rafael Landívar [URL].
6. Begon, M., Harper, J., y Townsend, C. (1996). *Ecology: Individuals, populations and communities*. (3ª ed.) Oxford: Blackwell Science.
7. Cano, S. (2003). *Fitoplancton y coliformes como indicadores de calidad de agua en el Parque Nacional laguna del Tigre, Petén*. Guatemala: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala [USAC].
8. Carias, T. (2013). *Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores del sistema de lagunas de estabilización de Zamorano*. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.
9. Carrera, C., y Fierri, K. (2001). *Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Ecuador: EcoCiencia.

10. Congreso de la República de Guatemala. (2005). *Decreto No. 23-2005: Ley que declara área protegida “El Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique”*. Guatemala: Autor.
11. Darrigran, G. (2010). *Guía para el estudio de macroinvertebrados II: Introducción a la metodología de muestreo y análisis de datos*. Argentina: Serie Técnica Didáctica No. 12.
12. Environmental Protection Agency [EPA]. (2014). *Estuaries and Coastal Watersheds* [en línea]. Recuperado octubre 20, 2014, de <http://www.epa.gov/nep/basic-information-about-estuaries#whatis>
13. Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., y Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua del sur de Chile. *Historia Natural*, 76, 275-285.
14. Fundación Mario Dary Rivera [FUNDARY], Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], The Nature Conservancy [TNC] (Eds.). (2006). *Plan de conservación de área 2007-2011 Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique*. Guatemala: Autor.
15. Gonzales, A. (1988). *Diagnóstico preliminar de la cuenca hidrográfica binacional Motagua (Guatemala – Honduras)*. Guatemala: Documento Trifinio #10.
16. Halffter, G., y Ezcurra, E. (1992). ¿Qué es la biodiversidad? **En:** Halffter, G. (Ed.). *La diversidad biológica de Iberoamérica*. México: Acta Zoológica Mexicana.
17. Herrera, A., y Silva, R. (2014). *Identificación y cuantificación de huellas de plaguicidas persistentes en el sistema de humedales y zona Este marino costera del refugio de vida silvestre Punta de Manabique, durante el año hídrico mayo 2013 – abril 2014 y el efecto Socioeconómico*. Guatemala: Dirección General de Investigación [DIGI].
18. Herrera, J. (2011). *Informe final integrado, Fundación Mario Dary*. Guatemala: Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la USAC.

19. Instituto de Incidencia Ambiental [IARNA], y Universidad Rafael Landívar [URL]. (2012). *Perfil ambiental de Guatemala 2010-2012: Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*. Guatemala: Autor.
20. Krebs, C. (1999). *Ecological methodology*. (2^a ed.). Nueva York: Addison Wesley Longman.
21. Lenntech, B. V. (2015). *Conductividad del agua* [en línea]. Recuperado octubre 15, 2014, de <http://www.lenntech.es/aplicaciones/ultrapura/conductividad/conductividad-agua.htm#ixzz3caJkuVja>
22. León, L. (2003). *Análisis de contaminación de peces en el río Motagua (contaminación de peces y lesiones gastrointestinales y dermatológicas)*. Guatemala: Oficina de Estudios de Coyuntura de la USAC.
23. López-Selva, M., Jolón, M., y López, J. (2008). *Guatemala y su biodiversidad, un enfoque histórico, cultural, biológico y económico*. Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP].
24. Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press.
25. *Manual de la Convención Ramsar: Guía a la Convención de los humedales (Ramsar, Irán, 1971)*. (4^a ed.). Gland, Suiza: Secretaria de la Convención Ramsar, 2006.
26. MARN, URL, IARNA, y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2009). *Informe ambiental del estado - GEO Guatemala 2009*. Guatemala: Autor.
27. Merrit, R., y Cummins, K. (1996). *An introduction to the aquatic insect of North America*. Dubuque, Iowa: Kendall-Hunt Pub.
28. Martin-Piera, F. (1997). Apuntes sobre biodiversidad y conservación de insectos: Dilemas, ficciones y ¿soluciones? *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 20, 25-55.

29. Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. España: Editorial Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.
30. Pritchard, D. (1967). *What is an estuary: physical viewpoint*. Baltimore, Meryland: Chesapeake Bay Institute, and The Johns Hopkins University.
31. Roldán, G. (1992). *Fundamentos de limnología neotropical*. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
32. Roldán, G., (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Ecología*, 23 (88), 375-387.
33. Sierra, C. (2011). *Calidad del agua, evaluación y diagnóstico*. Colombia: Ediciones de la U.
34. United States Geological Survey [USGS]. (2015). *Science for a changing World: La Ciencia del agua para escuelas* [en línea]. Recuperado mayo 5, 2014, de <http://water.usgs.gov/gotita/characteristics.html>

10. ANEXO

Calidad del Agua

Época Seca o Verano												
Parámetros	Muestreo #1						Muestreo #2					
	E 1		E 2		E 3		E 1		E 2		E 3	
	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
pH	7.87	8.05	7.64	7.85	8.03	8.15	7.18	7.38	7.53	7.6	7.63	7.75
Temperatura	28.9	27.9	27.8	27.3	28.4	28.2	33.4	31.2	31.5	31.6	31.2	31.1
OD	7.3	7.9	7.66	7.82	7.44	7.68	4.94	5.6	5.6	5.66	5.43	6.5
Saturación %	117	125	119.3	121	121	117	73.9	76.6	80.4	81.5	78.5	83.2
STD	235	178	198	320	183	191	257	191	156	661	154	157
Conductividad	330	169	283	307	266	270	420	268	227	232	222	228
Salinidad	149	98	143	165	131	130	181	133	114	116	108	109

Época Húmeda o Invierno												
Parámetros	Muestreo #3						Muestreo #4					
	E 1		E 2		E 3		E 1		E 2		E 3	
	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
pH	6	7.1	6.3	7.4	7.02	7.18	6.3	7.25	6.1	7.1	6.87	7
Temperatura	30.4	28.6	29.7	30.2	30.5	30.3	29.4	28.5	30.4	29.8	30.2	30.1
OD	1.01	1.02	4.99	4.95	5.75	6	5.6	4.7	6.7	6.9	6.4	6.7
Saturación %	142	125	76.3	78.5	84.2	86.1	98	101.9	95.7	101.3	98	105
STD	304	210	209	720	195	295	364	225	238	698	207	402
Conductividad	250	253	269	272	306	338	480	243	291	217	241	461
Salinidad	163	145	98.4	101	90	92	187	123	95	93.7	93	96

Anexo No. 1. Parámetros de calidad de agua para las estaciones de muestreo del río Motagua
(Trabajo de campo, 2104)

Filo	Orden	Superfamilia	Familia	Conteo
Mollusca	Neritopsina	Neritoidea	Neritidae	3
Mollusca	Sorbeoconcha	Cerithioidea	Pachychilidae	236
				239

Anexo No. 2. Organismos encontrados en río Motagua (Trabajo de campo, 2014)

Calidad del Agua

Estación Seca o Verano												
Parámetros	Muestreo #1						Muestreo #2					
	E 1		E 2		E 3		E 1		E 2		E 3	
	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
pH	6.7	6.91	6.89	7.07			6.41	6.99	6.97	7.18		
Temperatura	30.7	29.8	28.3	29			32.8	31.5	33.3	33.3		
OD	6.2	6.45	6.65	6.5			5.12	4.63	4.39	6.89		
Saturación %	109.3	104.8	103.4	105			75	65.7	65.3	59.8		
STD	207	2000	181	2000			1160	2000	235	2000		
Conductividad	302	2000	264	2000			1713	2000	338	2000		
Salinidad	145	240	127	270			878	240	165	102		

Estación Húmeda o Invierno												
Parámetros	Muestreo #3						Muestreo #4					
	E 1		E 2		E 3		E 1		E 2		E 3	
	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
Ph	6.61	6.61	7.24	6.5	6.86	6.8	7.25	6.8	7.36	6.6	6.57	6.8
Temperatura	36.5	36.5	34.5	32.3	26.6	28.6	28	27.6	28.4	27.8	29.5	30
OD	5.86	5.86	6.29	7.12	7.15	6.86	8.25	8.28	8.0	8.14	6.75	6.11
Saturación %	90.1	90.1	95.1	97.1	112.3	108	114.1	115.6	119.2	110.0	93.7	89.4
STD	345	345	196	2000	1295	1362	606	930	698	976	894	2000
Conductividad	499	499	280	2000	1897	1930	867	1278	895	1365	1286	2000
Salinidad	250	250	140	310	950	970	470	645	523	720	643	210

