

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



BIODIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE SUPERFICIE Y DE FONDO, EN LA ZONA LITORAL DE LA LAGUNA DE CHANMICO, MUNICIPIO DE SAN JUAN OPICO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR.

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:
GEORGINA LISSETH HERRERA GRANADOS

PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, 25 NOVIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA

BIODIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE SUPERFICIE Y
DE FONDO, EN LA ZONA LITORAL DE LA LAGUNA DE CHANMICO, MUNICIPIO
DE SAN JUAN OPICO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR.

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

GEORGINA LISSETH HERRERA GRANADOS

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA



DOCENTE ASESORA: Ms. D. MARTHA NOEMÍ MARTÍNEZ HERNÁNDEZ



ASESOR EXTERNO: Ing. Agr. LEOPOLDO SERRANO CERVANTES

CIUDAD UNIVERSITARIA, 25 DE NOVIEMBRE DE 2017

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

RECTOR

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

SECRETARIO GENERAL

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

FISCAL GENERAL

LIC. MAURICIO HERNÁN LOVO CÓRDOBA

DECANO DE LA FACULTAD

M.Sc. ANA MARTHA ZETINO CALDERÓN

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, 25 DE NOVIEMBRE DE 2017

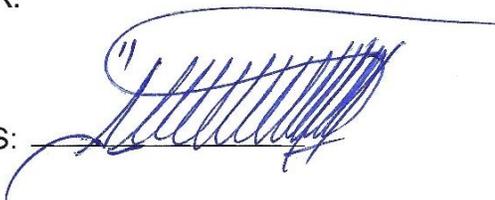
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA

BIODIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE SUPERFICIE Y
DE FONDO, EN LA ZONA LITORAL DE LA LAGUNA DE CHANMICO, MUNICIPIO
DE SAN JUAN OPICO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR.

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:
GEORGINA LISSETH HERRERA GRANADOS

PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

JURADO EVALUADOR:

M.Sc. ING. AGR. JOSÉ MIGUEL SERMEÑO CHICAS: 

LIC. CARLOS ANTONIO GRANADOS: 

CIUDAD UNIVERSITARIA, 25 DE NOVIEMBRE DE 2017

DEDICATORIA

A mi familia, que me apoyaron desde el principio en este camino, a pesar de los obstáculos. Ustedes tres me dieron apoyo incondicional cuando siempre lo necesitaba.

A mi abuelo Jorge Herrera, que se fue de este mundo, pero que compartía mi admiración por la naturaleza y compartimos esas charlas de programas ambientales cuando era una adolescente, fascinada por el mundo salvaje.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a mis padres por no imponerme qué estudiar, sino apoyarme en mi elección de carrera universitaria.

A la Escuela de Biología por el conocimiento aprendido.

A mis asesores, Ms.D. Martha Noemí Martínez Hernández e Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes por su orientación en la investigación, su conocimiento y apoyarme hasta el final de la entrega de este documento. Sus enseñanzas transmitidas me hicieron seguir adelante.

A los jurados, Lic. Carlos Antonio Granados e Ing. Agr. José Miguel Sermeño Chicas por las observaciones que hicieron a este trabajo.

A M.Sc. Rhina Esmeralda Esquivel Vásquez, por el espacio y equipo brindado en el Laboratorio de Micología, Escuela de Biología, además de su apoyo moral.

A M.Sc. Yanira Elizabeth López Ventura, por facilitarme el Estereomicroscopio, del Laboratorio de Cultivo *In Vitro* de Células y Tejidos Vegetales, Escuela de Biología.

A la Lic. Ana María Rivera por su ayuda en la identificación de caracoles, y la Directora Lic. Ester Eunice Echeverría, por el espacio brindado en el MUHNES.

A M.Sc. José Enrique Barraza, por préstamo del equipo de Draga del MARN y sus sugerencias en la investigación.

Nuevamente a los Ing. Agr. Leopoldo Serrano y M.Sc. Ing. Agr. José Sermeño, por brindarme todo su conocimiento y experiencia en insectos acuáticos y literatura del tema; su pasión a la investigación y enseñanza son valiosas.

A mis compañeros y colegas Lic. Vladlen Henríquez por la elaboración de mapa de los sitios de muestreo y explicación de datos; a Rubén Sorto y M. Sc. Ing. Agr. Altagracia Aguilar Zepeda, por la ayuda en los viajes de reconocimiento y guía en la limpieza de muestras; a la compañera Cristina Rivera Mate, por su ayuda prestada en una parte de la limpieza de muestras.

A los miembros encargados de ASISTEDSCO, Directora ejecutiva Lic. Blanca Estela Juárez de Granada, Técnico de Guarda recursos Sr. William Quinteros y los guardarecursos que me acompañaron a los viajes de campos: William Quinteros, Fredy Norberto Cruz, Héctor Elías Cruz, Jorge Segura, José Daniel Sánchez Carballo, José Quinteros y Lázaro Sánchez. Todos los guarda recursos de El Complejo el Playón, su labor es invaluable.

A mis compañeros y amigos que me apoyaron y aconsejaron emocionalmente durante este camino sinuoso, por estar allí, escucharme y aconsejarme.

Y finalmente, gracias Madre Naturaleza por las cosas bellas que nos das.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO.....	v
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	10
1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivo General	14
2.2. Objetivos Específicos.....	14
3. MARCO TEÓRICO.....	15
3.1. Biodiversidad.....	15
3.2. Descripción general de macroinvertebrados acuáticos.....	16
3.3. Descripción general de la zona litoral.	20
3.4. Clasificación de organismos en ecosistemas acuáticos.....	22
3.5. Diversidad de poblaciones y sus métodos.	24
4. METODOLOGÍA	27
4.1. Ubicación y descripción del área de estudio.	27
4.2. Datos ambientales.	28
4.3. Actividades antropogénicas del sitio.	29
4.3.2. Acuicultura.....	30
4.3.3. Agricultura.....	31

4.4. Usos turísticos.....	31
4.5. Problemas en la Laguna de Chanmico.	32
4.6. Selección de las estaciones de muestreo.	33
4.7. Fase de campo.	37
4.8. Fase de Laboratorio.	45
4.9. Análisis de los datos.....	48
5. RESULTADOS.....	50
5.1. Interpretación de datos.....	61
5.2. Parámetros físico-químicos.....	64
5.3. Ilustración de familias de macroinvertebrados acuáticos.	65
6. DISCUSIÓN	69
7. CONCLUSIONES	74
8. RECOMENDACIONES	75
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	86

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de distribución de macroinvertebrados bentónicos en un sistema lacustre.....	17
Figura 2. Laguna de Chanmico. 2011.	28
Figura 3. Pescador artesanal de guapote tigre (<i>Cichlasoma sp</i>), Laguna de Chanmico. 2011	30
Figura 4. Residuos inorgánicos en la Laguna de Chanmico, 2012.	33
Figura 5. Estaciones de muestreo en la Laguna de Chanmico. Fuente: Imagen aérea tomada de BING MAPS, elaborado por Lic. Biol. Vladlen Henríquez, 2012.....	34
Figura 6. Estaciones de muestreo en la Laguna de Chanmico. A: Estación La Mora, B: Estación La Conacastera. C: Estación Castaño- Áviles. D: Estación El Tule. E: Estación La Playita. F: Estación El Chorrón.....	37
Figura 7. Lancha de ASISTEDCOS, utilizada en los muestreos de macroinvertebrados en la Laguna de Chanmico.....	38
Figura 8. A y B, Draga Petite Ponar.	40
Figura 9. A. Modelo de Balde. B. Fondo del Balde con el tamiz de 0.55 mm.....	41
Figura 10. Colador con mango y las dimensiones de cada una de sus partes.	42
Figura 11. Medida de 4 m., hecho con bola de poliestireno expandido y lazo de nylon.	43
Figura 12. Colecta de organismos con colador. A: muestra en bandeja de fondo blanco. B: Muestra depositadas en botes de plástico e 50- 10 cc	44
Figura 13. Material para la toma de datos físico- químicos. A. Sonda multiparamétrica HACH® SensION156, de un 1 m. B. Disco Secchi.	45

Figura 14. Equipo de laboratorio. A: Colador, B: Muestra de sustrato de fondo en bolsa con cierre hermético y C: Estereomicroscopio 47

Figura 15. Distribución de las familias de macroinvertebrados acuáticos por estación, de julio a diciembre, Laguna de Chanmico, 2012..... 57

Figura 16. Curva de acumulación de familias de macroinvertebrados acuáticos, Laguna de Chanmico, 2012. 62

Figura 17. Fotos de las familias de macroinvertebrados acuáticos encontradas en la zona litoral de la Laguna de Chanmico, 2012. 66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Georreferencia de las estaciones de estudio en la Laguna de Chanmico....	35
Tabla 2. Abundancia de Familias en la Laguna de Chanmico, 2012.....	50
Tabla 3. Abundancia de familias del fondo de la Laguna de Chanmico, recolecta con Draga. 2012.....	52
Tabla 4. Abundancia de familias de la superficie de la Laguna de Chanmico, recolecta con Colador. 2012	53
Tabla 5. Abundancia absoluta de las familias de macroinvertebrados acuáticos por estación, de julio a diciembre, Laguna de Chanmico. 2012	55
Tabla 6. Frecuencia absoluta de familias de macroinvertebrados acuáticos recolectados con la técnica de Colador. Año 2012.	58
Tabla 7. Frecuencia absoluta de las familias de macroinvertebrados acuáticos recolectados con técnica de Draga. Año 2012.....	60
Tabla 8. Valores de Diversidad de la Laguna de Chanmico.....	61
Tabla 9. Estimadores de riqueza para macroinvertebrados acuáticos, Laguna de Chanmico, 2012.	63
Tabla 10. Valores del coeficiente de similitud de Sorensen de las estaciones, Laguna de Chanmico, 2012.	64
Tabla 11. Parámetros físico-químicos de la Laguna de Chanmico, 2012.	65

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos de superficie y de fondo, en la zona litoral de la Laguna de Chanmico, departamento de la Libertad, El Salvador. El estudio se realizó de julio a diciembre del 2012 y se establecieron seis estaciones, según su vegetación en la orilla y sustratos. Para la recolecta de los organismos de fondo, se utilizó la Draga Petite Ponar y para la recolecta de los organismos de superficie, se utilizó un colador casero de 18 cm de diámetro, sujetado a un mango de aluminio, modificando del modelo de la Red "D" utilizado en ríos. Se identificaron 21 Familias, compuestas por dos clases: Insecta y Gastropoda. Para la identificación de los organismos se utilizaron las guías taxonómicas de Dennis M. Lehmkuhl, 1979; McCafferty, W. P & Provonsha, A., 1998; Espino *et al.*, 2000; R, Needham, P.R. & Needham, J.G, 2002; Thompsom, F.G., 2004; Merrit, R. W *et al.*, 2008; Domínguez, H. & Fernández, 2009; Gutiérrez F., P.E. 2010; Pacheco-Chaves, B. 2010; Sermeño *et al.*, 2010b; Serrano *et al.*, 2010; Springer, M. 2010; apoyándose en investigadores especializados en su taxonomía, depositándolos en cada bote plástico, rotulados por Familia.

Para la descripción de la biodiversidad de macroinvertebrados, se usaron los índices de riqueza de ACE, ICE, Chao 1, Chao 2, Jack-Knife 1 y Jack-Knife 2, calculados con el programa EstimateS versión 8.2. Así como también, el índice de Simpsons para ambas comunidades (Draga: 0.53 y Colador: 0.60) y la tabulación de las familias encontradas, para determinar su abundancia, y el índice de similitud de Sorensen para determinar las familias en común entre una estación y otra. Se contabilizaron en total 75,457 organismos, de los cuales, las tres familias con mayor abundancia fueron: Hydrobiidae (Clase Gastropoda), con 43,127 individuos;

Chironomidae (Clase Insecta), con 24,406 individuos y Planorbidae (Clase Gastropoda), con 3,156 individuos del total. Las familias con un único individuo fueron: Ceratopogonidae, Psychodidae, Stratiomyidae, Pleidae y Leptoceridae.

1. INTRODUCCIÓN.

La degradación de los recursos naturales ha sido el mayor problema originado por la humanidad en estos últimos años y la declaración de áreas naturales protegidas (ANP), se ha visto incrementada para preservar mejor los pocos recursos que quedan. El Salvador no es la excepción, hasta el momento cuenta con 25 áreas naturales protegidas y el Complejo el Playón forma parte de esas ANP, en donde se encuentra la Laguna de Chanmico, el cual le suma importancia su estudio (ASISTEDCOS¹, EL PLAYON, s.f., citado por MARN *et al.*, s.f.).

El agua se ha convertido en uno de los recursos que más se ha degradado, encontrándose la mayor parte del agua disponible para el uso del ser humano en los ríos, lagos y capas glaciares, lamentablemente el agua limpia es un recurso cada vez menos disponible, mientras que las necesidades de los seres humanos son cada vez mayores (Mafla, 2005).

El estudio de la diversidad de organismos en un área natural es de suma importancia ya que al estudiar una comunidad de organismos, si su diversidad o riqueza es alta, indica que el ecosistema está en buen estado natural, pero si una comunidad posee bajo número de especies y muchos individuos por especies, es porque está bajo presión de contaminación, así como lo expresa Roldan (1999).

Al estudiar la importancia de los bioindicadores para establecer la condición ecológica de un recurso, se recomienda realizar primero un estudio de diversidad, y el

¹ Fundación de Asistencia Técnica para el Desarrollo Comunal Salvadoreño

grupo de macroinvertebrados acuáticos tiene esa característica de bioindicadores que es muy aprovechada en la actualidad, para hacer evaluaciones de calidad de agua en ríos, lagos y lagunas como parte de los cuerpos de aguas continentales.

Hay que recalcar que son pocos los estudios en cuerpos lénticos sobre macroinvertebrados acuáticos realizados en general y poco explorados en el país. Es por eso que en esta investigación se pretende determinar la diversidad de estos organismos en la Laguna de Chanmico, Municipio de San Juan Opico, Departamento de La Libertad, describiendo su riqueza y abundancia, para que así se pueda contribuir con los primeros registros de macroinvertebrados en los cuerpos lénticos, especialmente lagos y lagunas de El Salvador.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Describir la biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos de superficie y de fondo en la zona litoral de la Laguna de Chanmico, Municipio de San Juan Opico, La Libertad.

2.2. Objetivos Específicos

- ❖ Identificar la composición taxonómica a nivel de familias, de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la zona litoral de la Laguna de Chanmico, Municipio de San Juan Opico, La Libertad.
- ❖ Determinar la riqueza y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la zona litoral de la Laguna de Chanmico, Municipio de San Juan Opico, La Libertad.
- ❖ Comparar la diversidad en las diferentes estaciones establecidas en la zona litoral de la Laguna de Chanmico, Municipio de San Juan Opico, La Libertad.
- ❖ Caracterizar la calidad físico-química del agua de las estaciones establecidas en la zona litoral de la Laguna de Chanmico, Municipio de San Juan Opico, La Libertad.

3. MARCO TEÓRICO.

3.1. Biodiversidad

La biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida e incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca la diversidad de especies de plantas y animales que viven en un sitio, su variabilidad genética, los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes (Asher, 2001).

La diversidad biológica puede medirse en términos de diversidad genética y biótica de la identidad y el número de diferentes tipos de especies, conjuntos de especies, comunidades y procesos bióticos, y la cantidad (por ejemplo, la abundancia, biomasa, cobertura, frecuencia) y la estructura de cada uno. Se puede observar y medir en cualquier escala espacial, desde micrositios y parches de hábitat para toda la biosfera (Asher, 2001).