Anexo No. 3. Parámetros de calidad de agua para las estaciones de muestreo del estero

Motagua Viejo (Trabajo de campo, 2014)

Filo	Orden	Superfamilia	Familia	Conteo
Arthropoda	Arácnidos	Aracniformes		51
Arthropoda	Entomobryomorpha	Entomobryoidea	Isotomidae	4
Arthropoda	Coleóptera	Curculionoidea	Curculionidae	3
Arthropoda	Coleóptera	Dytiscoidea	Dytiscidae	55
Arthropoda	Coleóptera	Byrrhoidea	Elmidae	1
Arthropoda	Coleóptera	Hydrophiloidea	Hydrophilidae	200
Arthropoda	Coleóptera	Elateroidea	Lampyridae	6
Arthropoda	Coleóptera	Dytiscoidea	Noteridae	305
Arthropoda	Coleóptera	Byrrhoidea	Psephenidae	139
Arthropoda	Decápoda	Cangrejos		87
Arthropoda	Decápoda	Camarones		50
Arthropoda	Decápoda	Gammaroidea	Gammaridae	8
Arthropoda	Díptera	Chironomoidea	Ceratopogonidae	91
Arthropoda	Díptera	Culicoidea	Chaoboridae	10
Arthropoda	Díptera	Chironomoidea	Chironomidae	132
Arthropoda	Díptera	Culicoidea	Culicidae	102
Arthropoda	Díptera	Culicoidea	Dixidae	13
Arthropoda	Díptera	Phychodoidea	Psychodidae	2
Arthropoda	Díptera	Stratiomyoidea	Stratiomyidae	66
Arthropoda	Díptera	Tabanoidea	Tabanidae	63
Arthropoda	Hemíptera	Nepoidea	Belostomatidae	36

Arthropoda	Hemíptera	Mesovelioidae	Mesoveliidae	1
Arthropoda	Hemíptera	Hebroidea	Hebridae	1
Arthropoda	Lepidóptera	Pyraloidea	Crambidae	235
Arthropoda	Lepidóptera	Noctuoidea	Noctuidae	2
Mollusca	Mesogastropoda	Ampullarioidea	Ampullariidae	3
Mollusca	Neritoida	Neritoidea	Neritidae	24
Mollusca	Sorbeoconcha	Cerithioidea	Pachychilidae	2
Mollusca	Sorbeoconcha	Cerithioidea	Thiaridae	422
Arthropoda		Ostracodos		2
Arthropoda	Odonata	Libelluloidea	Corduliidae	3
Arthropoda	Odonata	Coenagrionoidea	Coenagrionidae	2
Arthropoda	Odonata	Libelluloidea	Libellulidae	22
Arthropoda	Odonata	Coenagrionoidea	Zygoptera	1
Arthropoda	Trichopetra	Phryganeoidea	Lepidostomatidae	4
Arthropoda	Trichopetra	Leptoceroidea	Leptoceridae	5
				2153

Anexo No. 4. Organismos encontrados en estero Motagua Viejo (Trabajo de campo, 2014)

Estación Seca o Verano												
Parámetros	Muestreo #1						Muestreo #2					
	E 1		E 2		E 3		E 1		E 2		E 3	
	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
pH	7.65	7.2					6.98	6.63				
Temperatura	34.5	31.8					34.3	33.8				
OD	5.37	6.09					5.73	6.65				
Saturación %	95.3	101.7					98.6	96.4				
STD	854	1770					1024	2870				
Conductividad	1320	2570					1573	4070				
Salinidad	679	1250					750	2040				
Estación Húmeda o Invierno												
Parámetros	Muestreo #3						Muestreo #4					
	E 1		E 2		E 3		E 1		E 2		E 3	
	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
pH	7.11	6.67	6.65	6.59	6.48	6.65	7.1	6.69	6.7	6.3	7	6.6
Temperatura	36.8	33.5	35.7	33.8	38.2	30.1	30	29.3	29.1	32.1	31.9	31.7
OD	5.91	6.85	6.37	6.81	6.06	6.34	7.67	8.13	6.9	7.7	7.7	7.8
Saturación %	92.6	101.6	97.5	102.5	95.4	100	110	114	104	113	109.8	113.1
STD	982	2130	616	1276	175	2000	1213	5600	692	2000	183	2000
Conductividad	1478	2910	886	1894	254	2000	1734	7990	1022	2000	265	2000
Salinidad	700	1490	438	100	123	120	845	3950	489	220	130	130

Anexo No. 5. Parámetros de calidad de agua para las estaciones de muestreo del estero Guineo (Trabajo de campo, 2014)

Filo	Orden	Superfamilia	Familia	Conteo
Arthropoda	Coleóptera	Hydrophiloidea	Hydrophilidae	5
Arthropoda	Coleóptera	Elateroidea	Lampyridae	1
Arthropoda	Coleóptera	Byrrhoidea	Psephenidae	1
Arthropoda	Coleóptera	Dytiscoidea	Noteridae	2
Arthropoda	Decápoda	Cangrejos		3
Arthropoda	Decápoda			8

Arthropoda	Díptera	Chironomoidea	Ceratopogonidae	40
Arthropoda	Díptera	Culicoidea	Culicidae	20
Arthropoda	Díptera	Culicoidea	Chaoboridae	9
Arthropoda	Díptera	Chironomoidea	Chironomidae	7
Arthropoda	Díptera	Culicoidea	Dixidae	1
Arthropoda	Hemíptera	Notonectoidea	Notonectidae	9
Arthropoda	Hemíptera	Gerroidea	Gerridae	1
Arthropoda	Hemíptera	Nepoidea	Belostomatidae	1
Arthropoda	Lepidóptera	Pyraloidea	Crambidae	29
Mollusca	Mesogastropoda	Ampullarioidea	Ampullariidae	101
Mollusca	Sorbeoconcha	Cerithioidea	Pachychilidae	9
Mollusca	Sorbeoconcha	Cerithioidea	Thiaridae	89
Arthropoda		Ostracodos		359
Arthropoda	Odonata	Libelluloidea	Corduliidae	1
Arthropoda	Odonata	Libelluloidea	Libellulidae	3
				699

Anexo No. 6. Organismos encontrados en estero Guineo (Trabajo de campo, 2014)

Análisis de varianza de un factor		Margalef					
RESUMEN							
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
Columna 1	2	0.333	0.167	0.001			
Columna 2	2	6.078	3.039	0.283			
Columna 3	2	2.091	1.045	0.082			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos	8.665	2	4.332	35.538	0.008	9.552	
Dentro de los grupos	0.366	3	0.122				
Total	9.030	5					
	Tukey	HSD=	1.68				
95%	6.82	Multiplicador=	6.82				
		Mse=	0.122				
		n=	2				

Análisis de varianza de un factor		Simpson					
RESUMEN							
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
Columna 1	2	0.038	0.019	0.000002			
Columna 2	2	1.6451764	0.8225882	0.0037649			
Columna 3	2	1.0867517	0.54337583	0.0147612			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos	0.666	2.000	0.333	53.901	0.004	9.552	
Dentro de los grupos	0.019	3.000	0.006				
Total	0.68431723	5					
	Tukey	HSD=	0.38				
95%	6.82	Multiplicador=	6.82				
		Mse=	0.006				
		n=	2				

Análisis de varianza de un factor		Shannon-Wiener				
RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Columna 1	2	0.107	0.054	0.000		
Columna 2	2	4.131	2.065	0.158		
Columna 3	2	1.795	0.897	0.153		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	4.083	2	2.041	19.634	0.019	9.552
Dentro de los grupos	0.312	3	0.104			
Total	4.395	5				
	Tukey	HSD=	1.56			
	95%	6.82	Multiplicador=	6.82		
			Mse=	0.1039746		
			n=	2		

Análisis de varianza de un factor		Pielou				
RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Columna 1	2	0.167	0.084	0.000		
Columna 2	2	1.453	0.727	0.006		
Columna 3	2	1.289	0.645	0.014		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.490	2.000	0.245	36.874	0.008	9.552
Dentro de los grupos	0.020	3.000	0.007			
Total	0.510	5				
	Tukey	HSD=	0.39			
	95%	6.82	Multiplicador=	6.82		
			Mse=	0.007		
			n=	2		