La conservación de la biodiversidad requiere un buen conocimiento de los rasgos biológicos de las especies y su papel dentro del ecosistema. En este sentido, los macroinvertebrados juegan un papel relevante, pero no sólo en términos de biodiversidad, sino también con relación a la función que desempeñan dentro de las redes tróficas, en la producción del ecosistema o en la estabilidad del mismo, entre otros muchos aspectos. Sin embargo, suelen pasar inadvertidos por su pequeño tamaño, mimetismo o hábitos de vida. A pesar de ello, su presencia es dominante, tanto en biomasa, como en riqueza de especies, pudiendo encontrar millones de

individuos de una especie en aquellos ambientes que les son propicios (Abellán *et al.* s.f.).

3.2. Descripción general de macroinvertebrados acuáticos.

Tradicionalmente, los animales se dividen en invertebrados y vertebrados, aunque los primeros incluyen todos los filos de animales mientras que los últimos abarcan un solo subfilo del Filo Chordata. En otras palabras, la gran mayoría de los animales son invertebrados y en los ambientes dulceacuícolas son el grupo más abundante y diverso (Mafla, 2005).

En términos generales, los macroinvertebrados son aquellos invertebrados que se pueden ver a simple vista o bien que son retenidos por una red de malla de aproximadamente 125µm. Esta distinción es relativa y a veces arbitraria, por lo que podemos ser un poco más precisos definiendo los macroinvertebrados con base en la taxonomía, ya que su tamaño es entre 2 milímetros y varios centímetros (Hanson *et al.*, 2010). Se llaman invertebrados porque la mayoría, no tienen huesos (solo exoesqueleto) y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce como las quebradas, ríos, lagos y lagunas (Mafla, 2005).

Los grupos que comprenden a los macroinvertebrados en general, son: artrópodos (insectos, arácnidos y crustáceos) y dentro de estos grupos los que más dominan son los insectos (en especial sus formas larvarias); también están los oligoquetos, hirudíneos y moluscos (y con menor frecuencia celentéreos, briozoos o platelmintos). Este grupo predomina en los ríos y también se encuentran en el litoral y fondos de lagos y humedales (Alba- Tercedor *et al.*, 2005).

Estos animales pueden vivir en diferentes sitios como en el lodo o en la arena del fondo de un río, lago o laguna, (*bentos*); sobre o debajo de las rocas o piedras, adheridos a troncos y vegetación sumergida y que estén en estado de descomposición; nadando activamente dentro del agua (*nectos*) o sobre la superficie (*neuston*). También hay que tener en cuenta que se pueden encontrar en los rápidos, remansos y a las orillas entre las raíces de las plantas (Fig. 1) (Mafla, 2005).

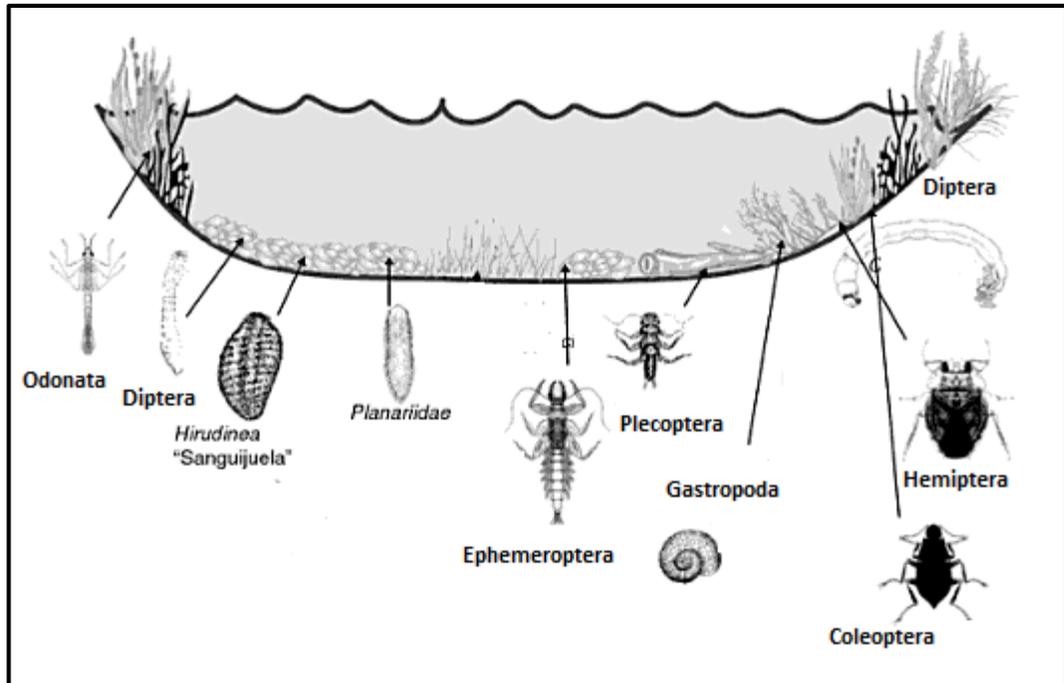


Figura 1. Ejemplo de distribución de macroinvertebrados bentónicos en un sistema lacustre. Fuente: Google Imágenes.

Se reproducen en grandes cantidades, se pueden encontrar cientos en un metro cuadrado. Además son parte importante en la alimentación de los peces. La mayoría son estadíos larvales de muchos animales que al salir del agua se convierten en adultos. El alimento de los macroinvertebrados es variado; puede ser desde plantas acuáticas, restos de otras plantas, algas, otros invertebrados, peces, pequeños restos de comida en descomposición, elementos nutritivos del suelo, animales en

descomposición, elementos nutritivos del agua, plantas en descomposición (detritus) y hasta sangre de otros animales. Las formas no son uniformes, los podemos encontrar desde: redondos, ovalados, alargados y espiralados. En cuanto a la cantidad de extremidades que tienen hay desde 10 patas hasta completamente sin patas (Mafla, 2005).

Los macroinvertebrados acuáticos son habitantes de dos tipos de ecosistemas de aguas dulces muy distintos entre sí: ecosistemas lénticos o de aguas tranquilas y lóticos o de aguas rápidas, representados por una fauna numerosa de especies de artrópodos, anélidos y moluscos. Dentro de los artrópodos (insectos y ácaros) se desarrollan interacciones biológicas muy interesantes y en la mayoría de los insectos que viven a orillas de los arroyos (como odonatos, dípteros, y tricópteros), sus larvas viven entre los intersticios de los fondos de los arroyos (González y García, 1995; McCafferty, 1981; Roldán, 1992, citados por Convenio CORTOLIMA *et al.*, *s.f.*).

El medio fluvial ofrece una serie de características que obligan a ciertas adaptaciones por parte de los organismos que lo habitan. Las adaptaciones biológicas se refieren al resultado de un proceso evolutivo a través de miles o millones de años y las adaptaciones ecológicas se refieren a la capacidad que un individuo tiene para resistir ciertos cambios naturales o provocados por el hombre. Los individuos con un amplio rango de tolerancia reciben el nombre de organismos *Euri*; en cambio, los que poseen poca capacidad de adaptación reciben el nombre de organismos *Esteno*. Estas adaptaciones pueden ser de tipo morfológico, fisiológico o etológico (Roldán, 1992; González y García, 1995, citados por el Convenio CORTOLIMA *et al.*, *s.f.*).

3.2.1. Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores.

Un organismo es indicador de calidad de agua, cuando este se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat. Un ejemplo sería, en ríos de montaña de aguas frías, muy transparentes, oligotróficas y muy bien oxigenadas, se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de efemerópteros, tricópteros y plecópteros; pero también se espera encontrar en bajas proporciones odonatos, hemípteros, dípteros, neurópteros, ácaros, crustáceos y otros grupos menores (Roldán, 1999).

El uso de los macroinvertebrados acuáticos (y muy especialmente los insectos) como indicadores de la calidad de las aguas de los ecosistemas (ríos, lagos o humedales) está generalizándose en todo el mundo. Algunos autores consideran este método un papel muy importante en la investigación científica para la interpretación y manejo del recurso hídrico (Espino *et al.*, 2000; Prat *et al.*, *s.f.*).

Para definir un bioindicador de calidad de agua, es requerido primero conocer la flora y fauna acuática de la región de estudio. A los macroinvertebrados acuáticos se les consideran muy populares como bioindicadores, ya que tienen la ventaja de tener un tiempo de vida largo y se observan a simple vista (Ghetti & Bonazzi, 1981; citado por Roldán, 1999).

La alta diversidad taxonómica, tipos de alimentación y de diferentes ciclos de vida hacen de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, una buena indicadora de la calidad ecológica de los ecosistemas dulceacuícolas, ya que ofrece un amplio espectro de respuestas a las diferentes perturbaciones ambientales (Alonso y Camargo, 2005).

3.3. Descripción general de la zona litoral.

La zona litoral de lagos y lagunas sostiene generalmente poblaciones más grandes y más diversas de invertebrados bénticos que las zonas sub-litoral y profunda. La heterogeneidad de la vegetación y del substrato de la zona, proporciona una abundancia de microhabitats ocupados por una fauna variada, que incrementa la producción de invertebrados. Esta zona es también altamente variable debido a las influencias estacionales, patrones de la utilización del suelo, variación ripícola, y los efectos directos del clima, que la hace alta en energía. La composición de especies de epifauna, el número de individuos, la extensión del área y la forma del crecimiento, varían con la composición de especies de las capas de micrófitos, por lo que es difícil determinar con precisión el estado bentónico (Mandaville, 2002).

Como la mayoría de lagos del mundo son pequeños y rasos, la zona litoral ocupa una porción considerable de los mismos y desempeña un importante papel en su funcionamiento. Puede variar de año en año y durante el ciclo anual por las fluctuaciones del nivel del agua (Roldan y Ramírez, 2008).

Las características físicas y químicas de las zonas costeras y litoral están determinadas por factores como la naturaleza de las áreas circundantes del lago o laguna, la química del agua, la exposición a las olas, la precipitación atmosférica y los vientos, entre otras (Roldan y Ramírez, 2008).

3.3.1. Orígenes de detritos en la zona litoral.

La biota de los lagos constituye una porción muy pequeña de la materia orgánica total de ecosistemas, incluso en los hábitats más productivos de agua dulce.

La mayor parte de la materia orgánica en ecosistemas acuáticos es inerte y se refiere colectivamente como *detrito*. Éste consta de toda la materia orgánica no viviente, tanto en forma disuelta y en partículas. En los ecosistemas acuáticos en general, casi toda la materia orgánica está constituida por compuestos de carbono orgánico disuelto (COD) y los compuestos de partículas de carbono orgánico (POC) (Wetzel, 2001).

Varios organismos contribuyen con los detritos de esta zona, ejemplo son los herbívoros y carnívoros que contribuyen en forma de materia fecal, así como también los organismos muertos. Las actividades antrópicas, como los deportes náuticos, acentúan el daño a los organismos, principalmente macrófitas, que posteriormente se convierten en fuente de detritos. De igual manera, las fluctuaciones de nivel producen migración en animales, desecación y lavado hidráulico que incrementan la llegada de detritos al cuerpo de agua (Roldan & Ramirez, 2008; Wetzel, 2001).

La biomasa muerta de la superficie desempeña un papel similar al de las plantas vivas como sustrato del perifitón, protección contra las olas y barrera para otro tipo de materiales. En la zona ecotónica se presenta variabilidad estacional en la entrada de detritos, así como en su tasa de descomposición; ocurren, además, cambios en la acción del oleaje y el nivel del agua. Todos esos sucesos en diferentes períodos hacen que el fondo esté o no cubierto por una gruesa capa de detritos. Las características físicas y químicas de las zonas costeras y litoral están determinadas por factores como la naturaleza de las áreas circundantes del lago, la química del agua, la exposición a las olas, la precipitación atmosférica y los vientos, entre otras (Roldan & Ramírez, 2008).

La fuente de energía de la cadena alimenticia de detritos es la biomasa muerta, originada por macrófitas y las hojas provenientes de la zona costera. Constituye la principal fuente de energía en esta región del ecosistema acuático y es realizada fundamentalmente por los *macroinvertebrados acuáticos*. Es además la principal fuente de detritos disueltos (Carbono orgánico disuelto o COD). Esta fuente de COD

puede ser igual o mayor a la producida por el fitoplancton. Por el contrario, en la cadena de la herbivoría, la fuente de energía es biomasa viva, producida por los organismos fotosintéticos como las plantas ribereñas y el fitoplancton, en general los productores y consumidores del ecosistema (Raisman & González, 2008; Roldan & Ramírez, 2008).

La característica principal de la zona litoral, en un cuerpo de agua, es la alta colonización por microalgas, macroalgas, briófitos, pteridófitos y macrófitas acuáticas; estas últimas son el elemento biótico principal en esta zona. Su tamaño es altamente variable con relación al del lago. Depende de la geomorfología de la cuenca y de las tasas de sedimentación y acumulación; por ello, en algunos casos, esta zona está poco desarrollada y a veces ausente; por ejemplo, en los lagos de origen volcánico y en algunas represas y lagos pequeños (Roldan & Ramírez, 2008, O'Sullivan & Reynolds, 2004).

3.4. Clasificación de organismos en ecosistemas acuáticos.

La parte biótica del ecosistema la constituyen todos los organismos que en él viven: productores o fotosintetizadores (algas, ciertas bacterias y plantas acuáticas), consumidores (animales acuáticos, desde los protozoos hasta vertebrados superiores, principalmente peces), y los descomponedores o mineralizadores de la materia orgánica, como los hongos y las bacterias acuáticas. Estos tres grupos de organismos determinan la productividad y el balance ecológico del ecosistema acuático (Roldan & Ramírez, 2008).

Roldan & Ramírez, 2008, explican una terminología propia para cada lugar que ocupan los organismos en un ecosistema acuático, ya sea que los organismos floten

en el agua, se desplacen dentro o encima de ella o vivan sobre el fondo o enterrados en él:

- ❖ *Plancton*: son organismos microscópicos, animales y vegetales, que por su tamaño, simplemente flotan en el agua y se mueven a merced de la corriente.
- ❖ *Necton*: pertenecen a este grupo los organismos tan grandes como para nadar libremente en el agua, aun en contra de la corriente. Entre estos se encuentran los peces y ciertos insectos nadadores.
- ❖ *Neuston*: son microorganismos que viven en la interfase aire-agua. Los más representativos son los insectos “patinadores” (hemípteros), los cuales permanecen siempre en la superficie del agua, por lo que reciben el nombre de *epineuston*. Otros insectos como los escarabajos “buceadores” y los nadadores de “espalda” (hemípteros), pueden también nadar por un tiempo dentro del agua, por lo que reciben el nombre de *hiponeuston*. Estos organismos son abundantes en los lagos y remansos de ríos, pero en aguas rápidas.
- ❖ *Pleuston*: comunidad conformada por macroorganismos que flotan y nadan en la superficie, entre los cuales se encuentran larvas de dípteros, coleópteros, hemípteros y plantas flotantes móviles como *Lemna*, *Salvinia* y *Eichhornia*.
- ❖ *Bentos*: organismos que viven en el fondo de los ecosistemas acuáticos. El fondo ofrece una gran variedad de hábitats, lo que se refleja en la diversidad de organismos que allí viven. La zona del litoral es la que mayor diversidad de hábitats ofrece. A medida que se va llegando a las zonas más profundas, donde escasean el alimento y el oxígeno, la fauna bentónica va reduciendo en diversidad. Además, los fondos de los lagos, por su naturaleza fangosa, no ofrecen un sustrato adecuado para el desarrollo de fauna bentónica. Los principales representantes de la fauna bentónica son los turbelarios, los anélidos, los insectos, los crustáceos y los moluscos. Todos estos

organismos, junto con el necton, el neuston y el plancton, constituyen complejas tramas alimenticias que son la base de la productividad acuática.

3.5. Diversidad de poblaciones y sus métodos.

Para el estudio de la biodiversidad de las comunidades en un ecosistema específico, se ha creado la medición de la diversidad alfa, beta y gamma para las especies. Esta puede ser de gran utilidad, principalmente para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas (Halffter, 1998., citado por Moreno, 2001). La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea, la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje, y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta (Whittaker, 1972, citado por Moreno, 2001).

Para la medición de la diversidad alfa, se debe tomar en cuenta que información se quiere evaluar, es decir, las características biológicas de la comunidad que realmente se quiere medir. Si se entiende a la diversidad alfa como el resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes especies dentro de un hábitat particular, entonces un simple conteo del número de especies de un sitio (índices de riqueza específica) sería suficiente para describir la diversidad alfa, sin necesidad de una evaluación del valor de importancia de cada especie dentro de la comunidad (Huston, 1994, citado por Moreno, 2001).

El objetivo de medir la diversidad biológica es: conocimientos a la teoría ecológica, contar con parámetros que permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones en favor de la conservación de taxones o áreas amenazadas,

monitorear el efecto de perturbaciones en el ambiente. Medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas, que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad, como en el número de especies, en la distribución de la abundancia o en la dominancia, nos alerta acerca de procesos empobrecedores (Magurran, 1988; citado por Moreno, 2001). Para saber la diversidad de especies en un hábitat, es recomendable cuantificar su número y su representatividad. Para describir la diversidad, está el uso de los índices; la ventaja de estos es que resumen mucha información en un solo valor y nos permiten hacer comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo (Moreno, 2001).

Sin embargo, aunque un índice sea aplicado cumpliendo los supuestos del modelo y su variación refleje cambios en la riqueza o estructura de la comunidad, resulta generalmente difícil de interpretar por sí mismo, y sus cambios sólo pueden ser explicados regresando a los datos de riqueza específica y abundancia proporcional de las especies. Por eso, lo más conveniente es presentar valores tanto de riqueza como de algún índice de la estructura de la comunidad, de tal forma que ambos parámetros sean complementarios en la descripción de la diversidad. (Moreno, 2001). Uno de los índices más conocidos es el de Simpson, 1949., permite medir la riqueza de organismos, aunque con una limitante, que es el uso de los organismos a nivel de especie. Por supuesto, si se pueden diferenciar las especies se pueden usar estas fórmulas para obtener resultados de manera aproximada. Aunque el concepto de diversidad es muy atractivo, sus resultados pueden variar con los métodos de muestreo, la naturaleza del sustrato y la época del año (Roldán, 1999).

3.5.1. Riqueza específica

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad. Esto es posible únicamente para ciertos taxones bien conocidos y de manera puntual en tiempo y en espacio. La mayoría de las veces tenemos que recurrir a índices de riqueza específica obtenidos a partir de un muestreo de la comunidad (Moreno, 2001).

4. METODOLOGÍA

4.1. Ubicación y descripción del área de estudio.

La Laguna de Chanmico está ubicada al Noroeste del Volcán de San Salvador en el cantón Chanmico, Municipio de San Juan Opico, Departamento de La Libertad. (OIRSA², *s.f.*; Campos & Payes, 2009). Con una altura aproximadamente de 480 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son 13°46' 58.5" LN y 89°21'27.6" LO. Posee un área de 0.8 Km², abarcando los cantones de Chanmico, Sitio Grande y el Jabalí. El espejo de agua mide aproximadamente 0.775 Km²; la profundidad es entre 25 a 47 m. y la profundidad máxima de 60 m. (OIRSA, *s.f.*) (Fig. 2).

La Laguna de Chanmico, forma parte del Área Natural Protegida Complejo El Playón, que abarca parte del territorio de los municipios de San Juan Opico y Quezaltepeque. Este complejo está conformado por varias porciones de reserva: La Isla, La Argentina, Chanmico, Colombia, 14 de Marzo y Los Abriles (OIRSA, *s.f.*).

² Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria.



Figura 2. Laguna de Chanmico. 2011.

4.2. Datos ambientales.

Por su ubicación geográfica la laguna se encuentra dentro de la Zona de Vida Bosque Húmedo Sub Tropical, la cual constituye el 85.6% de la superficie del territorio y se extiende desde la cadena volcánica hasta las planicies costeras. Algunas especies vegetales típicas de esta zona de vida son: “maquilishuat” (*Tabebuia rosea*), “cedro real” (*Cedrela fissilis*), “sálamo” (*Calycophyllum candidissimum*), “pacún” (*Sapindus saponaria*), “laurel” (*Cordia alliodora*), “madrecacao” (*Gliricidia sepium*), “aceituno” (*Simaruba glauca*), “conacaste” (*Enterolobium cyclocarpum*), “conacaste blanco” (*Albizzia caribea*) y “guarumo” (*Cecropia peltata*) entre otras (Reyna *et al.*, 1996, citado en OIRSA, s.f).

Los tributarios que desembocan en el perímetro de la laguna es un conjunto de quebradas. La temperatura promedio del agua es de 25°C y el pH del agua es de 8.0. Según el informe climatológico del 2003, el SNET reporta los valores de promedio anual de los siguientes parámetros: precipitación pluvial de 156.22 mm, humedad relativa de 78.91% y temperatura ambiental de 28.94°C. Los vientos predominantes van hacia el Norte, con una velocidad de 8 Km/h (OIRSA, s.f).

4.3. Actividades antropogénicas del sitio.

4.3.1. Pesca.

Son cuatro las comunidades pesqueras en la laguna, pero también llegan pescadores de otros lugares. La pesca anual se estima en 11,236 Kg., actividad que realizan sin contar con embarcaciones para desarrollarla. Algunos pescadores utilizan más de un arte de pesca en la realización de la faena. Las comunidades pesquera se detallan a continuación: Chanmico, Sitio Grande, Cantón Nuevo Consumidero y El Jabalincito (OIRSA, s.f) (Fig. 3).



Figura 3. Pescador artesanal de guapote tigre (*Cichlasoma sp*), Laguna de Chanmico. 2011

4.3.2. Acuicultura.

MAG y CENDEPESCA gestionaban un proyecto de colocar jaulas para cultivo de “tilapia” (*Oreochromis sp.*), según informaron guarda recursos en los viajes de reconocimiento. Para el año 2013, se terminó el estudio y la investigación consistió en la Calidad de agua, para siempre de alevines de “tilapia”. Se tomó varios datos físico-químicos del agua en tres puntos de la Laguna de Chanmico. Los 3 sitios son: El Cerrito, El centro de la Laguna y Las Playitas (mismo sitio donde se hizo una de las estaciones, E5: La Playita. Se realizó la toma de datos a 3 diferentes profundidades: 0.5 m, 5 m y 10 m. En Anexo #1 se muestra la tabla de los siguientes datos tomados: Temperatura a 3 profundidades, Transparencia (tomada con Disco Secchi), Oxígeno disuelto (O.D.), pH y Conductividad. Estos datos no habían sido publicados en el momento, por lo que se dieron datos tabulados en Excel, proporcionados por la Lic. Jasmín Cárdenas.

Según el criterio de CENDEPESCA, los resultados de las mediciones para la calidad del agua en la Laguna de Chanmico, aplicando el índice de calidad del agua (ICA), presentó una categoría general de Poco Contaminada, sin embargo para uso de vida acuática y pesca cae en la categoría de Dudosa para Especies Sensibles. (MAG & CENDEPESCA, 2014).

4.3.3. Agricultura.

Según Barrientos (1996) en los alrededores de la laguna, se encuentran tres diferentes clases de tierra, las cuales se describen de la siguiente manera:

- *Clase I:* Tierras sin límite de uso agrícola; usado para un amplio margen de plantas y de uso seguro para toda clase de cultivos agronómicos con excelentes rendimientos en las cosechas.
- *Clase II:* Tierras con prácticas cuidadosas de manejo y moderadas prácticas de conservación fáciles de aplicar; con limitaciones cortas y si son superadas se obtienen de muy buenos a excelentes rendimientos en las cosechas.
- *Clase III:* Tierras con limitaciones a cultivos intensivos, que requieren prácticas y obras especiales de conservación, difíciles y costosas de aplicar: con rendimientos de cosechas buenas a muy buenas.

4.4. Usos turísticos.

Los servicios que presta la laguna son de pesca y turismo. En época de vacaciones llegan aproximadamente de 200 a 300 personas, por lo que el número de visitantes al año es de aproximadamente 3,000. Hay extracción de agua para el

Ingenio de Chanmico en temporada de zafra, a cambio de este uso el Ingenio ha abierto canaletas y construido cuadrillas para ayudar a encauzar el agua lluvia hacia la laguna (OIRSA, s.f).

4.5. Problemas en la Laguna de Chanmico.

La Laguna de Chanmico se azufra una vez por año, entre los meses de noviembre a enero, lo cual ocasiona una gran baja en las poblaciones de peces existentes. Otro problema es el uso de detergentes fuertes utilizados por las personas que usan la laguna, para lavar ropa, aumentando la contaminación por desechos sólidos (OIRSA, s.f). En una propuesta de plan de manejo del área de la Laguna de Chanmico, se informó que existen trazas de insecticidas, aunque no en grandes cantidades como para poner en peligro la vida humana. Menciona también la presencia de arsénico por la condición volcánica de la laguna (Barrientos, 1996, citado por OIRSA, s.f.)

Dentro del área natural, los desechos orgánicos son producidos en parte, por la flora silvestre acuática descompuesta. La otra parte del desecho orgánico es producida por las actividades antropogénicas que se realizan en la zona, cuando talan árboles, recolectan frutos, realizan cultivos temporales o permanentes y residuos de alimentos. Así como también, las aguas servidas y superficiales, las cuales han sido descargadas directamente de la laguna. Por último, se tiene el problema de los desechos inorgánicos, los cuales hasta hoy se ven alrededor de la laguna y del ANP Complejo El Playón, como son los plásticos, vidrios de envases, latas de aluminio, entre otros (Fig. 4). (Barrientos, 1996).



Figura 4. Residuos inorgánicos en la Laguna de Chanmico, 2012.

4.6. Selección de las estaciones de muestreo.

En los meses de septiembre y noviembre del 2011 se realizaron dos viajes de reconocimiento a la Laguna de Chanmico, para establecer las estaciones de recolecta de muestras. Primeramente fueron ubicadas diez estaciones, pero tomando en consideración, esencialmente la mayor similitud de aspectos biológicos generales, entre algunas de ellas, y la demanda de tiempo que requería su recolecta y toma de datos, durante el día de recorrido, se redujeron a seis estaciones (Fig. 5). Las estaciones de muestreo fueron seleccionadas mediante un recorrido por la zona de estudio, verificando el aspecto biofísico, esto incluye: apariencia del agua, sedimentos, zona ribereña (vegetación), estabilidad de las orillas, presión de pesca, presencia de desechos sólidos y presencia de nutrientes de origen orgánico. En la tabla 1 se describen las estaciones de muestreo, con sus coordenadas y altitud, elegidas en la laguna.

La elección de las estaciones también fue basada por lo descrito según Wetzel (2001), Mandaville (2002), O'Sullivan & Reynolds (2004), Alba- Tercedor *et al.* (2005), Mafla (2005), Raisman & González (2008) y Roldan & Ramírez (2008); los cuales mencionan que la zona litoral es la más rica en macroinvertebrados, que se encuentran en las vegetación de la orilla, en raíces, rocas y/o sedimento.

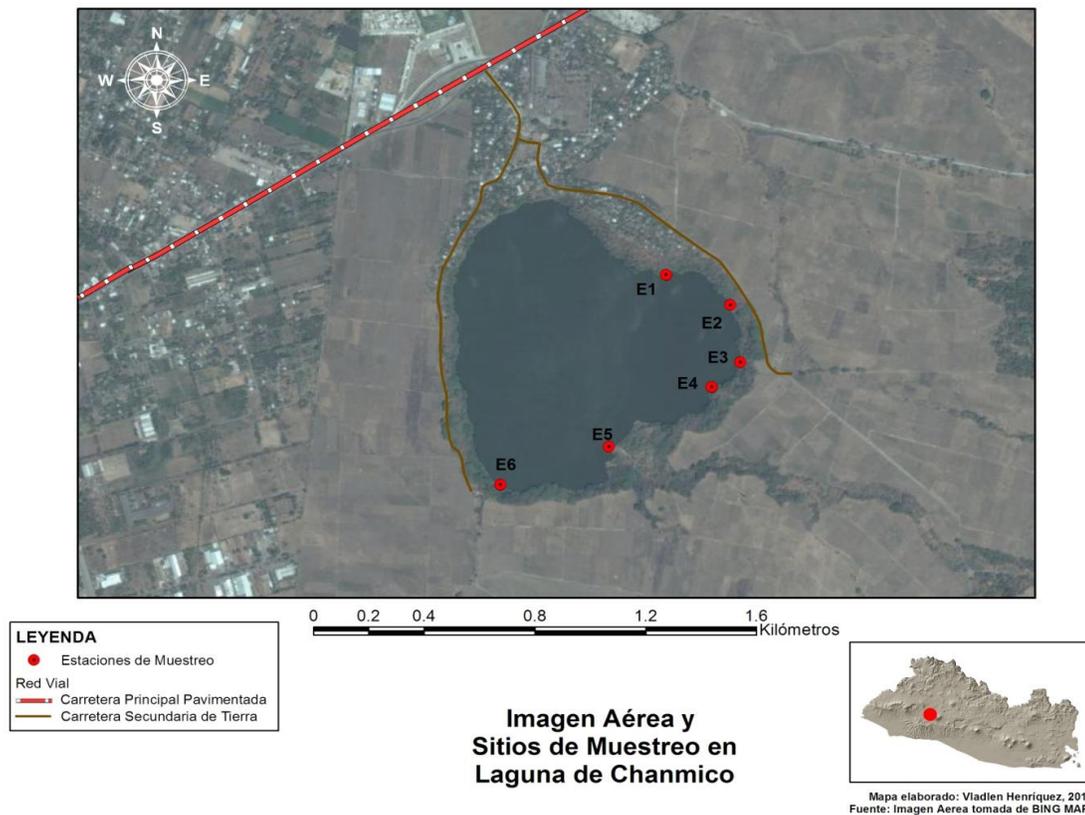


Figura 5. Estaciones de muestreo en la Laguna de Chanmico. Fuente: Imagen aérea tomada de BING MAPS, elaborado por Lic. Biol. Vladlen Henríquez³, 2012.

³ Técnico en Sistema de Información Geográfica (SIG), 2012.

Tabla 1. Georreferencia de las estaciones de estudio en la Laguna de Chanmico

Estaciones	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
E1- La Mora	13°46'51.9" N	89°21'06.3" O	481
E2- La Conacastera	13°46'48.2" N	89°20'58.6" O	482
E3- Castaño –Aviles	13°46'41.1" N	89°20'57.4" O	478
E4- El Tule	13°46'38.0" N	89°21'00.8" O	476
E5- Las Playitas	13°46'29.9" N	89°21'11.7" O	472
E6- El Chorrón	13°46'25.8" N	89°21'26.2" O	478

Los sitios georreferenciales se tomaron con GPS a la orilla de la laguna. Unas pendientes eran más pronunciadas que otras en las estaciones y al subir el nivel de agua, se corroboraron desde la lancha, variando los datos de Altitud, que con el equipo usado, tiene un margen de error de 3 m.

A continuación se hace una breve descripción de cada estación, tomando una distancia más o menos de 1 m aproximadamente, desde la orilla según la batimetría en cada sitio.

- ❖ **Estación 1 (E1):** Es de fácil acceso, la profundidad de la orilla es de 1 a 2 m., muy buena luminosidad y con vegetación en la orilla (Fig. 6, A).