Anexo No. 7. ANOVA para los cuerpos de agua y sus índices de Biodiversidad (HSD (Honestly-significant-difference), Mse (Mean square error)) (Trabajo de campo, 2014)

Especies encontradas

Coleópteros

El orden de los coleópteros es uno de los más grandes en términos de cantidad de especies, ya que se reportan más de 350,000 especies descritas. Su nombre proviene del griego “*koleos*” que significa caja y “*pteron*” que significa ala. Son comúnmente llamados escarabajos y presentan una gran diversidad morfológica ocupando casi cualquier hábitat, incluyendo en agua dulce, aunque su presencia en ambientes marinos es mínima. Los coleópteros tienen las [piezas bucales](#) de tipo masticador, y las [alas](#) delanteras (primer par de alas) transformadas en duros escudos, llamados [élitros](#), que forman una armadura que protege la parte posterior del [tórax](#), incluido el segundo par de alas, y el [abdomen](#). La mayoría de los coleópteros son [fitófagos](#). Los coleópteros son insectos [holometábolos](#) o [endopterigotos](#), ya que sufren una [metamorfosis](#) completa con estados de [larva](#), [pupa](#) e [imago](#) (adulto) netamente diferenciados. La larva normalmente sufre muchas [mudas](#). Los coleópteros aparecieron en el Pérmico inferior, hace unos 300 millones de años, antes de que aparecieran los dinosaurios, cuando todavía no había plantas con flor, pero en el Jurásico es cuando empiezan a aparecer las familias que se conservan en la actualidad, aumentando su diversidad junto con la aparición y diversificación de las plantas con flor. Actualmente el orden posee casi 200 familias, siendo la familia Curculionidae (gorgojos) la que más especies contiene.

Hydrophilidae

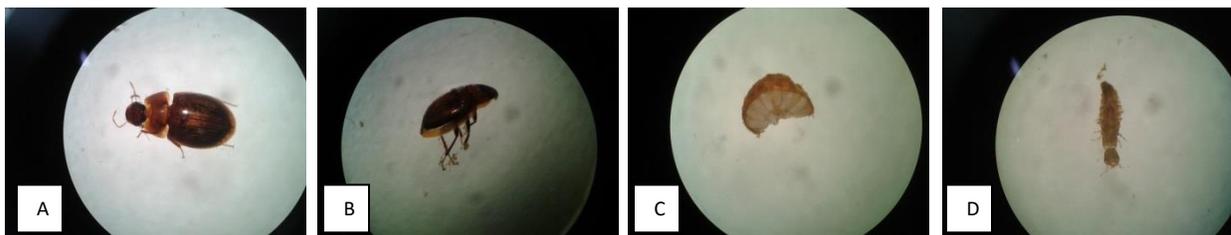
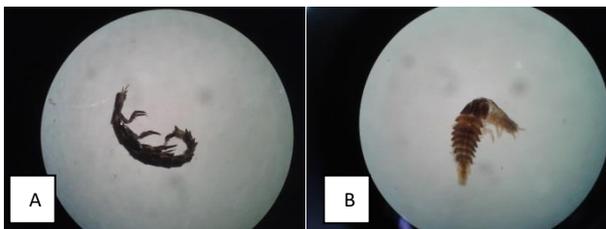


Figura : A y B, Adultos; C, Huevos; D, Larva, todos de Hydrophilidae

Los Hidrofílidos, llamados también escarabajos carroñeros de agua, son acuáticos, semi acuáticos o terrestres que varía mucho en tamaño, desde los 1 a los 40mm de longitud. Su cuerpo es muy convexo por arriba y plano por debajo. Su coloración es principalmente negra, sin embargo algunas especies presentan manchas o líneas pardas amarillentas o brillos verdosos o azules. Por lo general son lisos y sin pelos en la parte superior pero están cubiertos por pelitos cortos en la parte inferior en las especies acuáticas que les permiten que se forme una película de aire el sumergirse. Los Hidrofílidos tienen una distribución mundial. Se conocen cerca de 2000 especies en unos 125 géneros, pero la mayor diversidad se encuentra en los trópicos. Generalmente se encuentran en aguas sin corriente tales como pozas, orillas de lagunas y charcos o lugares húmedos. Muchos pueden tolerar aguas salobres o contaminadas. Los adultos se alimentan de algas o materia orgánica en descomposición principalmente de origen vegetal, mientras que las larvas son especialmente depredadoras. (Hulbert, S.H. y A. Villalobos-Figueroa. 1982. Aquatic Biota of Mexico, Central America and the West Indies)

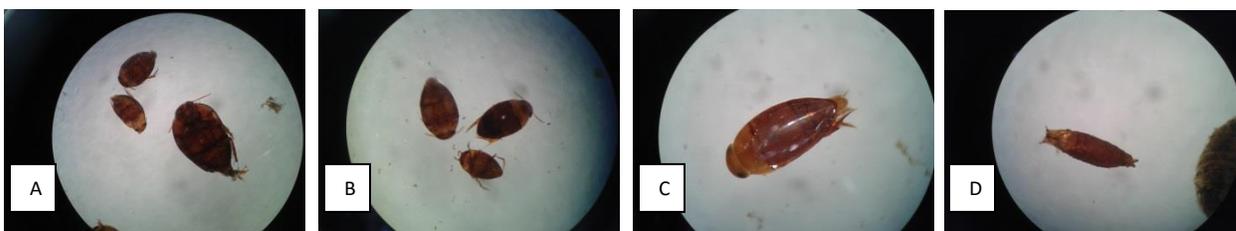
Lampyridae



Figuras A y B, Larva de Lampyridae

Los lampíridos, llamados también luciérnagas, son coleópteros que varían en tamaño entre los 5 y 20mm y pueden ser distinguidos por sus antenas de 11 segmentos, el pronoto que cubre la cabeza. Están caracterizados por la producción de luz, poseen una distribución mundial de al menos 1900 especies conocidas. Las hembras adultas tienen forma de larva (larviformes) y pueden ser sin alas, con alas reducidas (braquípteras) o completamente aladas, pero generalmente sedentarias. En relación a las hembras los machos poseen ojos y órganos productores de luz más grandes. Las larvas poseen gran voracidad siendo hábiles depredadores, con algunas especies especializadas en comer lombrices o caracoles, mientras que otras son depredadoras generalistas. Tanto adultos como larvas exudan lucibufógenos que son sustancias defensivas que afectan el corazón y son vomitivas contra depredadores vertebrados. (Carlson, A.D. y J. Copeland. 1985. Communication in Insects. I. Flash Communication in fireflies. Q. Rev. Biol., 60:415-436)

Noteridae



Figuras A - C, Adultos Noteridae; D; Larva de Noteridae

Los notéridos son insectos acuáticos que tienen muy liso y brillante de 1.3 a 5mm de longitud y de forma hidrodinámica. Su coloración puede ser clara u oscura. Se asemejan mucho a los Hidrofilidos con la diferencia en las antenas filiformes en los notéridos y por la longitud muy

larga de los palpos de los Hidrofilidos. Es una familia de distribución mundial con unos 12 géneros. Tanto adultos como larvas se les encuentra en aguas poco profundas estancadas o de poca corriente, comúnmente entre las raíces de plantas acuáticas flotantes como las liliáceas del género *Eichornia* o las aráceas del género *Pistia*, o en las plantas que crecen en el fondo y sobresalen a la superficie. Adultos y larvas se alimentan de animales y vegetales bajo el agua. (Hulbert, S.H. y A. Villalobos-Figueroa. 1982. Aquatic Biota of México, Central América and the West Indies)