- ❖ **Estación 2 (E2):** con profundidad de 2 m. aproximadamente, lugar más abierto que hace más fácil su acceso, con vegetación acuática como “berberena” o alga acuática, rocas grandes en la orilla, expuesta al oleaje, su orilla es bastante profunda (Fig. 6, B).
- ❖ **Estación 3 (E3):** fácil acceso con alguna vegetación en la orilla, pocos arboles; cerca de esta estación, el ganado llega a tomar agua (Fig. 6, C).
- ❖ **Estación 4 (E4):** buen acceso, profundidad de la orilla de 2 m. aproximados, muy expuesto al sol, con gran vegetación en la orilla como: “tule” (*Typha domingensis*) y *Lemna* (propicia para encontrar muchos macroinvertebrados) y el sustrato es bastante lodoso (Fig. 6, D).
- ❖ **Estación 5 (E5):** es de fácil acceso, con profundidad de 2 a 3 m, de aguas someras, vegetación pequeña con gramíneas, sustrato de arena, se observan muchos renacuajos. A esta parte de la laguna, viene agua de un afluente con sedimentos variados (Fig. 6, E).
- ❖ **Estación 6 (E6):** con una profundidad de 2 a 3 m. aproximados, esta estación es bastante perturbada por actividades antropogénicas (pesca y baño), en el agua se observa espuma, el sedimento es arenoso, muchas hojarasca en la orilla. Muy importante es que hay un nacimiento de agua aunque de aspecto sucio (Fig. 6, F).



Figura 6. Estaciones de muestreo en la Laguna de Chanmico. A: Estación La Mora, B: Estación La Conacastera. C: Estación Castaño- Áviles. D: Estación El Tule. E: Estación La Playita. F: Estación El Chorrón

4.7. Fase de campo.

La fase de campo consistió en dos muestreos por mes, durante cuatro meses; un día con la técnica con draga y el otro día con colador. Se muestreó a partir de las 8:00 a.m. y concluyendo a las 04:00 p.m., para un total de 16 horas de muestreo por mes, y 64 horas por los cuatro meses. En los viajes de campo siempre se contó con el acompañamiento de dos guardarecursos, asignados por la ASISTEDCOS y el MARN. Para la colecta de muestras en cada estación se hizo uso de una lancha sin motor con longitud de 3 m aproximadamente, como medio de transporte (Fig. 7).



Figura 7. Lancha de ASISTEDCOS, utilizada en los muestreos de macroinvertebrados en la Laguna de Chanmico.

Los viajes con la técnica de colador, se realizaron en los meses de julio, agosto, septiembre y noviembre del 2012; los viajes con la técnica de draga se realizaron en los meses agosto, octubre, noviembre y diciembre del 2012; según la disponibilidad de los guardarecursos, préstamo de la draga y vehículo para el traslado.

Durante el mes de octubre del 2011, el país fue azotado por una tormenta tropical que inició el 10 de octubre y finalizó el 20 de octubre de ese año, por lo que el departamento de La Libertad, entre otros, se vio afectado con inundaciones y deslaves. Se acumuló un récord histórico de 1,504 milímetros de agua, el cual superó los niveles del huracán Mitch de 1998. El día 15 de octubre de 2011 el SNET reporta que la

Laguna de Chanmico se vio afectada por el temporal, presentando inundación en la zona (ANÓNIMO, 2011; SNET, 2011(a y b) y Dirección General Protección Civil, 2011).

Con lo anteriormente mencionado, al subir el nivel del agua alrededor de un metro, se usó la lancha sin motor, ya que era imposible caminar alrededor de la laguna para poder realizar la técnica de recolecta con colador, como se había planeado inicialmente, lo que obligó al uso de la lancha para llegar a cada estación.

4.7.1. Método de colecta de especímenes.

Para la recolecta o captura de individuos se utilizaron dos tipos de técnicas para muestreo: draga y colador (casero) con mango extensible, para la captura de los macroinvertebrados acuáticos de fondo y superficie, respectivamente.

4.7.1.1. Método de Draga Petite Ponar

Se extrajo sedimento del fondo en cada estación con una draga Petite Ponar, variante de la draga de Petersen y apropiada para el muestreo de sedimentos finos a gruesos. Las características de la draga son: marca Wedco, con un área de muestreo de 152 mm. x 152 mm., con un peso de 25 libras, la cual fue proporcionada por el MARN, con la colaboración y supervisión del biólogo marino Dr. Enrique Barraza (Zaixso, 2002) (Fig. 8).

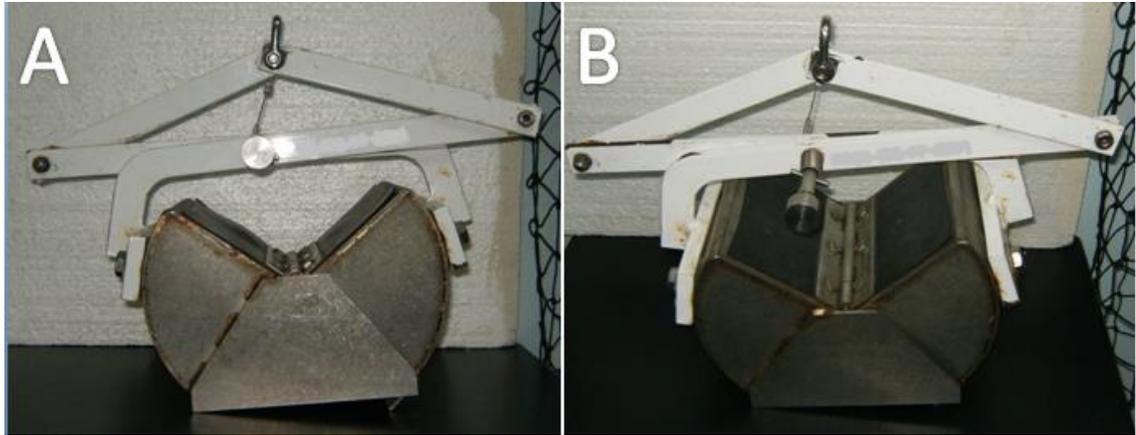


Figura 8. A y B, Draga Petite Ponar.

Con el recorrido en lancha, se tomaron dos muestras de fondo en cada estación, entre profundidades de 1 a 4 m, dentro de la zona litoral y dependiendo de la batimetría que presentaba la laguna (Anexo #2). Se hicieron tres repeticiones en cada muestra de cada estación, haciendo un total de seis tomas de sedimento en las dos diferentes profundidades que se establecieron. También se anotaron descripciones biológicas específicas en cada estación (Anexo #3 y #4).

Las muestras se colocaron en un balde con base de tamiz de 0.55 mm, para botar la mayor cantidad de agua posible y partículas pequeñas del fondo (Fig. 9). En un inicio se utilizó el balde con tamiz, pero al considerar el sustrato demasiado fino, lodoso y sin basura orgánica en algunas estaciones, se prefirió usar directamente un colador casero, por las medidas de la red. Al final de cada muestra, se limpiaba el tamiz, con el fin de evitar errores de registros de los organismos recolectados en cada estación.

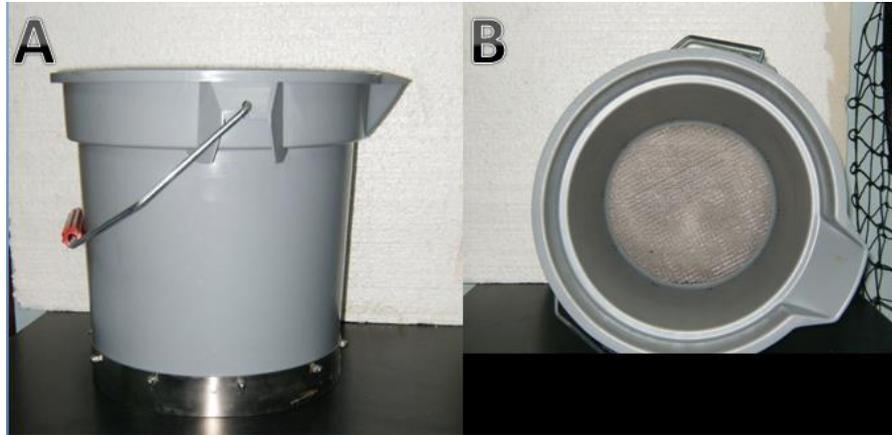


Figura 9. A. Modelo de Balde. B. Fondo del Balde con el tamiz de 0.55 mm.

El sustrato recolectado se transfirió a una bolsa con cierre, tamaño grande (26.8 cm x 27.3 cm), con alcohol etílico 90 °, ya que al depositarlo en las bolsas, siempre se filtraba un poco de agua en la muestra, y así quedara cercano a 70°. En el momento de depositar el sustrato a las bolsas, se etiquetaba cada una con viñetas previamente elaboradas en papel vegetal y escrito con tinta indeleble.

4.7.1.2. Método de colador.

Se utilizó un colador de plástico casero de 0.18 m de diámetro (18 cm) (Fig. 10), sujetado a un mango extensible de aluminio de 1 m aproximadamente, para recolectar macroinvertebrados acuáticos que estaban entre la vegetación aledaña a la laguna, con reducida profundidad.



Figura 10. Colador con mango y las dimensiones de cada una de sus partes.

Los pasos aquí sugeridos con colador, se elaboraron con la similitud y adaptación, a partir de la guía para la metodología estandarizada de muestreo de macroinvertebrados para ríos, El Salvador (Sermeño *et al.*, 2010a).

Previa a la toma de muestra en cada estación, se colocó en la superficie del agua, un lazo de nylon previamente marcado, 12 m. de longitud a lo largo de la zona litoral, siguiendo la forma de la orilla de la laguna, para cada estación. Una vez marcados los 12 m, se dividió en tres partes (4m. cada parte), para sacar tres sub-muestras, en un tiempo de diez minutos por sub-muestra. Sumando así la muestra de cada estación. Se ingresaba a la laguna en las partes con vegetación aledaña y plantas acuáticas, removiendo raíces y troncos para la captura de los organismos (Fig. 11).



Figura 11. Medida de 4 m., hecho con bola de poliestireno expandido y lazo de nylon.

La muestra se colocó en una bandeja de fondo blanco, para facilitar la visibilidad de los organismos, y con la ayuda de pinzas, pinceles y goteros para una extracción *in situ* en la lancha. Todo el material recolectado fue colocado en botes de plástico de 50 – 100 cc aproximados, preparados previamente con alcohol etílico al 70° (Fig. 12).

Cada bote de muestra, se rotuló debidamente con referencia a la estación de muestreo, cada 4 m que se abarcaba, cada etiqueta representaba una letra: a, b y c, para indicación de cada 4 m abarcado, sumando los tres los 12 m establecidos. Luego, se trasladaban al laboratorio para realizar las identificaciones de los organismos acuáticos.



Figura 12. Colecta de organismos con colador. A: muestra en bandeja de fondo blanco. B: Muestra depositadas en botes de plástico e 50- 10 cc

4.7.2. Toma de datos físico-químicos.

Fueron tomados los datos físicos químicos (Oxígeno Disuelto, TDS⁴ y Temperatura), con la sonda multiparamétrica HACH® SensION156 de un metro, así como también la turbidez con disco Secchi (Figura 13). El equipo fue proporcionado por el Laboratorio de Toxinas Marinas (LABTOX) de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

⁴ Total Dissolved Solids (Sólidos Totales Disueltos).

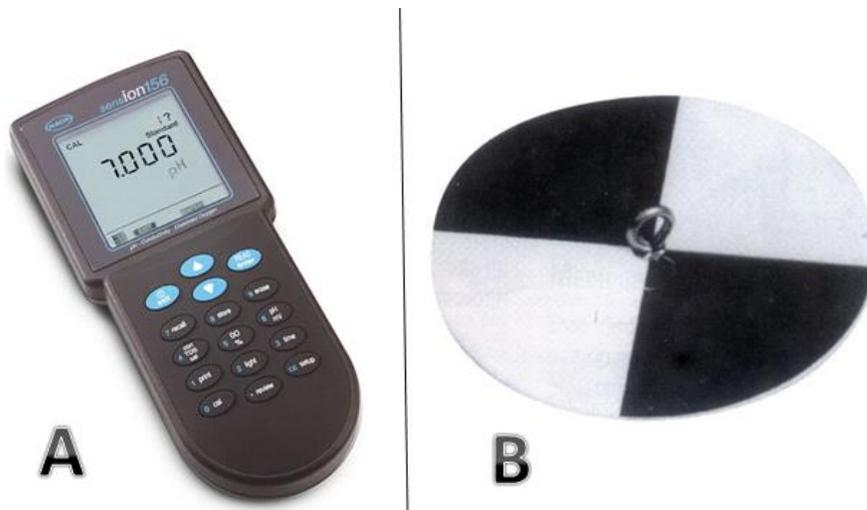


Figura 13. Material para la toma de datos físico- químicos. A. Sonda multiparamétrica HACH® SensION156, de un 1 m. B. Disco Secchi.

4.8. Fase de Laboratorio.

Después de la fase de campo, las muestras fueron llevadas a los laboratorios de la Escuela de Biología (Laboratorio de Micología y Laboratorio B). También se contó con el espacio del laboratorio de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, para la tamización y separación de organismos acuáticos, siguiendo el procedimiento de búsqueda que recomienda Sermeño Chicas *et al.* (2010a).

4.8.1. Separación

El material recolectado en bolsas plásticas y botes plásticos fue examinado exhaustivamente en los laboratorios, con la ayuda de un Estereomicroscopio para la búsqueda y separación de los macroinvertebrados acuáticos capturados (Fig. 14).

El sedimento recolectado con draga, se colocó en una bandeja blanca, para esparcirlo y quitar basura sobrante de la muestra; luego se procedió a tamizar poco a poco, con colador plástico de cocina de 11 cm de diámetro, colocando el sobrante en cajas Petri con fondo blanco en la parte exterior, para mejor visualización, separando así los organismos encontrados.

Con la muestra de colador, se tamizó primero y luego se colocó en una caja Petri, igual que el procedimiento de draga. Se procedió de esta manera con todas las muestras de draga y colador.



Figura 14. Equipo de laboratorio. A: Colador, B: Muestra de sustrato de fondo en bolsa con cierre hermético y C: Estereomicroscopio

4.8.2. Preservación

Cada organismo fue depositado por separado en un recipiente plástico, con alcohol etílico al 70%. Dicho recipiente se rotulaba con el mismo formato de etiqueta que se ocupó en la fase de campo, incluyendo la Familia a la que pertenecía.

4.8.3. Identificación de especies

Al terminar la separación de los organismos, se procedió a identificarlos, apoyándose de las guías taxonómicas de Dennis M. Lehmkuhl, 1979; McCafferty, W. P & Provonsha, A., 1998; Espino *et al.*, 2000; R, Needham, P.R. & Needham, J.G, 2002; Thompsom, F.G., 2004; Merrit, R. W *et al.*, 2008; Domínguez, H. & Fernández, 2009; Gutiérrez F., P.E. 2010; Pacheco-Chaves, B. 2010; Sermeño *et al.*, 2010b; Serrano *et al.*, 2010; Springer, M. 2010; así como también de investigadores, expertos en el área, depositándolos en cada bote rotulado por Familia, contando la abundancia de individuos por cada una de ellas, para ser registrados en una tabla de datos.

4.9. Análisis de los datos.

Para la descripción de la biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos en la Laguna de Chanmico, se usaron los índices de riqueza de ACE (Abundance-based Coverage Estimator), ICE (Incidence-based Coverage Estimator), Chao 1, Chao 2, Jack-Knife 1 y Jack-Knife 2, calculados con el programa EstimateS versión 8.2, el índice de Simpson. Así como también, la tabulación de las familias encontradas, por estación y mes, para determinar su abundancia.

❖ Coeficiente de similitud de comunidades- Sorensen:

Como método cuantitativo, que expresa la semejanza entre dos muestras considerando la composición de especies y sus abundancias, se aplicó el *Índice de*

Sorensen cuantitativo. Éste relaciona la abundancia de las especies compartidas con la abundancia total en las dos muestras. En este caso se refiere al número de familias en común entre dos comunidades diferentes, de superficie y de fondo, de una estación y otra (Instituto Humboldt, 2006).

Según Magurran, 1988, citado por Moreno 2001, su valor varía entre 0 (ninguna especie común) y 1 (todas las especies comunes). Se calcula matemáticamente de la siguiente manera:

$$CC_s = \frac{2c}{s_1 + s_2}$$

Donde, s_1 y s_2 = el número de familias en las comunidades 1 y 2 y

c = el número de familias comunes a las dos comunidades.