Psephenidae



Figuras A, B y C, Larvas acuáticas de Psephenidae

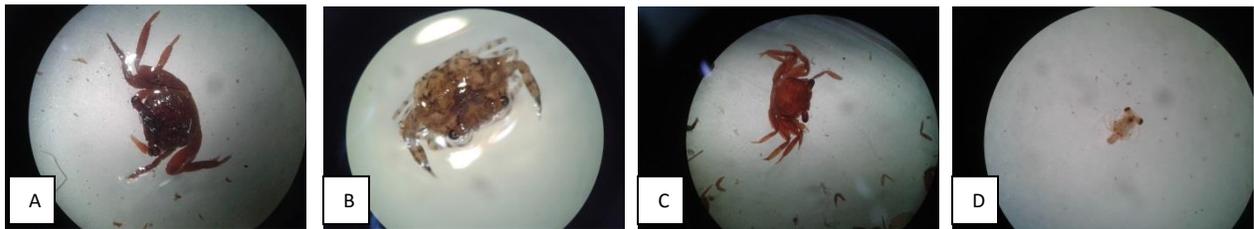
Los psefénidos son insectos cuya vida acuática solo se presenta en su estado larvario. Poseen una forma ovoide, aplanados dorso-ventralmente debido a que los segmentos corporales se van ampliando lateralmente y presentan un color que va de ámbar pálido a oscuro parecido al cobre (usualmente combinando con el sustrato en el que se encuentran). Las larvas tienen de entre 3 y 10mm de longitud. Su distribución alcanza todos los continentes menos la antártica, su diversidad aumenta en las regiones orientales y neo tropicales. Se caracterizan debido a que en estado larvario se alimentan de algas (perifiton) son primordialmente herbívoros. <http://animaldiversity.org/site/accounts/information/Psephenidae.html>

Crustáceos

Los crustáceos son un extenso sub-filo de los artrópodos, con más de 67,000 especies hasta el momento. Crustacea se deriva del latín “*crusta*” que significa costra y “*aceum*” que significa relación o naturaleza de algo. Entre estos podemos nombrar a los cangrejos, camarones, langostas, langostinos y percebes. La mayor parte de los crustáceos son acuáticos, habitando en agua dulce y salada y están presentes en todas las profundidades. Los cuerpos de los

crustáceos están compuestos por segmentos o metámeros que suelen formar parte de tres regiones corporales: el cefalón (cabeza), el pereion (torax) y el pleón (abdomen). En algunos casos los primeros segmentos del torax pueden unirse a la cabeza formando el cefalotórax. Como casi todos los artrópodos, los crustáceos se caracterizan por poseer un [exoesqueleto](#) articulado. Éste está formado principalmente de un carbohidrato llamado [quitina](#). Una característica propia y definitoria del grupo es la presencia de la larva [nauplio](#), provista de un ojo naupliano en alguna etapa de su vida, que puede ser sustituido más tarde por dos [ojos compuestos](#). Son los únicos artrópodos con dos pares de [antenas](#). Tienen al menos un par de [maxilas](#) y pasan por periodos de [muda](#) e intermuda para poder crecer.

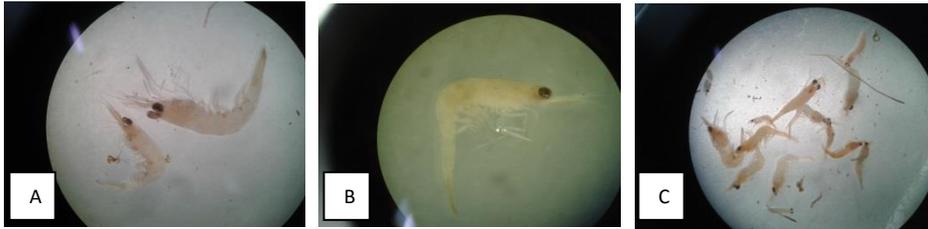
Cangrejos



Figuras A, B y C; Cangrejos encontrados en los esteros. D; Megalopa

Los cangrejos corresponden al orden de los decápodos, caracterizados por poseer cinco pares de patas. Todos los llamados cangrejos comparten la característica de ser bentónicos, otro rasgo común, compartido con algunos otros decápodos, es que el primer par de patas locomotoras se ha convertido evolutivamente en un par de pinzas, que emplean para la captura y manipulación del alimento, para el cortejo, o para la disputa territorial. Existen más de 4.000 especies de animales que son o pueden ser llamados cangrejos. La mayoría viven cerca o dentro del agua, aunque algunos sólo van al agua para reproducirse. Como [artrópodos](#) que son, los cangrejos están dotados de un [exoesqueleto](#) cuyo componente principal es la [quitina](#), el cual en su caso adquiere a menudo el carácter de un verdadero [caparazón](#), porque suele estar mineralizado con [carbonato cálcico](#). Como para el resto de los artrópodos, el crecimiento requiere de una muda del exoesqueleto, ocasión que muchas especies aprovechan para [reproducirse](#).

Camarones



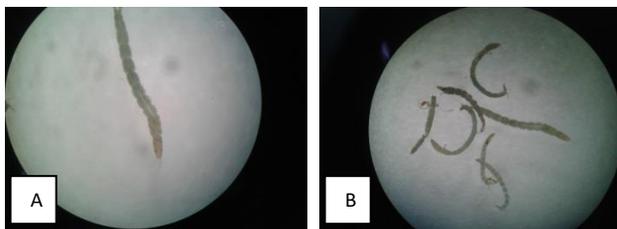
Figuras A, B y C; Camarones encontrados durante el muestreo

Se han descrito en el mundo alrededor de 2500 especies de camarones. Los camarones se clasifican en dos grupos: *Dendrobranchiata* y *Caridea*. Los *Dendrobranchiata* comprenden entre otros al género *Peneaus*. Los carídeos (*Caridea*) son un [infraorden](#) de [crustáceos decápodos](#) marinos o de agua dulce, conocidos vulgarmente como camarones. Los carídeos incluyen tanto a los llamados camarones de río, como a algunos camarones marinos de aguas tropicales, templadas, o de frías aguas profundas. Por ejemplo, el género [Macrobrachium](#), de la familia [Palaemonidae](#), vive en aguas continentales. El cuerpo de los camarones es generalmente cilíndrico, y se divide en dos partes principales: la cabeza y el tórax, que están ensamblados juntos para formar el cefalotórax, y un largo y estrecho abdomen. Tienen un cuerpo, integrado por un caparazón en el frente, y seis segmentos abdominales. La mayoría de las especies viven en aguas poco profundas de las plataformas marinas, y gran parte de su vida transcurre en el fondo del mar o en las lagunas costeras, por lo que se les considera de hábitos [bentónicos](#).

Dípteros

Los dípteros son un orden de insectos neopteros (incluye a casi todos los insectos con alas y que las pueden abatir sobre el abdomen), la palabra díptera proviene del griego y significa dos alas, estos insectos poseen sólo dos alas membranosas y no cuatro como el resto; su nombre científico proviene de esta característica. El segundo par de alas, está transformado en balancines o halterios que funcionan como [giróscopos](#), usados para controlar la dirección durante el vuelo. Este orden incluye animales tan conocidos como las [moscas](#), [mosquitos](#) y los [tábanos](#) y muchos otros menos familiares. Se han descrito 150.000 especies. La alimentación de estos animales es muy variada, ya que pueden ser [fitófagos](#), [carnívoros](#), [parásitos](#) o [saprófagos](#). Los dípteros aparecen en casi todos los ecosistemas del globo excepto en los submarinos. Viven desde en suelos desérticos o charcas hipersalinas hasta el agua de los lagos polares, aunque su mayor diversidad aparece en los trópicos húmedos.

Ceratopogonidae



Figuras A y B; Larvas de Ceratopogonidae

Los ceratopogónidos (Ceratopogonidae) son una [familia](#) de pequeñas [dípteros](#) [nematóceros](#) de 1 a 4 mm de longitud. Se las encuentra en hábitats acuáticos y semiacuáticos en todo el mundo. Las hembras de muchas [especies](#) están adaptadas para chupar [sangre](#) de una gran cantidad de [hospedantes](#) animales ([hematofagia](#)). Los huevos, las larvas y las pupas se pueden encontrar en una gran variedad de hábitats acuáticas, semiacuáticas y semiterrestres, variando desde ríos, riachuelos, lagunas y charcos hasta plantas en descomposición, estiércol y cavidades en los árboles. Unas pocas especies son encontradas en la zona entre mareas a la orilla del mar. Las especies de *Leptoconops* se reproducen en arena y generalmente se asocian a playones de ríos o del mar.