❖ Curva de acumulación.

Para comprobar si la muestra es representativa y determinar si se obtuvo el mayor número de familias posibles, se realizó la curva de acumulación con el programa EstimateS versión 8.2.

Una curva de acumulación de especies representa gráficamente la forma como las especies van apareciendo en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento en el número de individuos. Cuando una curva de acumulación es asintótica, indica que aunque se aumente el número de unidades de muestreo o de individuos censados, es decir, aumente el esfuerzo, no se incrementará el número de especies, por lo que tenemos un buen muestreo (Instituto Humboldt, 2006).

5. RESULTADOS

El número total de familias de macroinvertebrados acuáticos registradas, en las seis estaciones y para las dos técnicas de muestreo, fueron 21, con 75,457 individuos recolectados. Las familias con mayor abundancia fueron Hydrobiidae con 43,127 individuos (57.15% de total), Chironomidae con 24,406 individuos (32.34% del total). Las familias Pleidae, Leptoceridae y Ampullariidae solo cuentan con un ejemplar por Familia (Tabla 2).

Tabla 2. Abundancia de Familias en la Laguna de Chanmico, 2012.

Clase	Orden	Familia	Fi
Insecta	Coleoptera	Scirtidae/ Helodidae*	162
		Ephemeroptera	Baetidae
	Diptera	Chironomidae	24406
		Dixidae	7
		Ceratopogonidae	57
		Psychodidae	3
		Stratiomyidae	3
		Hemiptera	Belostomatidae
	Nepidae	188	

		Notonectidae	2169	
		Mesoveliidae	21	
		Pleidae	1	
	Odonata	Coenagrionidae	363	
		Gomphidae	39	
		Libellulidae	326	
	Trichoptera	Leptoceridae	1	
	Gastropoda	Sorbeoconcha	Hydrobiidae	43127
			Pleuroceridae	365
Basommatophora		Planorbidae	3156	
		Thiaridae	987	
Mesogastropoda		Ampullariidae	1	
TOTAL			75457	

Fi= Frecuencia Absoluta; * Helodidae: sinónimo de Scirtidae

Tres grupos no fueron identificados a nivel de Familia de macroinvertebrados acuáticos, de igual manera se contabilizaron los individuos y fueron separados por grupos: ácaros acuáticos, nematodos y ostrácodos (Anexo # 5).

En el muestreo con draga, se registraron 12 familias, las cuales con más abundancia siempre fueron Hydrobiidae y Chironomidae, con 27,434 individuos y 17,715 individuos, respectivamente. La tercera familia más abundante fue Planorbidae

aunque solo alcanzó una abundancia de 2,652. En la Tabla 3, se muestran las familias de macroinvertebrados acuáticos de fondo de la Laguna de Chanmico.

Tabla 3. Abundancia de familias del fondo de la Laguna de Chanmico, recolecta con Draga. 2012.

Orden	Familia	Fi
Diptera	Chironomidae	17715
	Ceratopogonidae	56
	Psychodidae	2
	Stratiomyidae	2
Hemiptera	Notonectidae	10
Odonata	Libellulidae	38
	Gomphidae	37
Sorbeoconcha	Hydrobiidae	27434
	Pleuroceridae	209
Basommatophora	Planorbidae	2652
Mesogastropoda	Ampullariidae	1
	Thiaridae	27
	TOTAL	48,183

Con respecto al muestreo con colador, se registraron 20 familias, de las cuales las más abundantes fueron siempre Hydrobiidae y Chironomidae con 15,693 y 6,691 individuos respectivamente. La tercera familia más abundante fue Notonectidae, aunque solo registró 2,159 individuos. En la Tabla 4 se tienen las familias encontradas en la superficie de la zona litoral de la Laguna de Chanmico.

Tabla 4. Abundancia de familias de la superficie de la Laguna de Chanmico, recolecta con Colador. 2012

Orden	Familia	Fi
Coleoptera	Scirtidae=Helodidae*	162
Ephemeroptera	Baetidae	31
Diptera	Chironomidae	6691
	Dixidae	7
	Ceratopogonidae	1
	Psychodidae	1
	Stratiomyidae	1
Hemiptera	Belostomatidae	44
	Nepidae	188
	Notonectidae	2159
	Mesoveliidae	21
	Pleidae	1

Odonata	Coenagrionidae	363
	Gomphidae	2
	Libellulidae	288
Tricoptera	Leptoceridae	1
Sorbeoconcha	Hydrobiidae	15693
	Pleuroceridae	156
Basommatophora	Planorbidae	504
	Thiaridae	960
TOTAL		27274

* Helodidae: sinónimo de Scirtidae

Observando la distribución de las familias por estación, se tiene que la Familia Hydrobiidae tiene alta concentración de individuos en las estaciones 3 y 4 (11,525 y 10,886 respectivamente). En la Familia Chironomidae, se concentra más en la estación 1 y 5 (8,531 y 4,564 individuos respectivamente). La Familia Planorbidae, se encontró más en las estaciones 3 y 4 (485 individuos y 2,235 individuos) y Notonectidae, en las estaciones 5 y 6 (464 y 582 individuos respectivamente). Las familias con un único ejemplar fueron Leptoceridae (E1), Pleidae (E2) y Ampullariidae (E4) (Tabla 5 y Figura 15).

Tabla 5. Abundancia absoluta de las familias de macroinvertebrados acuáticos por estación, de julio a diciembre, Laguna de Chanmico. 2012

Familia	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Ampullariidae	0	0	0	1	0	0
Baetidae	4	22	2	2	0	1
Belostomatidae	2	9	1	5	15	12
Ceratopogonidae	6	8	7	7	15	14
Chironomidae	8,531	2,814	2,235	2,374	4,564	1,990
Coenagrionidae	50	41	27	68	96	81
Dixidae	2	3	0	0	2	0
Gomphidae	12	11	13	2	1	0
Hydrobiidae	4,720	8,347	11,525	10,886	2,458	5,191
Leptoceridae	1	0	0	0	0	0
Libellulidae	14	41	83	85	75	28
Mesoveliidae	2	3	1	1	14	0
Nepidae	16	35	21	27	62	27
Notonectidae	218	174	373	358	464	582
Planorbidae	75	109	485	2,235	85	167
Pleidae	0	1	0	0	0	0
Pleuroceridae	0	0	0	3	0	362

Psychodidae	0	0	0	0	3	0
Scirtidae	27	37	14	8	45	31
Stratiomyidae	1	0	0	0	2	0
Thiaridae	0	0	0	0	1	986

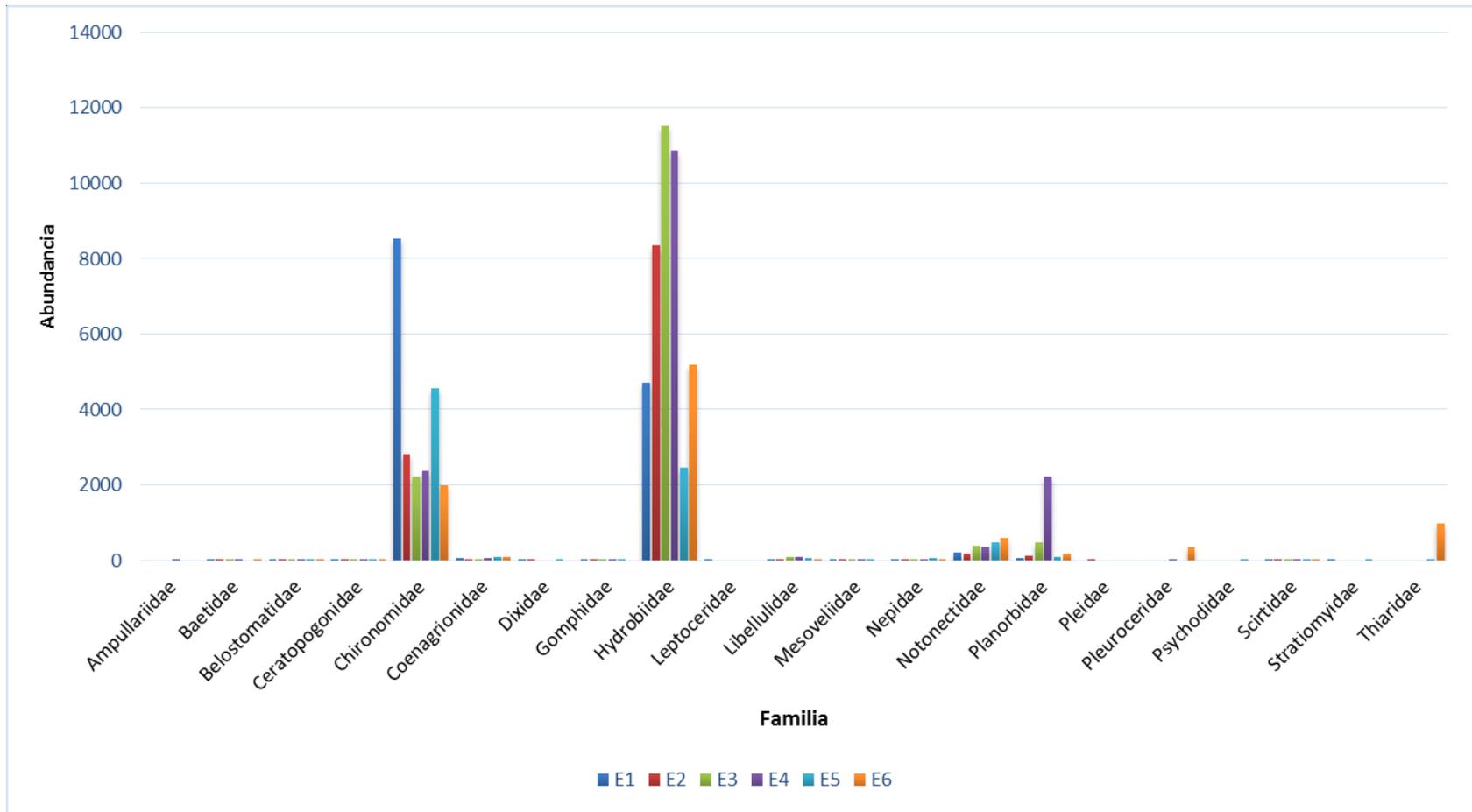


Figura 15. Distribución de las familias de macroinvertebrados acuáticos por estación, de julio a diciembre, Laguna de Chanmico, 2012

Observando solo la muestra de colador por mes, del total de las estaciones, se tiene que la Familia Hydrobiidae, presentó alta frecuencia en los meses de septiembre y octubre (5,000 y 8,380 individuos). La Familia Chironomidae con frecuencia alta en los meses de julio y octubre (1,767 y 2,505 individuos) y la Familia Planorbidae, en agosto y octubre (110 y 265 individuos). En el muestreo con draga, Hydrobiidae fue más alta su frecuencia en los meses de noviembre y diciembre (6,458 y 11,670 individuos); Chironomidae fue más alta en el mes de octubre y noviembre (6,936 y 5,620 individuos); la Familia Planorbidae, su alta frecuencia fue en octubre y luego noviembre (808 y 729 individuos) (Tabla 6 y 7).

Tabla 6. Frecuencia absoluta de familias de macroinvertebrados acuáticos recolectados con la técnica de Colador. Año 2012.

Familia	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Baetidae	29	2	0	0
Belostomatidae	16	17	4	7
Ceratopogonidae	1	0	0	0
Chironomidae	1767	1520	899	2505
Coenagrionidae	150	119	28	66
Dixidae	4	0	0	3
Gomphidae	1	0	0	1
Hydrobiidae	539	1774	5000	8380
Leptoceridae	0	0	0	1
Libellulidae	70	91	68	59

Mesoveliidae	7	8	5	1
Nepidae	43	70	23	52
Notonectidae	477	601	405	676
Planorbidae	31	110	98	265
Pleidae	0	0	1	0
Pleuroceridae	0	0	0	156
Psychodidae	0	1	0	0
Scirtidae=Helolidae	0	30	1	10
Stratiomyidae	0	0	0	1
Thiaridae	0	0	0	960

Tabla 7. Frecuencia absoluta de las familias de macroinvertebrados acuáticos recolectados con técnica de Draga. Año 2012.

Fr. Absoluta	Agosto	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ampullariidae	1	1	0	0
Ceratopogonidae	0	11	29	16
Chironomidae	2218	6936	5620	2941
Gomphidae	0	18	10	9
Hydrobiidae	4020	5075	6458	11670
Libellulidae	13	16	4	5
Notonectidae	0	0	0	10
Planorbidae	501	808	729	614
Pleuroceridae	72	54	44	39
Psychodidae	2	0	0	0
Stratiomyidae	1	0	0	0
Thiaridae	7	2	8	10

5.1. Interpretación de datos

Al medir la diversidad de organismos en la Laguna de Chanmico con el índice de Simpson, se tiene que en los organismos de superficie, muestreados con draga (0.5375) y con colador (0.600), no es altamente diversa y la diferencia entre ellos es poca, siendo un valor más alto de diversidad en los organismos que viven en la orilla de la laguna; su valor no es cercano a 1, pero mantiene un valor intermedio. Con respecto a la Dominancia, entre los diferentes niveles de la laguna, el valor más alto fue con draga, en los organismos del fondo (0.4624) debido a las familias dominantes y la cantidad de individuos encontrados (Ver Tabla 8).

Tabla 8. Valores de Diversidad de la Laguna de Chanmico.

Indicador	Draga	Colador
Abundancia	48183	27274
Dominancia	0.462408884	0.3995056
Índice de Simpson	0.537591116	0.6004944

Con respecto a la curva de acumulación de familias para la Laguna de Chanmico, usando los estimadores S Mean (runs), MMMeans (1 run), Chao 1, Jack 1 Mean y Bootstrap Mean, los cuales son los utilizados con muestras que describen abundancia, o la muestra se basa en presencia o ausencia (Instituto Humboldt, 2006), se observa que se formó casi en su totalidad la asíntota, lo que significa que el esfuerzo de los muestreos fueron suficientes para describir las familias de macroinvertebrados que allí habitan, ya que en la Fig. 16 se logra ver la formación de la curva.

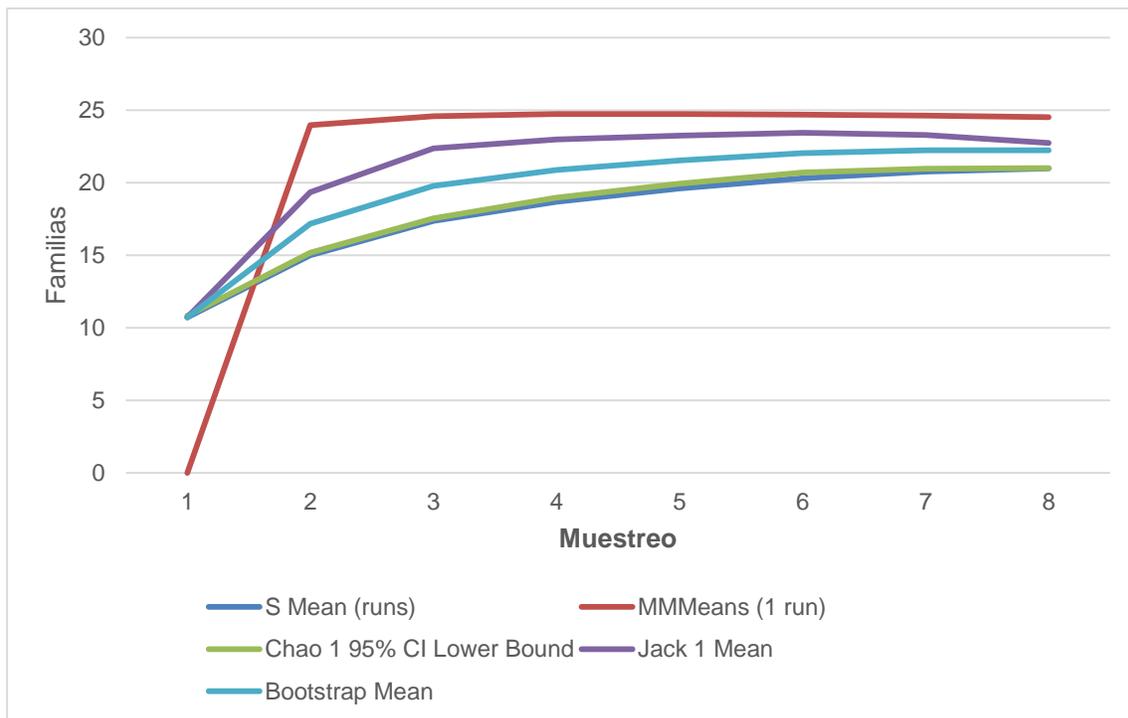


Figura 16. Curva de acumulación de familias de macroinvertebrados acuáticos, Laguna de Chanmico, 2012.