Culicidae



Figura A; Larvas de Culicidae

Los culícidos son los llamados mosquitos o zancudos. La familia Culicidae se subdivide en tres subfamilias, Toxorhynchitinae, Culicinae y Anophelinae. Hay más de 3000 especies de mosquitos distribuidos por todo el mundo, desde altitudes de 4300 m hasta el nivel del mar. En el ciclo de vida de los culícidos, los huevos, las larvas y las pupas son acuáticas. Los huevecillos diminutos se les encuentran en la superficie del agua y están provistos de diferentes sistemas para flotar. La larva es de forma tubular, aplastada en sentido dorso ventral con una cabeza más o menos redondeada y bien diferenciada, un tórax más abultado que el abdomen el cual es alargado. La pupa es también activa y difiere marcadamente de las larvas ya que típicamente puede ser comparada con una coma. Con un cefalotórax voluminoso, el cual presenta un par de cuernos o trompetas para respirar. El abdomen es fino y deprimido. Del último segmento sobresalen un par de paletas o remos natatorios que sirven para impulsar a la pupa en el agua. Las hembras adultas se alimentan de sangre y los machos de jugos vegetales expuestos.

Vargas, V M. 1976. Notas sobre Artropodología Médica. Oficina de Publicaciones Universidad de Costa Rica

Chironomidae



Figuras A y B; Pupas de Chironomidae. C; Larva

Los quironómidos son dípteros pequeños (de 2 a 10 mm) emparentados con las familias Ceratopogonidae y Simuliidae. Las larvas son generalmente acuáticas, de cuerpo alargado y tubular <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Textfigs/Txtfig126.html>, con 12 segmentos abdominales bien definidos, cabeza bien desarrollada y pequeña, y sin patas. La mayoría de las especies son acuáticas o semiacuáticas durante los estadios de vida de larva y pupa, aunque algunas de las especies son terrestres y existe un grupo adaptado a la vida en el mar. Las larvas habitan ríos, arroyos y lagos, aunque se pueden encontrar también en pozos, huecos en las rocas, heces de animales y prácticamente en cualquier ambiente húmedo. Algunas especies viven libremente en el fondo. Los adultos viven muy poco tiempo, desde sólo unos días hasta varias semanas, y no se alimentan. Los adultos son atraídos a las luces y forman enjambres cerca de lagos y ríos grandes, especialmente al amanecer o atardecer. Los huevos son puestos en el agua en tiras envueltas en mucílago. Se calcula que existen unas 10000 a 15000 especies de quironómidos en el mundo, de las cuales unas 1500 a 2000 especies pueden estar en el Neotrópico y por lo menos 1000 en Centroamérica.

de la Rosa, C. 1997. Chironomidae. In: [Solís, A. \(ed.\) Las Familias de insectos de Costa Rica. INBio. http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto197.html](#)

Dixidae

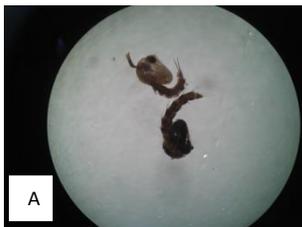


Figura : A; Pupas de Dixidae

Los Dixidos son mosquitos de la familia de los dípteros nematóceros acuáticos. Las larvas viven en hábitats no contaminados en aguas lenticas justo por debajo la superficie del agua. Por lo general se encuentran asociados a vegetación acuática marginal. Se han reportado para todos los continentes exceptuando la antártica. Estos mosquitos son pequeños (longitud del cuerpo no mayor a los 5.0 mm) poseen patas delgadas. La cabeza es relativamente amplia, las antenas son delgadas y el flagelo se encuentra dividido en 14 segmentos. La trompa es corta y gruesa y los palpos poseen cinco segmentos. El tórax es ligeramente convexo. Las alas no poseen escamas (escamadas en la familia Culicidae, estrechamente relacionada). Poseen un comportamiento larval característico ya que son importantes ecológicamente al poseer hábitos alimenticios como filtradores de materia orgánica y son presa de insectos depredadores y peces. Los adultos no se alimentan, son moscas no descritas que raramente pueden ser capturadas debido a su corta vida.

Stratiomyidae



Figuras A, B y C; Larvas de Stratiomyidae

Las "moscas soldado" o estriatomíidos son un grupo de moscas muy grande y extremadamente diverso, variando de unos 2 mm a más de 25 mm de longitud. Varían también mucho en forma y color, desde amarillo hasta negro y frecuentemente verde o azul metálicos. Los hábitats de

las larvas incluyen arroyos y pozas poco profundas, hojas y frutos en descomposición, debajo de cortezas y aún en heces humanas. En todos estos hábitats su alimento consiste probablemente de materia orgánica en descomposición, savia o microorganismos. La familia contiene más de 2.700 especies en más de 380 géneros existentes en todo el mundo. Los adultos se encuentran cerca de hábitats larvarios, que se encuentran en una amplia variedad de lugares, sobre todo en los humedales, lugares húmedos en el suelo, césped, debajo de la corteza, en excrementos de animales y de materia orgánica en descomposición. Las larvas pueden ser acuáticas o terrestres. En lo que respecta a la nutrición pueden ser [saprofagos](#) , [mycofagos](#) o depredadores. Las larvas poseen forma cilíndrico fusiforme con depresión dorso ventral y claramente segmentadas.

James, M.T. y M.W. McFadden. 1982. The Sarginae (Diptera, Stratiomyidae) of Middle America. *Melanderia*, 40:1-50

Tabanidae



Figura A; Larva de Tabanidae

Tabanidae es una familia de moscas robustas que varían en tamaño de 6 a 30 mm. Comúnmente son de color marrón, negro o gris y pueden presentar un patrón distintivo de líneas o manchas oscuras o claras. Las larvas de Tabanidae son cilíndricas, fusiformes (punteadas a ambos lados). De color usualmente blanco, crema o verdusco a pardusco, y a menudo tiene marcas pubescentes mas oscuras. La cápsula cefálica es retráctil en los segmentos torácicos y tienen mandíbulas esclerotizadas, paralelas y ventralmente curvadas. Presentan un sifón respiratorio terminal. El cuerpo usualmente tiene estrías cuticulares longitudinales. Los primeros siete segmentos abdominales portan tres o cuatro protuberancias

carnosas llamadas pseudopatas. Mundialmente hay 4,300 especies descritas de tábanos agrupados en 137 géneros. La Región Neotropical tiene 1.172 especies en 65 géneros. Las larvas de los Tabanidae neotropicales son casi completamente desconocidas. Probablemente viven en una gran variedad de habitats acuáticos y semiacuáticos, pero también se encuentran en el suelo del bosque y en habitats especializados, como hoyos en árboles y bromelias arboreas. Los estadios larvales pueden tardar desde unos pocos meses hasta tres o más años, dependiendo de las condiciones ambientales. Las larvas son carnívoras de cualquier invertebrado que puedan dominar y a menudo son caníbales. Una vez que maduran se trasladan a suelo más seco para pupar. Luego de emerger de la pupa, los adultos usualmente toman una comida de carbohidratos a partir de néctar y otros azúcares vegetales. El apareamiento a menudo se da poco después de la emergencia, luego los machos mueren y las hembras de la mayoría de especies buscan un hospedero para una comida de sangre.

John F. Burger. Department of Entomology Nesmith Hall University of New Hampshire Durham, New Hampshire U.S.A

Hemíptera

Los hemípteros (Hemiptera, del [griego](#) *hemi*, "mitad" y *pteron*, "ala") son un gran [orden](#) de [insectos neópteros](#) que comprende más de 84.500 especies conocidas, distribuidas por todo el mundo. Su nombre alude a que en una parte de ellos sus alas anteriores (o [hemiélitros](#)) están divididas en una mitad basal dura y una mitad distal membranosa. Actualmente forman parte de este orden los ex Homoptera, cuyas alas son enteramente membranosas. Se caracterizan por poseer un aparato chupador que utilizan para succionar savia o sangre. Los insectos pertenecientes a este orden son conocidos como chinches, cigarras y los áfidos. Su tamaño es variable. Las mandíbulas y las maxilas aparecen envainadas bajo el labium y el pico o rostro se mantiene por lo general plegado bajo el cuerpo cuando no está en uso. Las antenas pueden ser muy largas en relación con la longitud del insecto formadas por 4 – 5 artejos, raramente más de 10. Presentan dos pares de alas, las

anteriores frecuentemente endurecidas. Algunas de las especies pertenecientes a este orden causan plagas de gran importancia para la agricultura también pueden ser portadores de virus que transmiten a las plantas al picarlas. Tradicionalmente se dividen en dos subórdenes Heteroptera y Homoptera diferenciados por la estructura de las alas y en la posición del rostro. Sus hábitos son variados desde sedentarios inmóviles hasta subacuáticos, su alimentación es estrictamente líquida por succión. Estos organismos no sufren metamorfosis, siendo los juveniles muy parecidos morfológicamente a los adultos.

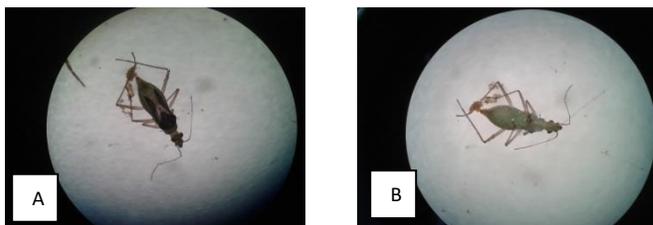
Belostomatidae



Figuras A, B y C; Ejemplares de Belostomatidae

Los belostomátidos son una familia de insectos hemípteros del suborden Heteroptera que agrupa nipas (chinchas acuáticas) gigantes. Su distribución es mundial presentando numerosas especies en toda América y Asia oriental, su hábitat es de agua dulce. Son predadores que acechan, capturan y se alimentan de crustáceos, peces y anfibios. Con sus pinzas bucales inyectan una poderosa saliva digestiva que disuelve el interior de sus víctimas para luego absorberlo. A pesar de ser eminentemente acuáticos, suelen abandonar temporalmente su medio natural, fuera del cual manifiestan gran aptitud para volar. El comportamiento reproductivo de esta especie es característico ya que los machos incuban los huevos adheridos sobre su superficie dorsal, estos son puestos por las hembras en el transcurso del apareamiento. Son los únicos insectos que se alimentan de caracoles tanto en su estado larval como en el adulto. Son aplanados dorso ventralmente y sus antenas más cortas que la cabeza no son visibles desde arriba, El ápice del abdomen presenta apéndices respiratorios cortos. Patas anteriores raptorales con una o dos uñas en cada pata. Son indicadores de aguas oligomesotróficas y eutróficas.

Mesoveliidae



Figuras A y B; Ejemplares de Mesoveliidae

Son pequeños insectos con cuerpos largos de menos de 5mm, poseen una forma rectangular y colores de verde a marron, con o sin alas. La cabeza es relativamente grande extendida hacia delante siempre con manchas oculares solamente en las formas aladas. Las antenas poseen una longitud mayor que la cabeza, de cuatro antenómeros. Coxas medias convergentes hacia el eje central del cuerpo. Tarso de tres tarsómeros. Uñas con inserción apical. Los miembros de esta familia son acuáticos o semiacuáticos y se encuentran generalmente en sistemas lénticos entre hidrófitas vasculares. Son depredadores y carroñeros.

Hebridae



Figura : A; Ejemplar de Hebridae

Insectos con antenas de longitud mayor que la cabeza, de cinco antenómeros. Tarso de dos tarsómeros. Búculas bien desarrolladas, cubren la base del rostro. Viven en la superficie o en los márgenes de aguas estancadas con abundante vegetación. Son cazadores de artrópodos pequeños. Estos son insectos pequeños que se mueven por la superficie del agua. Su tamaño oscila entre los 1.3 a 3.7mm. a diferencia de las familias Veliidae y Mesoveliidae se les conoce solamente formas aladas. Las alas siempre presentes puede ser bien desarrolladas o cortas y estas carecen de venas distintivas. El pico de los hebridos es largo y se extiende al par medio de las patas, este se sienta en un surco ventral en la cabeza. Posee garras apicales.

Algunas especies son capaces de soportar aguas salobragas o hasta condiciones marinas. Estos insectos ponen sus huevos en sustratos húmedos como el musgo. Su distribución es mundial con mayor diversidad en las regiones tropicales de Asia.

Lepidópteros

Los lepidópteros (*Lepidoptera*, del [griego](#) «lepis», escama, y «pteron», ala) son un [orden](#) de [insectos holometábolos](#), casi siempre voladores, conocidos comúnmente como mariposas. Sus larvas se conocen como orugas y se alimentan típicamente de materia vegetal, pudiendo ser algunas especies plagas importantes para la agricultura. Este es el segundo orden con más especies de insectos, superado solamente por los Coleópteros. Posee más de 165,000 especies clasificadas en 127 familias. Las mariposas poseen dos pares de alas membranosas cubiertas de escamas coloreadas, que utilizan en la termorregulación, el cortejo y la señalización. Su aparato bucal es de tipo probóscide, provisto de una larga trompa que permanece enrollada en estado de reposo y que les sirve para liberar néctar de las flores que polinizan. En etapa de oruga se alimentan de la materia vegetal que las rodea. Algunas especies son capaces de generar túneles en las superficies de las que se alimentan. Los adultos se alimentan libando, es decir absorbiendo néctar u otras sustancias líquidas mediante su aparato bucal lamedor-chupador (espiritrompa). Su ciclo de vida comienza al poner sus huevos en una planta, nacen como larvas semejantes a gusanos y se alimentan de hojas de esa planta o tallos tiernos. En un momento de su desarrollo la oruga se protege resguardándose y allí se transforma en crisálida, estado en el que no se alimenta y sufre una metamorfosis. La mariposa adulta sale rompiendo el esqueleto externo de la crisálida.

Crambidae



Figuras A, B y C; Ejemplar de Crambidae

Esta es una familia de insectos llamados polillas, posee representantes de gran variedad en apariencia. En muchas clasificaciones, esta familia ha sido tratada como una subdivisión de la familia [Pyralidae](#). La principal diferencia reside en la estructura auditiva, llamada *praecinctorium*, que en esta familia se produce la unión entre las dos membranas timpánicas y que está ausente en la familia *Pyralidae* (Kristensen, [1999](#)). Algunas especies son consideradas como plagas, afectando algunas especies de vegetales de importancia comercial.

Noctuidae



Figura A; Ejemplar de Noctuidae

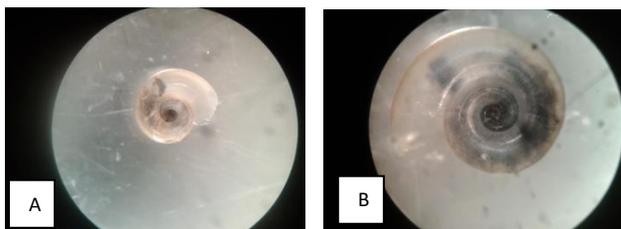
Los noctuidos (Noctuidae) son una [familia](#) de robustas mariposas nocturnas, con más de 35.000 especies conocidas, posiblemente más de 100.000 en realidad. Muchas tienen mucha pelusa grisácea, aunque las hay con brillantes tonalidades en las alas. Generalmente hay pocas diferencias entre sexos. La inmensa mayoría de los noctuidos vuelan de noche y son invariablemente atraídos por los focos de luz. A muchos les atrae el azúcar y las flores ricas en [néctar](#). Algunos miembros de la familia son depredados por los [murciélagos](#). Sin embargo, se defienden bien porque han desarrollado un sistema evasivo por escucha de las notas [ultrasónicas](#) que emite el mamífero volador para localizar presas; un delicadísimo órgano auditivo envía señales nerviosas a los músculos alares provocando microespasmos,

causando que la mariposa vuele muy erráticamente. Y este movimiento azaroso tiene el efecto de evadir al cazador entrante en su vuelo. Muchas especies tienen [larvas oruga](#) que viven en el suelo y resultan ser plagas de la [agricultura](#) y la [horticultura](#). Son los "[gusanos cortadores](#)" que comen la base de [Brassica](#) (mostaza, brócoli, etc.) y [lechuga](#). Forman [pupas](#) brillantes y duras. Muchas larvas de noctuidos comen de noche, descansando en el suelo o en cavidades de las plantas que comen durante el día.