Entre los indicadores de riqueza calculados, el estimador con mayor valor de riqueza fue ACE mean y Jack 1, esperando obtener 23 familias, aproximándolos. Pero entre todos siempre se esperaba tener 22 o 23 familias. Tomando en cuenta esto y con el valor encontrado más alto (22.97), el resultado representa el 91.30% de la riqueza de familias esperadas en la Laguna de Chanmico (Tabla 9).

Tabla 9. Estimadores de riqueza para macroinvertebrados acuáticos, Laguna de Chanmico, 2012.

Estimador	Valor
ICE Mean	21.97
ACE Mean	22.97
Chao 1	21.33
Chao 2	21.15
Jack 1	22.75
Jack 2	21.04

Con el coeficiente de similitud de Sorensen, para comparar la diversidad entre familias de macroinvertebrados acuáticos en cada estación, tomando los valores más cercanos a 1, entre 0.86 y 0.93, según los datos de la Tabla 10, se tiene que la estación 2 y 3, 3 y 4, tienen una similitud de 0.93 para ambas. La estación 1 y 2 también tienen una similitud alta (0.90) entre sí, seguido por la estación 1 y 3, con un valor de similitud de 0.89, el tercer valor de similitud más cercano a 1, es entre las estaciones 1 y 5 (0.87). El valor más bajo de similitud entre estaciones, se encuentra en la estación 5 y 6, con un valor de 0.75. En conjunto, los valores que se mantienen más cercanos a 1, indican mayor similitud entre las estaciones (Tabla 10).

Tabla 10. Valores del coeficiente de similitud de Sorensen de las estaciones, Laguna de Chanmico, 2012.

Sorensen	E1	E2	E3	E4	E5	E6
E1						
E2	0.9					
E3	0.89	0.93				
E4	0.84	0.86	0.93			
E5	0.87	0.84	0.83	0.77		
E6	0.76	0.78	0.84	0.78	0.75	

5.2. Parámetros físico-químicos

En la Tabla 11 se tiene los datos físico-químicos que se obtuvieron en el período de muestreo del 2012. Solo se recolectaron en dos fechas debido a los cambios de programación de los viajes y no se contaba con el equipo en todos los viajes, por lo que no se pudo cumplir con el último objetivo específico en esta investigación.

Tabla 11. Parámetros físico-químicos de la Laguna de Chanmico, 2012.

Fecha	OD	Turbidez (cm)	TDS (mg/L)	Salinidad
30/05/2012	-		360	0.4
05/10/2012	0.27 mg/L	66	-	-

5.3. Ilustración de familias de macroinvertebrados acuáticos.

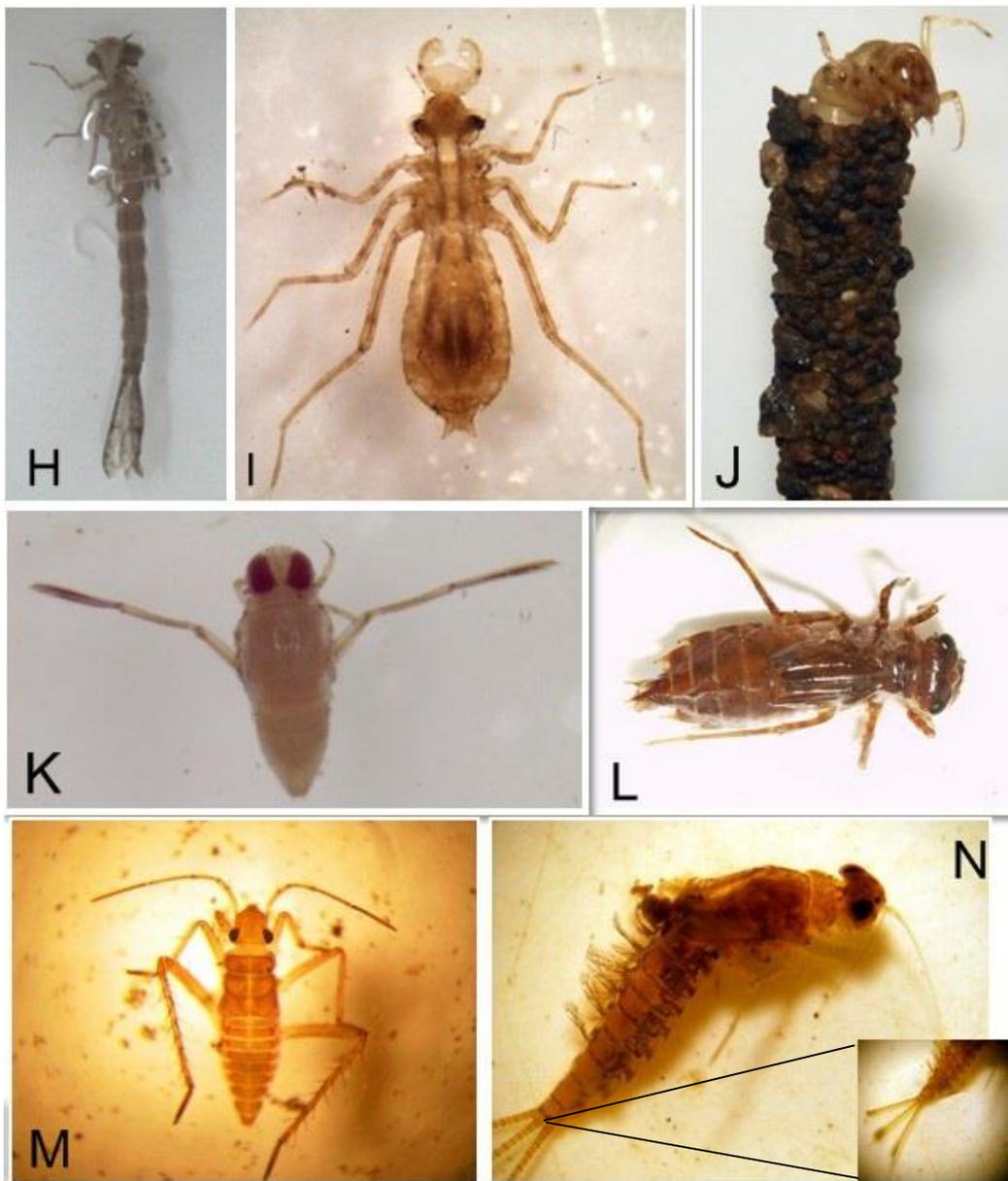
Se presenta en la figura 17, fotos de las familias de macroinvertebrados acuáticos encontradas, de las dos clases taxonómicas (Insecta y Gastropoda), en la zona litoral de la Laguna de Chanmico.

Figura 17. Fotos de las familias de macroinvertebrados acuáticos encontradas en la zona litoral de la Laguna de Chanmico, 2012.



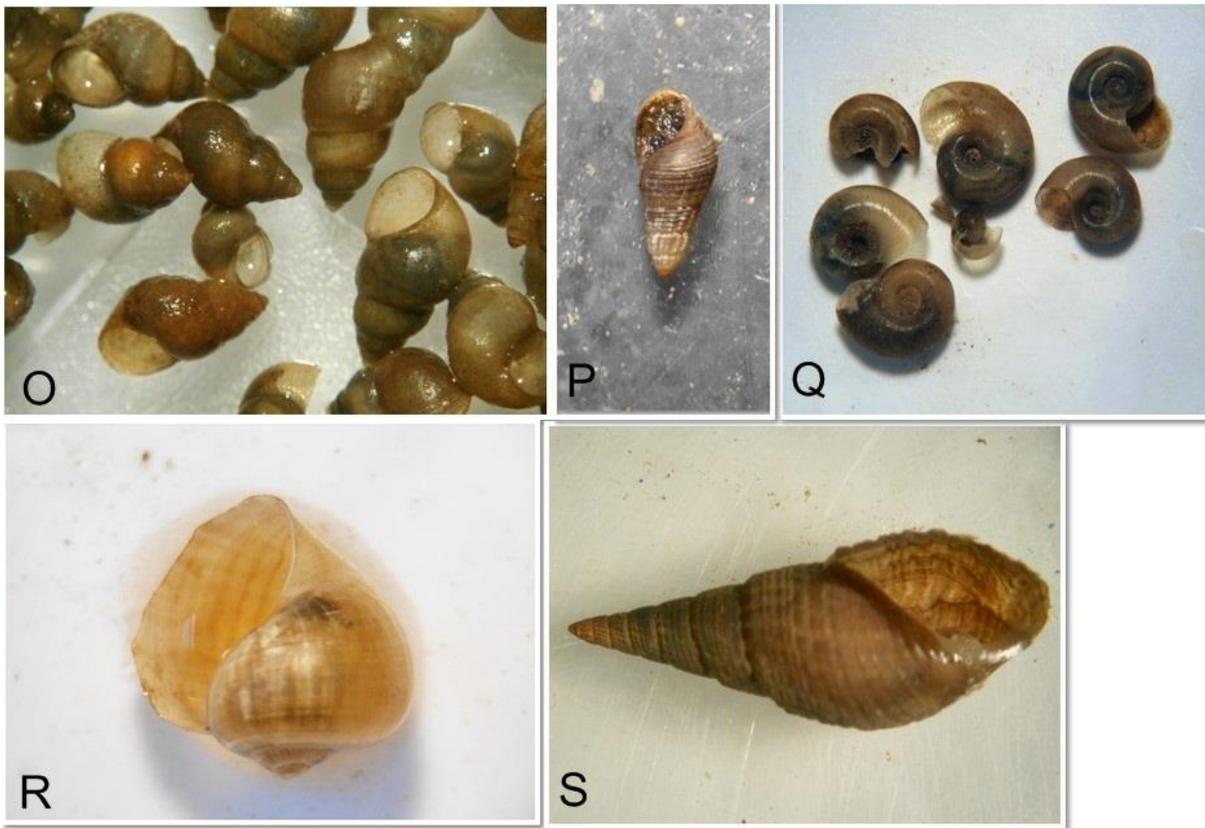
Organismos de la Clase Insecta, *A*: larva de Scirtidae, *B*: Larva de Chironomidae, *C*: Larva de Dixidae, *D*: Larva de Ceratopogonidae, *E*: Larva de Stratiomyidae, *F*: Ninfa de Belostomatidae, *G*: Adulto de Nepidae.

Continuación de Figura 18. Fotos de las familias de macroinvertebrados acuáticos encontradas en la zona litoral de la Laguna de Chanmico, 2012



Organismo de la Clase Insecta. *H*: Náyade de Coenagrionidae, *I*: Náyade de Libellulidae, *J*: Larva de Leptoceridae. *K*: Notonectidae, *L*: Náyade de Gomphidae; *M*: Mesoveliidae y *N*: Baetidae.

Continuación de Fig. 18. Fotos de las familias de macroinvertebrados acuáticos encontradas en la zona litoral de la Laguna de Chanmico, 2012



Organismos de la Clase Gastropoda. O: Hydrobiidae, P: Pleuroceridae, Q: Planorbidae, R: Ampullariidae; S: Thiaridae

6. DISCUSIÓN

Hay dos clases taxonómicas que se encontraron en la zona litoral de la Laguna de Chanmico: Insecta y Gastropoda, siendo predominante la Clase Insecta, con más presencia de familias, 16 en total, y 5 pertenecientes a la Clase Gastropoda. Dentro de las dos clases, las tres familias dominantes, con más presencia de individuos, fueron Hydrobiidae (43, 127) Chironomidae (24,406) y Planorbidae (3,156). En varios estudios de organismos bentónicos en lagos y lagunas, la Familia Chironomidae es una de las más encontradas entre el grupo de insectos, como se vio en los estudios de Trama, F.A. *et al.* 2009, donde se estudió la abundancia de macroinvertebrados bentónicos en el humedal de Palo Verde en Costa Rica, en la época seca y lluviosa. En este estudio se encontró 116 taxones pertenecientes a 57 familias y 18 órdenes, donde los insectos presentaron mayor riqueza, de 41 familias, 62 géneros y 90 morfoespecies en comparación con los otros macroinvertebrados (Mollusca, Crustacea, Oligochaeta e Hirudinea) con 14 familias, 12 géneros y 26 morfoespecies. Los grupos más abundantes fueron Conchostraca, con 1788 individuos (24.32%), y la subfamilia Chironominae con 1490 individuos (20.26%), perteneciente a la Familia Chironomidae.

Iannacone, J *et al.* 2003, realizó un estudio de la biodiversidad alfa y beta de macrozoobentos de las lagunas de Puerto Viejo en Lima, Perú. Encontró 5,519 ejemplares: 10 especies, 9 familias en 6 órdenes. Mesogastropoda, con dos especies que representó el 75.77%. La Familia con mayor número de especímenes fue Thiaridae (*Melanoides tuberculata*). Las larvas de insectos de la Familia Chironomidae fueron entre los insectos la más predominante (*Chironomus sp.*). La Familia Hydrobiidae con 891 individuos fue el tercer grupo de invertebrados en orden de importancia (*Heleobia cumingii*). A diferencia del estudio en la Laguna de Chanmico, que son la familia más dominante o con más presencia de individuos.

Un estudio similar al presente, es el de Espinoza y Morales, 2008. Se evaluó la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de la Laguna Las Peonías, estado Zulia, Venezuela. Se realizaron cinco muestreos en ocho estaciones, la recolección de la muestra de sedimento se realizó con una draga Ekman (0,02 m²). Se registraron 10 táxones dentro de tres filos. El filo Artropoda fue el más representativo, donde el orden Díptera, constituido por las larvas de la familia Chironomidae, fue el dominante de la laguna, con un 94,6% de abundancia del total de los organismos, seguido por Gammaridae con 3,7%. Las Chironomidae mostraron un porcentaje de frecuencia de aparición del 100 %. En total se cuantificaron 4,083 organismos en 108 muestras de sedimento recolectadas.

La familia Hydrobiidae, en su mayoría de especies, habitan fuentes o manantiales con flujo permanente de agua y sus cursos de desagüe o en aguas subterráneas. Se consideran como indicadores de calidad biológica del agua, entendiéndose la calidad como agua con materia orgánica, de aguas turbias, eutroficadas, con poco oxígeno (Durán L, C *et al.*, 2012 y Roldan, 1999). La Familia Hydrobiidae se alimentan principalmente de algas, suelen habitar en plantas sumergida, (Hershler 1984, citado por NARANJO G., E. 2003), eso explica porque se encontró en mayor cantidad en la estación 3 y 4, ya que existía más vegetación sumergida, especialmente en la estación 4 donde se encontró "tule" (*Typha domingensis*), sumergido.

La Familia Chironomidae, al igual que los anélidos son sumamente tolerantes a grandes porcentajes de materia orgánica, siendo los más usados como indicadores de contaminación por este factor (Alonso y Camargo 2005, citado por Espinoza y Morales, 2008). Este grupo juega un papel ecológico muy importante, debido a que participan como consumidores de detritus lo que se refleja como un decrecimiento de la materia orgánica y el aumento de las densidades por causa de un abastecimiento nutritivo previo (Lenihan y Micheli 2001, Alonso y Camargo 2005, Polo 2005, citados por Espinoza y Morales, 2008).