Moluscos

Los moluscos forman uno de los grandes filos del reino animal. Son invertebrados protostomos celomados, triblasticos con simetría bilateral y no segmentados, de cuerpo blando, desnudo o protegido por una concha. Se calcula que pueden existir cerca de 100,000 especies vivientes y 35,000 especies extintas, ya que los moluscos tienen una larga historia geológica, que abarca desde el Cámbrico Inferior hasta la actualidad. Estos invertebrados colonizan prácticamente todos los ambientes, desde las grandes alturas a más de 3,000 msnm hasta las profundidades oceánicas de más de 5,000 msnm, suelen ser comunes en los litorales de todo el mundo. Son animales de cuerpo blando (divididos en cabeza, masa visceral y pie) con tres características únicas en el reino animal ya que poseen un pie muscular, una concha clacarea secretada por un integumento subyacente llamado manto y un órgano de alimentación llamado rádula conformado por hileras de dientes quitinosos curvos. Son una importante fuente de alimentación para los humanos.

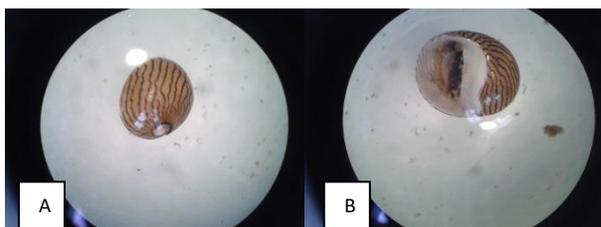
Ampullariidae



Figuras A y B; Ejemplares de Ampullariidae

Los ampuláridos (Ampullariidae), son una [familia moluscos gasterópodos](#) de aguas dulces tropicales y subtropicales, conocidos vulgarmente caracoles de laguna, caracol manzana, caracol dorado, caracol del Paraná, caracol gigante, caracol lunar, churos, churo de agua, sachá, guarura y cuiba. Bien conocidos por los amantes de los acuarios y los habitantes de los grandes ríos sudamericanos estos últimos utilizándolos como alimento para consumo humano y animal. La familia Ampullariidae incluye varios géneros. El nombre de la familia deriva de una estructura llamada “ampulla” la cual constituye un engrosamiento de la aorta anterior la cual se localiza en la cavidad pericardial y tiene como función acumular un gran volumen de sangre a elevada presión la cual es forzada hacia el corazón a partir del faldón del manto cuando el animal se retrae en su concha.

Neritidae

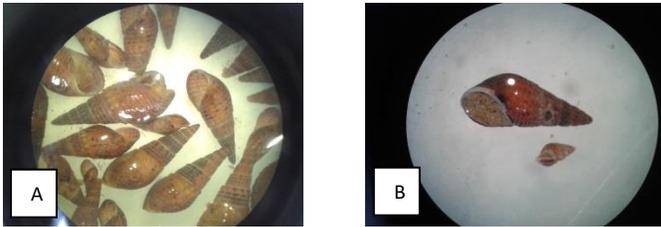


Figuras A y B; Ejemplares de Neritidae

Los Neritidos son parte de una familia de gasterópodos, moluscos del orden Neritoidea, Son caracoles pequeños y medianos, tanto marinos como de agua dulce. Tienen [branquias](#) y un [opérculo](#) característico. Concha sub esférica, alargada transversalmente, con 3 vueltas de

espira. Opérculo calcáreo, con forma de semi luna. Ornamentación y color variable. Tamaño: 7 - 10 mm. Los representantes de esta familia prefieren aguas corrientes y sustratos duros (rocas, cemento y piedras). Se alimentan preferentemente de diatomeas, otras algas y detritos, que raspan del sustrato.

Pachychilidae



Figuras A y B; Ejemplares de Pachychilidae

Los Pachychilidos son los caracoles de agua dulce, poseen una conca cónica ovalada, sólida (altura 17.5 – 20.5mm, 11.5 a 13mm). Espira muy corta, las primeras vueltas son café claro, el ápice gastado. Esculpida con varias cuerdas espirales. Última vuelta oval, lisa. Abertura ovalada, el interior de color oscuro con el margen externo negro, margen con callo de color blanco con el margen café. Su hábitat es en aguas dulces someras con corriente rápida y fondos pedregosos.

Thiaridae



Figura : A, B y C; Ejemplares de Thiaridae

Thiaridae, es nombre de una familia de caracoles opérculados de agua dulce o estuarinos en algunos casos tropicales perteneciente a la superfamilia Cerithioidea. De acuerdo con la taxonomía de la Gastropoda por Bouchet y Rocroi (2005) la familia Thiaridae no tiene

subfamilias. Esta familia de caracoles se encuentra en todo el mundo y son especialmente diversos en los trópicos y subtrópicos. Son habitantes de agua dulce de zonas templadas y cálidas. Los Thiaridae son vivíparos, en parte y en parte ovovivíparos. Muchos se caracterizan por ser partenogenitos pero no todas las especies presentan tal característica.

Odonatos

Los odonatos (Odonata, del [griego](#) *odontos*, "diente") son un [orden](#) de [insectos](#) con unas 6.000 [especies](#) actuales,¹ que incluye formas tan conocidas como las [libélulas](#) y los [caballitos del diablo](#). Los adultos muestran un aspecto muy característico, con una [cabeza](#) más ancha que el resto del cuerpo, un [abdomen](#) largo y delgado y cuatro alas membranosas transparentes. Viven asociados a ambientes acuáticos, que son necesarios para el desarrollo de sus [ninfas](#); no tienen fase de [pupa](#) y por tanto su [metamorfosis](#) es simple ([hemimetabolía](#)). Los odonatos, junto con los [efemerópteros](#), formaban el antiguo grupo de los [paleópteros](#), caracterizados por no poder plegar las alas sobre el abdomen; según la [sistemática cladística](#), los grupos [parafiléticos](#) no son aceptables, de modo que tienden a abandonarse. Tanto los adultos como las ninfas son [predadores](#); los adultos capturan otros insectos al vuelo y las ninfas se alimentan de invertebrados y de pequeños vertebrados acuáticos ([renacuajos](#), pequeños peces). Los odonatos viven entre uno y seis meses. su reproducción es exclusivamente [sexual](#); el apareamiento tiene lugar con frecuencia en pleno vuelo; luego, la hembra inicia la puesta de los [huevos](#) en el agua; el desarrollo post embrionario pasa por una fase de [neánida](#) seguida de una fase de [ninfa](#) que sufre numerosas [mudas](#) antes de alcanzar el estado adulto. La ninfa abandona el agua para realizar su [metamorfosis](#); con frecuencia sube a los tallos de plantas, rocas, depósitos de agua, donde permanecen inmóviles hasta que emerge el adulto.

Corduliidae



Figura A; Ejemplar de Corduliidae

Los cordúlidos (Corduliidae) son una [familia](#) de [odonatos](#) [anisópteros](#) conocidos como libélulas esmeralda. Estos insectos reciben su nombre debido a sus deslumbrantes ojos verdes. Son libélulas de color normalmente negro o marrón oscuro con áreas de verde o amarillo metálicos, y la mayoría tienen grandes ojos color esmeralda. Las [ninfa](#) son negras, de aspecto peludo, y normalmente semiacuáticas. Se encuentran casi en todo el mundo; no obstante, algunas especies individuales son bastante raras. La libélula esmeralda de Hine ([Somatochlora hineana](#)), por ejemplo, es una especie en peligro de extinción en los [Estados Unidos](#).

Coenagrionidae

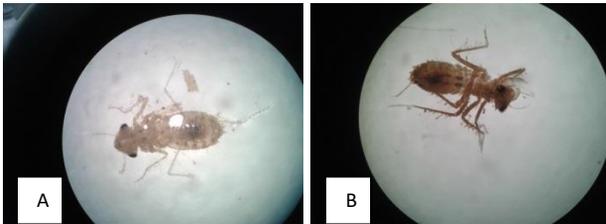


Figura A; Ejemplar de Coenagrionidae

Los coenagrionidos (Coenagrionidae) son una familia de odonatos del suborden [Zygoptera](#) (caballitos del diablo) de tamaño pequeño a mediano (20 a 45 mm). A diferencia de sus parientes de mayor tamaño, pueden plegar las alas cuando descansan. Son bastante comunes y se encuentran distribuidos en todo el mundo, con el cuerpo más esbelto, [abdomen](#) alargado y vuelo más débil. Tienen la cabeza alargada transversalmente y los ojos separados. Los adultos inmaduros por lo general son más pálidos, de color castaño claro con líneas o manchas blancuzcas. Las alas son agostas, ambos pares con forma y

venación similares. La coloración de machos y hembras es muy diferente; los machos son generalmente de colores vistosos celeste, rojo, verde y las hembras de color castaño. Las hembras tienen ovipositor y el abdomen más corto y grueso que el de los machos.