Varios autores sostienen que en cuerpos de agua lénticos y poco profundos, los quironómidos son el grupo de insectos dominantes (McCafferty, 1983; Pennak, 1989; Ward, 1992; Thorp & Covich, 2001; citados por Trama, F.A. *et al.* 2009). Ward (1992) menciona que en los humedales donde se encuentran peces, como en el caso de Palo Verde, Costa Rica, los invertebrados más abundantes son los quironómidos, en comparación con sitios donde no hay peces (Trama, F.A. *et al.* 2009).

Con respecto a la familia Chironomidae, las larvas de la mayoría de su grupo son de vida libre y reptan o nadan en el hábitat; otros pueden estar enterrados en el sedimento o debajo de piedras, o dentro de tubos de seda, adheridos a las rocas o plantas. Las larvas encontradas, en el presente estudio fueron más numerosas en la técnica de muestreo con draga, envueltas en tubos de sedimento que había en el fondo de la laguna. (Anexo #6). También se observó en los organismos recolectados que tenían una coloración roja, y esto se debe a la baja cantidad de oxígeno en el agua, pero es debido a pigmentos sanguíneos respiratorios en el cuerpo, que les ayuda a almacenar oxígeno dentro de sus cuerpos. (Sandoval y Molina, 2000; Oliver, 1981; McCafferty, 1998, citados por Menjivar Rosa, R.A. 2010) (Anexo #7). Esto indica que la presencia de oxígeno en la Laguna de Chanmico es pobre, retomando el dato de la fecha de 05/10/12 el OD fue de 0.27 mg/L, como se mostró en la Tabla 11.

Otra familia con riqueza de organismos fue Notonectidae, al observar su presencia y notar la ausencia de zancudos en la Laguna de Chanmico de esta Familia, se considera que ésta puede ser la razón de la ausencia de larvas y adultos de mosquitos, ya que su alimentación consiste básicamente en insectos, incluidos larvas de mosquito, que encuentra en la superficie del agua y que caza con rápidos movimientos (EcuRed, 2017). Algunas especies de Notonecta, también llamados backswimmer o “nadador de espalda”, se han identificado como predadores de larvas de mosquitos y otros invertebrados planctónicos (Blaustein, 1998; Chesson, 1989; Sih, 1986; Murdoch y Sih, 1978, citados por Zapata & Guerra, 2008).

Con respecto a la diversidad de organismos, con el índice de Simpson, se determinó que la población de macroinvertebrados acuáticos no es muy diversa en la zona litoral de la laguna. Con la técnica de draga, alcanzo el valor de 0.53, y colador con un valor de 0.60, ninguno acercándose a 1. Con los resultados de Dominancia, en ambas técnicas, ninguna alcanzo un valor cercano a 1, para determinar si en la laguna hay una o varias especies dominantes.

Predominan solo tres familias de macroinvertebrados acuáticos y puede deberse a la vegetación de la orilla, las perturbaciones antropogénicas en la Laguna de Chanmico, como sucede en la estación 5 (La Playita) donde el ganado desciende a tomar agua (Anexo #8). También contaminantes de pesticidas pueden estar en el agua, ya que se encontraron varios recipientes plásticos de este tipo flotando en el agua por los cultivos cercanos a la laguna. Según Roldan, G. & Ramírez (2008), las principales fuentes de perturbaciones causadas en los ecosistemas acuáticos por el ser humano son la contaminación de origen doméstico, industrial, agrícola, minero y deforestación.

Las náyades del Orden Odonata, especialmente los Gomphidae, son utilizados para la pesca por los residentes de las comunidades, ya que está prohibido ocupar red de pesca. Realizan la actividad a la orilla de la laguna o en flotadores y buscan entre la vegetación los náyades y los depositan en bolsas plásticas pequeñas con el agua de la laguna para mantenerlas vivas. Esta actividad la realizan casi todos los días por los 6 meses que se puede pescar, antes que se azufre la laguna entre diciembre y marzo. Por lo que puede ser una razón que exista solo 39 individuos de esta familia (Anexo #9).

Con la curva de acumulación, se observó que se dio la asíntota. Esto quiere decir, que se logró casi en su totalidad recolectar la comunidad de familias de macroinvertebrados acuáticos que habitan en la zona litoral de la Laguna de Chanmico. Y que el esfuerzo del muestreo de cuatro meses, dos veces por mes, logra

registrar la mayoría de familias que habitan la zona estudiada. Esto también reforzado con los indicadores de riqueza ACE mean y Jack 1 (22.97 Y 22.75, respectivamente) que se esperaba obtener 23 familias, recolectando en el estudio 21 familias, logrando así un 91.30% de registro de las familias de macroinvertebrados acuáticos.

Observando lo anteriormente mencionado, la técnica de colador en lagunas resultó una buena opción de técnica de recolecta, la cual se basó en el modelo la Red D para muestreos en ríos. En un estudio de lagos, ya se ha usado un tipo de Red "D" (Peralta, L., 2007) pero en este estudio no se aplicó debido a dificultades en el manipuleo del instrumento. La técnica de draga ya se ha aplicado a otros estudios de macroinvertebrados acuáticos en lagunas, pero con Draga Ekman, como el estudio de Espinoza y Morales (2008), que es más grande que lo usado en este estudio, pero que también funciona para el muestreo de recolecta de organismos bentónicos.

Al comparar la similitud entre estaciones para ambas comunidades, las estaciones 2 y 3, también 3 y 4 fueron las de más alto valor de similitud de Sorensen, siendo este 0.93, que puede ser debido al tipo de vegetación que se encuentra en la orilla, que también es abundante, y la profundidad que es aproximadamente de dos metros. Con el valor de similitud de Sorensen más bajo (0.75) en las estaciones 5 y 6, puede ser por el tipo de vegetación riparia y que en la estación 5 esté un afluente entrando a la Laguna de Chanmico. Sin embargo los datos no son muy alejados a 1, expresando las familias en común entre estas dos comunidades (de superficie y de fondo).

No se estableció ninguna influencia de los parámetros físico-químicos en el presente estudio, debido al problema de disponibilidad del equipo, pero si se observó en una fecha en la que el OD fue considerablemente bajo, y esto podría respaldarse con el coloramiento rojo de los quironómidos encontrados en el fondo de la laguna.

7. CONCLUSIONES

- ❖ A pesar de la actividad antropogénica que se da en la Laguna de Chanmico y los contaminantes que se observan a simple vista, se pudieron identificar 21 familias de macroinvertebrados acuáticos.
- ❖ La diversidad de los macroinvertebrados acuáticos de la zona litoral de la Laguna de Chanmico, mostró que no es muy diversa, pero se adapta a las condiciones que la zona ofrece.
- ❖ Las estaciones 3 y 4 presentaron más diversidad de Familia Hydrobiidae; las estaciones 1, 3 y 5 predominó la Familia Chironomidae; la Familia Planorbidae, se encontró más en las estaciones 3 y 4. Estas tres familias representó el 57.15 %, 32.34% y 4.18% del total de organismos encontrados, respectivamente.
- ❖ El análisis de similitud demuestra que las estaciones no ofrecen tanta diferenciación de organismos entre ellas, eso sostiene su baja diversidad o el tipo de sustrato y vegetación es homogénea.
- ❖ El método de colecta con draga y de colador permitieron recoger casi en su totalidad la población de macroinvertebrados acuáticos que hay en la zona de estudio, en un tiempo de 46 horas (2,760 minutos) durante los cuatro meses de muestreo, a pesar que no se había intentado en el país.

8. RECOMENDACIONES

- ❖ Es recomendable estudiar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos durante época seca y lluviosa, para su monitoreo y observar si las poblaciones son afectadas o no.
- ❖ Las familias con un solo individuo encontrado, fueron Ceratopogonidae, Psychodidae, Stratiomyidae, Pleidae y Leptoceridae, se necesitaría ver qué factores podrían estar afectándolos, porque las familias si habitan en lagos o lagunas, pero unos prefieren diferentes sustratos o raíces de plantas.
- ❖ Las familias encontradas son indicadores de calidad de agua que podrían usarse para establecer un índice biológico de calidad de agua para las lagunas, y puede servir de monitoreo continuo para medir el estado de la diversidad en la laguna año con año.
- ❖ Para evitar la erosión del suelo de la laguna, causado por una de las actividades antropogénicas: el ganado que desciende a la orilla para ingerir el agua, debería establecerse piletas en una zona fuera del área de la orilla de la laguna, y así reforestar esas zonas afectadas por la erosión del suelo, propiciando así el crecimiento de vegetación riparia y de organismos de macroinvertebrados acuáticos en la laguna.
- ❖ Monitorear los parámetros físico- químicos en todo un año, para observar si hay cambios que puedan perjudicar la vida acuática de la laguna.
- ❖ Controlar más las actividades antropogénicas que estén propiciando la contaminación de la Laguna de Chanmico y prohibirlas, creando una alternativa sustentable para no afectar a la gente que se beneficia de la laguna, como crear

lavaderos para ropa fuera del cuerpo de agua, crear alternativas y reemplazar los plaguicidas que pueden afectar a la laguna. Así como también crear un plan de reciclaje y charlas educativas para evitar la basura que queda en zonas de la laguna, como se observó en el sitio conocido comúnmente como “La Bomba”.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abellán, P.; Camarero, F.; Esteban, I.; Izquierdo, A.; Millán, A.; Ribera, I.; Sánchez D. & Velasco, J. s.f. *Biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos del Valle Salado de Añana: especies con interés de conservación*. Grupo de Ecología Acuática, Departamento de Biodiversidad y Biología Evolutiva del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, Asociación EHIZA. España. 98 pp.

Alba- Tercedor, J.; Pardo, I.; Prat, N. & Pujante, A. (2005). *Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua*. Confederación hidrográfica de Ebro & URS. España. 47 pp.

Alonso, A. & Camargo, J.A. (2005). *Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles*. Ecosistemas- Revista científica y técnica de Ecología y Medio Ambiente. Asociación Española de Ecología Terrrestre. España. Vol. 14 (3). 87-96 pp.

Anónimo. (2011). *El Salvador: Cayó más agua que durante el Mitch. Estrategia & Negocios*. [Internet]. Obtenida en enero 2012. Disponible en: <http://www.estrategiaynegocios.net/2011/10/20/el-salvador-cayo-mas-agua-que-durante-el-mitch/>

Asher L.S., (2001). *Enciclopedia of Biodiversity. Volumen 1*. Academic Press. United States of America. 952 pp.

ASISTEDCOS El Playón, s.f. *Estudio socioeconómico de la zona que amortigua El Complejo el Playón*. ASISTEDCOS-FIAES. El Salvador. 57 pp.

Barrientos, J. E. (1996). *Propuesta del plan de manejo del área de la laguna de Chanmico*. Tesis de Arquitectura, Universidad Politécnica de El Salvador. El Salvador. 190 pp.

Campos, S. E. & Payes, J. E (2009). *Evaluación preliminar para el establecimiento de un programa de monitoreo de la calidad fisicoquímica de la Laguna de Chanmico*. Trabajo presentado en cátedra de Limnología para la Maestría en Gestión de Recursos Hidrológicos. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Ciudad Universitaria. 22 pp.

Convenio CORTOLIMA, CORPOICA, SENA, UNI, TOLIMA s.f. *Proyecto Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica mayor del Río Coello*. Colombia. 46 pp.

Dirección General de Protección Civil. (2011). El secretario para asuntos de vulnerabilidad de la presidencia informa sobre acciones y atención de la emergencia. El Salvador. Versión electrónica. Obtenida en enero 2012. Disponible en:

http://proteccioncivil.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=973:el-secretario-para-asuntos-de-vulnerabilidad-de-la-presidencia-informa-sobre-acciones-y-atencion-de-la-emergencia-

Domínguez, H. & Fernández, H.R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y Biología*. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina. 656 pp.

Durán L., C. & Anadón M., A (2012). *Guía de campo Moluscos Acuáticos de la Cuenca del Ebro*. Confederación Hidrográfica del Ebro. España. 148 PP. En sitio Web: <https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/materialesdidacticos/otros/guia-moluscos.pdf>

EcuRed, 2017. Netonecta (ramero o barquito). 6° *Festival de colaboradores, "conocimiento con todos y para todos"*. Enciclopedia virtual EcuRed. Sitio web, disponible en: [file:///C:/Users/Georgina/Documents/Macroinvertebrados/NOTONECTIDAE/Netonecta\(Remero%20o%20Barquito\)%20-%20EcuRed.html](file:///C:/Users/Georgina/Documents/Macroinvertebrados/NOTONECTIDAE/Netonecta(Remero%20o%20Barquito)%20-%20EcuRed.html)

Espino, G.L.; S. Hernández & J.L. Carbajal. (2000). *Organismos Indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores)*. Comisión Nacional de Agua. Plaza y Valdés, S.A. de C.V. México. 633 pp.

Espinoza, N. & F. Morales. (2008). *Macroinvertebrados bentónicos de la laguna las Peonías, Estado Zulia, Venezuela*. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. Vol. 42, No. 3. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. p 345-363.

Gutiérrez Fonseca, P. E. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Coleoptera en El Salvador*. En: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). *Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos*. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) – Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 64 pág.

HANSON, P.; SPRINGER, M. & RAMIREZ, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos (Versión electrónica). *Revista de Biología Tropical*, 48 (4), 1-38.

Instituto Humboldt. (2006). *Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad*. Bogotá, Colombia, Del sitio web: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/humboldt analisisdatos.pdf>

- Iannacone, J.; Mancilla, J & Ventura, K. (2003). *Macroinvertebrados en las lagunas de Puerto Viejo, Lima Perú*. *Ecología Aplicada*, 2(1), 116-124. 2003, De Depósito legal Base de datos.
- Lehmkuhl, D. M. (1979). *How to know the aquatic insects*. Wm. C. Brown Company Publisher. U.S.A. 160 PP
- Mafla, M. (2005). *Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano*. Talamanca- Costa Rica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 87 pp.
- Mandaville, S.M. (2002). *Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters. Taxa Tolerance Values, Metrics and Protocols*. Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax. Canadá. 128 pp.
- MARN, ZETA Gas de El Salvador & ASISTEDCOS. s.f. *Identificación de Potencialidades para el Desarrollo del Ecoturismo en El Complejo El Playón*. El Salvador. 89 pp.
- McCafferty, W.P & Provonsha, A. V. (1998). *Aquatic Entomology: The Fishermen's and Ecologist's Illustrated Guide to Insects and Their Relatives*. Jones and Bartlett Publisher Canada. Toronto, Canada. 449 pp.
- Menjivar Rosa, R.A. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Diptera en El Salvador*. En: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). *Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos*. Proyecto Universidad de El Salvador (UES)- Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 50 pág

Merrit, R.W.; Cummins, K.W. & Berg, M.B. (2008). *An introduction to the Aquatic Insects of North America I*. 4° Edition. Kendall/ Hunt Publishing Company. U.S.A. 1158 pp.

Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA). (2014). *Calidad de agua, para siembra de alevines de "tilapia" en Laguna de Chanmico, San Juan Opico, La Libertad 2013*. La Libertad, El Salvador. Autores: España, J & Salazar Linares, J. L.

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. Manuales & Tesis SEA 1*. CYTED⁵, ORCYT⁶/UNESCO & SEA⁷. Zaragoza, España. 86 pp.

Naranjo G., E. (2003). *Moluscos continentales de México: Dulceacuícolas*. Revista Biológica Tropical. 51 (Suppl. 3).

Needham, P.R & Needham, J.G. (2002). *A guide to the study of fresh water Biology*. Editorial Reverte, S.A. Reimpresión. Barcelona, España. 26-82 pp

OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). *s.f. Informe de la descripción de lagunas de El Salvador*. Del Sitio Web de la Biblioteca Virtual: <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/LagunasSalvador.pdf>. Consultado en mayo 2011.

⁵ Ciencia y Tecnología para el Desarrollo

⁶ Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina. Y el Caribe

⁷ Sociedad Entomológica Aragonesa

O'Sullivan, P.E. & Reynolds, C.S. (2004). *The Lakes Handbook. Limnology and Limnetic Ecology*. Volume 1. Blackwell Publishing. Massachusetts, United States of America. 699 pp.

Pacheco-Chaves, B. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Hemiptera en El Salvador*. En: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES)-Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 49 pág.

Peralta, L. A (2007). Diseño de un Índice de Integridad Biótica para los lagos interdunarios de la región costera central del Estado de Veracruz, México. Tesis doctoral. Instituto de Ecología. A.C. Veracruz, México. 130 pp.

Prat, N.; B. RÍOS; Acosta, R. & Rieradeval, M. L. *s.f. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas*. Publicaciones Especiales. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán. Argentina. 26 pp.

Raisman, J.S. & González, A. M. (2008). *Funcionamiento de un ecosistema. Hipertextos del área de Biología*. [Internet]. Universidad Nacional del Noreste-UNNE. Argentina. Obtenida en diciembre 2011. Disponible en:
<http://www.biologia.edu.ar/ecologia/FUNCIONAM%20DE%20UN%20ECOSISTEMA.htm>.

Roldan, G. (1999). *Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua*. Universidad de Antioquia, Colombia. 12 pp.

Roldan, G. & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. 2ª Edición. [Versión electrónica]. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturaleza. Colombia. 399 pp. Obtenida en marzo 2011. Disponible en:

<http://www.google.com.sv/search?tbm=bks&tbo=1&hl=es&q=Fundamentos+de+limnolog%C3%ADa+neotropical.+2%C2%AA+Edici%C3%B3n&btnG=>

Serrano Cervantes, L. & A. Zepeda Aguilar. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Ephemeroptera en El Salvador*. En: Springer, M., Sermeño Chicas, J.M. & D. Vásquez Acosta (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 29 pág.

Sermeño Chicas, J.M.; Pérez, D.; Muños Aguillón S.M.; L. Serrano Cervantes; Rivas Flores A. W. & Monterrosa Uria, A.J. S. (2010a) *Metodología estandarizada de muestreo multi-hábitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la Red "D" en ríos de El Salvador*. Proyecto Universidad de El Salvador (UES)-Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 26 pp.

Sermeño Chicas, J.M., Pérez D. & Gutiérrez Fonseca, P.E. (2010b.) *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Odonata en El Salvador*. En: Springer, M. (ed.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES)-Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 38 pág

SNET. (2011a). *Depresión Tropical 12 E rompe récord histórico de lluvia acumulada*. [Versión electrónica]. Obtenida en enero 2012 Disponible en:

<http://www.snet.gob.sv/page.php?id=653&p=133>.

SNET. (2011b). *Registro Histórico de Inundaciones*. Versión electrónica. Obtenida en enero 2011. De: <http://mapas.snet.gob.sv/hidrologia/view.php?id=598>.

Springer, M., Serrano Cervantes, L. & Zepeda Aguilar, A. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Trichoptera*. En: Sermeño Chicas, J. M. (ed.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 47 pág.

Trama, F.A., Rizo Patrón, V. & Springer, M. (2009) Macroinvertebrados bentónicos del humedal de Palo Verde, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 57 (1) 275-284.

Thompson, Fred G. (2004). *An identification manual for the freshwater snails of Florida*. Florida Museum of Natural History, University of Florida. Gainesville, Florida. Del sitio Web de: <https://www.floridamuseum.ufl.edu/malacology/fl-snail/snails1.htm>

Wetzel, R. G. (2001). *Limnology. Lake and River Ecosystems*. 3th Edition. Elsevier Academic Press. California, United States. 1006 pp.

Zaixso, H. E. (2002). *Manual de campo para el muestreo del bentos*. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Patagonia, Argentina. 191 pp.

Zapata, C. & Guerra, L. (2008). Preferencia y eficacia de Notonecta indica (Notonectidae) para diferentes instares larvales de Aedes aegypti (Culicidae). *ResearchGate*. Disponible en sitio web:

https://www.researchgate.net/publication/236593052_Preferencia_y_eficacia_de_Notonecta_indica_Notonectidae_para_diferentes_instares_larvales_de_Aedes_aegypti_Culicidae

ANEXOS

ANEXO #1. Parámetros físico-químicos de tres sitios de la laguna de Chanmico, 2013.

Sitio	Coordenadas		Fecha	Metros	T (°C)	Transparencia (cm)	o.d m/L	pH	Conductividad elrc.µS/cm
	Latitud	Longitud							
Punto N°1 Frente a Montañita (Boya)	13.7794	89.3564	31/07/2013	0.5		47			726
				5	30.2		9	9.6	781
				10	28.4				
			07/08/2013	0.5	27.3	45	14.8	8.2	785
				5			8.5	7.1	
				10				7.0	
			20/09/2013	0.5	31.3	93	8	9.3	
				5	28.9		4.7	9.4	

				10	27.1		2.85	8.2		
			11/10/2013	0.5	25.2	92	9	6.5		
				5	29.1			2.6	8.5	
				10				0.2	8.2	
			08/11/2013	0.5	30	85	9.8	8.7		
				5					9.4	
				10	8				8.9	
Sitio	Coordenadas		Fecha	Metros	T (°C)	Transparencia (cm)	o.d m/L	pH	Conductividad elrc.µS/cm	
	Latitud	Longitud								
Punto N°2 El Centro	13.7792	89.357	31/07/2013	0.5	30.8	42	9.6	9.3	661	
				5	28.2		2.3	8.5	728	

Punto N°2 El Centro	13.7792	89.357		10	27.2		1.6	8	843
			07/08/2013	0.5	27.5	45	13.55	8.2	
				5	26		5.41	7.6	
				10	25.9		4.85	7.5	
			20/09/2013	0.5	31.8	93	8.5	9.1	
				5	28.4		3.23	8.86	
				10	26.3		2.6	8.11	
			11/10/13	0.5	29	1.9		8.9	
				5	25.2				
				10	25				
			8/11/13	0.5	29.4	79	9	9	

Sitio	Coordenadas		Fecha	Metros	T (°C)	Transparencia (cm)	o.d m/L	pH	Conductividad elrc.µS/cm
	Latitud	Longitud		5	10		2.9	8.5	
Punto N°3 Playitas	13.7757	89.3543	31/07/2013	0.5	30.1	44	9.4	9.5	709
				5	28.3		1.9	8.7	857
				10	27		1.4	8.1	
			07/08/2013	0.5	27.7	40	12.7	8.2	
				5	26.1		4	7.6	
				10	26		3.4	7.2	
			20/09/2013	0.5	29.8	93	9.19	9.3	

				5	20.3		3.28	8.22	
				10	27.3		2.2	8.44	
			11/10/2013	0.5	29.1	1.15	9	9	
				5	25.2		2.9	8.7	
				10			0.7	8.1	

Fuente: Entrevista con Lic. Jasmín Cárdenas España, cargo jefatura del departamento de investigación acuícola de la División de Investigación Pesquera y Acuícola CENDEPESCA.

ANEXO #2. Hoja de campo para toma de datos

Hoja de Campo

Nombre de la laguna:

Localización (Departamento, Municipio, Cantón, Caserío, Lugar): _____

Recolectores: _____

Acompañante en el Sitio: _____

Etapa del Proyecto: ____ inicio ____ desarrollo ____ cierre.

Comentarios u Observaciones: _____

ANEXO #3. Hoja de campo, detalles del muestreo.

Protocolo de Campo

Detalle del Sitio o punto de muestreo

Fecha (D/M/A) _____ y Hora del Muestreo: _____

Coordenadas: _____ y _____ Altitud _____ m.s.n.m.

Fotografías del Sitio: _____

Temperatura del Ambiente: _____ ° C. Temperatura del Agua: _____ ° C.

pH: _____ Turbidez del agua _____ Oxígeno Disuelto: _____ mg/l. TDS _____

Condiciones Ambientales: ___ Soleado ___ Lluvioso ___ Nublado _____ Otro.

Otras Medidas: _____

Profundidad aproximada de la orilla _____ m.

Tipo de sustrato: _____.

En el Sitio hay: ___ Hojarasca, ___ troncos y ramas sumergidas, ___ raíces sumergidas.

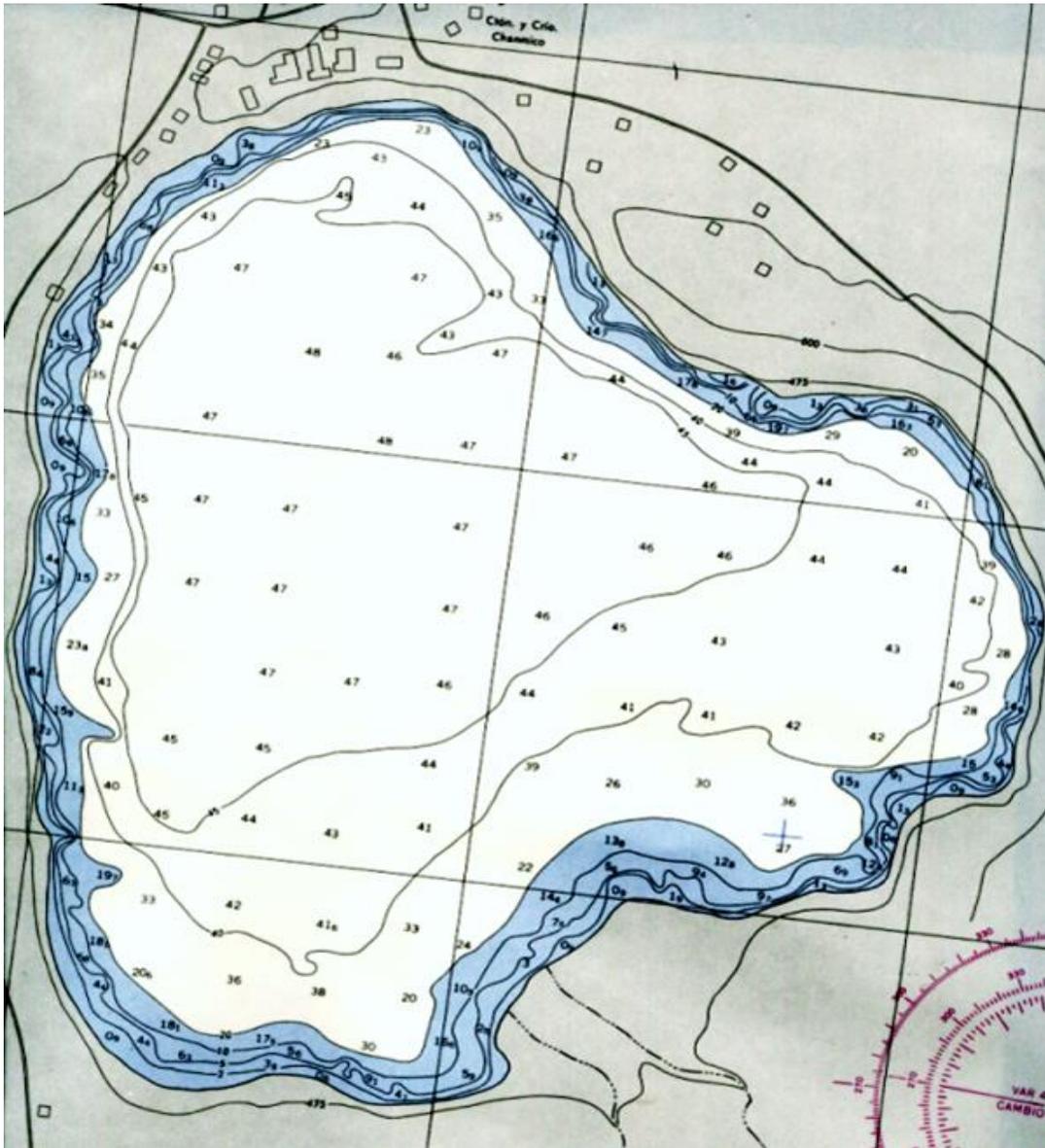
Otra fauna: _____ renacuajos, _____ peces, _____ otro.

Presencia de: _____ desechos orgánicos _____ espumas _____ aceites _____

Organismos muertos _____.

Comentarios u Observaciones: _____

ANEXO #4. Mapa de Batimetría de la Laguna de Chanmico.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, 1980 (Citado por Campos & Payes, 2009).

ANEXO #5. Grupo de organismos no identificados taxonómicamente, del muestreo con Colador y Draga.

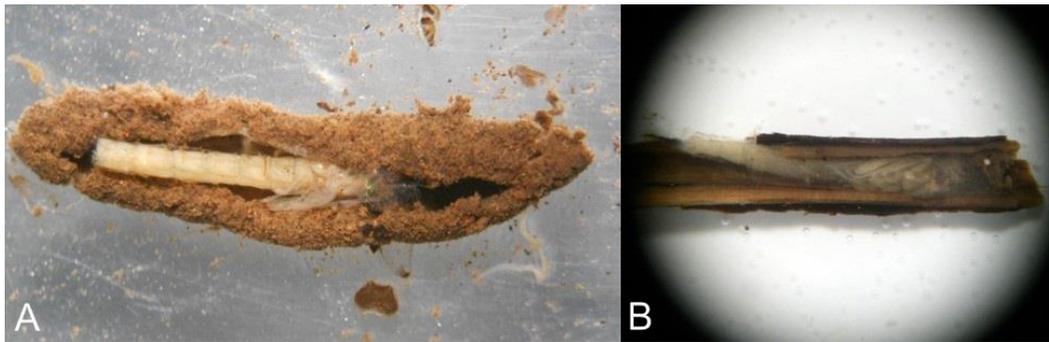
Organismos no identificados del muestreo con Colador.

Organismos	Estación 1		Estación 2		Estación 3	
	Fr Absoluta	Fr. Relativa	Fr Absoluta	Fr. Relativa	Fr Absoluta	Fr. Relativa
Ácaros	172	85.15%	123	89.13%	59	68.60%
Nemátodos	8	3.96%	11	7.97%	21	24.42%
Ostracodo	22	10.89%	4	2.90%	6	6.98%
Organismos	Estación 4		Estación 5		Estación 6	
	Fr Absoluta	Fr. Relativa	Fr Absoluta	Fr. Relativa	Fr Absoluta	Fr. Relativa
Ácaros	194	65.99%	229	74.11%	49	75.38%
Nemátodos	23	7.82%	57	18.45%	8	12.31%
Ostracodo	77	26.19%	23	7.44%	8	12.31%

Organismos no identificados del muestreo con Draga.

Organismos	Estación 1		Estación 2		Estación 3	
	Fr absoluta	Fr relativa	Fr absoluta	Fr relativa	Fr absoluta	Fr relativa
Nematodo	2706	88%	1150	72%	2687	92%
Ostracodo	370	12%	454	28%	247	8%
Acaros	0	0%	0	0%	0	0%
Organismos	Estación 4		Estación 5		Estación 6	
	Fr absoluta	Fr relativa	Fr absoluta	Fr relativa	Fr absoluta	Fr relativa
Nematodo	2467	91%	3007	99%	3718	97%
Ostracodo	238	9%	28	1%	109	3%
Ácaros	0	0%	3	0%	0	0%

ANEXO #6. Larvas de Familia Chironomidae encapsulado en sustrato.



Organismo de Quironomidae. A: Larva de Chironomidae, encapsulado en sustrato blando; B: Pupa de Chironomidae encapsulado en sustrato vegetal

ANEXO #7. Organismos de Familia Chironomidae con coloración roja.



ANEXO 8. Ganado que desciende a la Laguna de Chanmico para tomar agua



ANEXO #9. Náyade de Gomphidae para uso de pesca artesanal, en la Laguna de Chanmico, 2012.