Libellulidae



Figuras A y B; Ejemplares de Libellulidae

Los libelúlidos (Libellulidae) son una [familia](#) de [odonatos anisópteros](#), la más amplia del mundo. A veces se considera que contiene las familias [Corduliidae](#) (como [subfamilia](#) Corduliinae) y [Macromiidae](#) (como [subfamilia](#) Macromiinae). Incluso si ambos se excluyen, aún queda una familia de alrededor de 1.000 [especies](#). Con una distribución casi mundial, constituyen casi con total certeza las libélulas más frecuentemente vistas por los seres humanos. El género [Libellula](#) puebla sobre todo el [Nuevo Mundo](#), pero también presenta uno de los pocos odonatos en peligro de extinción de [Japón](#), [Libellula angelina](#). Muchos de los miembros de este género presentan brillantes colores o tienen alas con bandas. El género emparentado [Plathemis](#) incluye a las libélulas conocidas como coliblancas. El género [Celithemis](#) contiene varias especies brillantemente coloreadas del sur de [Estados Unidos](#). Los miembros del género [Sympetrum](#) pueden encontrarse en casi todo el mundo, excepto en [Australia](#). Varias especies del [Hemisferio Austral](#) en los géneros [Trithemis](#) y [Zenithoptera](#) son especialmente bellas. Otros géneros comunes son [Tramea](#) y [Pantala](#). Los libelúlidos tienen [ninfas](#) de cuerpo robusto con el [labio](#) inferior o labium convertido en un órgano desplegable situado en la parte inferior de la cabeza, llamado máscara, con el que captura sus presas.

Calopterigidae



Figura A; Ejemplar de Calopterygidae

Los calopterígidos (Calopterygidae) son una [familia](#) de [odonatos zigópteros](#); el nombre de esta familia proviene del [griego](#) *kalós*, "bello" y *pteron*, "alas" ("alas bellas"), y alude a los bellos colores que presentan en sus alas los miembros de esta familia. Tienen un tamaño mediano, entre 45 a 60 [mm](#), cuerpo esbelto y patas largas y finas. La [cabeza](#) se alarga transversalmente, y al ser [Zygoptera](#) posee los [ojos](#) separados por un espacio mayor a la medida de un ojo. Ambos sexos tienen la cabeza negra, las alas son ovaladas sin pedúnculo, y se van estrechando paulatinamente hasta la base, poseen una venación densa con numerosas venas antenodales, y tienen un [pterostigma](#) ausente o blanquecino. Presentan en su mayoría un brillo metálico.

Tricópteros

Los tricópteros o frigáneas (Trichoptera, del [griego](#) *trichos*, "pelo" y *pteron*, "ala") son un [orden](#) de [insectos endopterigotos](#) (con [metamorfosis completa](#)), emparentados con los lepidópteros (mariposas y polillas), cuyas [larvas](#) y [pupas](#) son acuáticas, y viven dentro de pequeños estuches en forma de tubo que ellas mismas fabrican a base de [seda](#) a la que adhieren granos de arena, restos vegetales, etc. Los adultos son voladores, y se caracterizan por presentar dos pares de alas cubiertas de pelos que, en posición de reposo, se pliegan sobre el cuerpo en forma de tejado. Se conocen entre 7.000 y 10.000 [especies](#). En los adultos la cabeza posee dos [ojos compuestos](#) bien desarrollados y, a veces, tres [ocelos](#); las [antenas](#) son largas y filiformes. Las [piezas bucales](#) son de tipo lamedor con las [mandíbulas](#) generalmente [vestigiales](#); las [maxilas](#) y el [labio](#) contribuyen a la formación de una [probóscide](#) ([haustelo](#)) con la que toman líquidos. El [tórax](#) presenta los tres [segmentos](#) bien desarrollados, con patas largas y delgadas provistas de espinas, y dos pares de alas membranosas densamente recubiertas de pelos y con muy pocas venas transversales.

El abdomen posee 10 segmentos, de los cuales los últimos están modificados y constituyen los genitales. Las larvas son acuáticas, de tipo campodeiforme o eruciforme, con cabeza bien desarrollada, tres pares de patas, y se diferencian de las larvas de todos los demás insectos por presentar un par de falsas patas anales (pigópodos) provistas de fuertes uñas. Poseen glándulas productoras de seda que se abren en el labio; la seda es usada para construir una gran variedad de estructuras larvarias. Respiran por traqueobranquias de forma filamentosa localizadas sobre el abdomen.

Lepidostomatidae



Figura A; Ejemplar de Lepidostomatidae

Son insectos de color café de tamaño medio a grande (7-12, mm). Los adultos no presentan ocelos. Los palpos maxilares de los machos son de un sólo segmento, el cual es alargado o modificado de alguna forma y con muchas escamas o pelos. Los palpos maxilares de las hembras son de 5 segmentos y no están modificados. El primer segmento antenal es más largo que la cabeza y además frecuentemente modificado en los machos. El mesoescuto y el mesoescutelo poseen cada uno un par de verrugas de setas. Ambas alas son amplias y en los machos pueden estar parcial o en gran parte cubiertas de manchas o hileras de escamas. Lepidostomatidae en términos generales es una familia de las regiones norteadas, pero también es diversa en la región Oriental. En el mundo hay alrededor de 30 géneros y 150 especies. En el Neotrópico, se encuentra el género *Lepidostoma* en las montañas altas de México y América Central. En las larvas, las antenas salen muy cerca de los ojos y presentan un "cuerno prosternal". El pronoto y el mesonoto están bien esclerotizados, mientras que el metanoto posee tres pares de escleritos pequeños. Las larvas construyen estuches tubulares de materiales de origen vegetal y mineral. Frecuentemente el estuche es cuadrado visto en corte transversal

y hecho de pedacitos cuadrados de hojas. Las larvas son detritívoras y se les encuentra asociadas con acumulaciones de hojas y ramitas caídas, en las áreas laterales de poca corriente de los ríos.

Leptoceridae



Figura A; Ejemplar de Leptoceridae

Los leptocéridos son insectos delicados, de tamaño medio a grande (5 a 20 mm), alargados, y delgados. Los adultos son de coloración variada. Algunos son completamente negros, amarillos o cafés, otros son amarillos con puntos negros. Los adultos carecen de ocelos. Las antenas son muy largas y delgadas, 3 veces más largas que el cuerpo y el segmento basal es globoso. Los palpos maxilares son largos y de 5 segmentos, el último segmento es flexible pero no anillado. El mesoescuto es grande y posee dos bandas alargadas de setas y el mesoescutelo es corto. Las alas anteriores son largas y angostas. A diferencia de los otros Trichoptera, en Leptoceridae, los machos son más grandes que las hembras. Es una familia grande, de distribución mundial, con alrededor de 45 géneros y 1000 especies. Hay 12 géneros y 140 especies descritas en el Neotrópico. Las larvas construyen estuches delgados y largos de arena o pedacitos de vegetación en una amplia variedad de estilos. Algunos son producto del acondicionamiento de una ramita ahuecada (Triplectides), otras son hechas de pedacitos alargados y delgados de plantas dispuestos espiralmente (Triaenodes) y algunos son hechos enteramente de seda (Atanatolica). Las larvas son detritívoras o depredadoras y viven en aguas lentas o en las áreas de menor corriente de los ríos. Generalmente viven cerca del sustrato, pero las larvas de *Nectopsyche* pueden nadar moviendo sus patas metatorácicas como remos. De nuevo las especies del género *Anatolica* son excepcionales en que se alimentan raspando diatómeas de las superficies expuestas de las piedras y viven fuera del agua adheridas a éstas,

en la zona de salpique de las cascadas y corrientes torrenciales de las montañas. Los machos de muchas especies vuelan en enjambres y no son atraídas por las luces artificiales.

Anexo No. 8. Catálogo de especies encontradas (Trabajo de campo, 2014)