

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

**Informe final  
Práctica Profesional Supervisada**

**Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA-  
Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de  
Atitlán y su Entorno -AMSCLAE-, Sololá, Guatemala**



**Presentado por:  
Marvin Jeraldo Xajil Sabán**

**Para otorgarle el Título de  
Técnico en Acuicultura**

**Guatemala, febrero de 2018**

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

**Informe final  
Práctica Profesional Supervisada**

**Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA-  
Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de  
Atilán y su Entorno -AMSCLAE-, Sololá, Guatemala**



**Presentado por:  
Marvin Jeraldo Xajil Sabán  
Registro académico No. 201542569**

**Para otorgarle el Título de  
Técnico en Acuicultura**

**Guatemala, febrero de 2018**

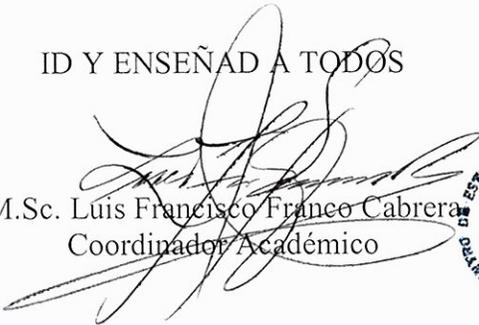
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

### **Consejo Directivo**

Presidente	Msc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle
Secretaria	Msc. Kathya Iturbide Dormon
Representante Docente	M.A. Olga Marina Sánchez Cardona
Representante Docente	Msc. Erick Roderico Villagrán Colón
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios y Zootecnistas	Licda. Liliana Maricruz Maldonado Noriega
Representante Estudiantil	T.A. María Alejandra Paz Velásquez
Representante Estudiantil	T.A. Marcos Estuardo Ponciano Nuñez

El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen de la Profesora del curso M.Sc. Irene Franco Arenales, al informe de la Práctica Profesional Supervisada, del estudiante Marvin Jeraldo Xajil Sabán, titulado “Departamento de Investigación y Calidad Ambiental –DICA- Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno –AMSCLAE-, Sololá, Guatemala”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo y autoriza su impresión.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera  
Coordinador Académico



Guatemala, febrero 2018

## **Acto que dedico**

Dedico este trabajo a Dios por permitirme alcanzar este grado académico.

A mis padres por brindarme su apoyo en todo momento.

## **Agradecimientos**

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, por brindarme educación superior de calidad y ser parte de mi formación técnica.

A la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y Su Entorno -AMSCLAE-, por darme la oportunidad de realizar mi prácticas.

Al equipo del Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA-, por brindarme sus conocimientos, amistad y apoyo en todo momento.

## Resumen

La Práctica Profesional Supervisada -PPS- es una actividad que permite al estudiante el trabajo directo con temas relacionados a los recursos hidrobiológicos, la cual se centra la carrera de Técnico en Acuicultura; por este motivo se realizan 320 horas de práctica donde se aplican los conocimientos obtenidos al transcurso de la carrera, aplicando el criterio técnico en la toma de decisiones y el análisis de casos en las actividades diarias.

La -PPS- fue realizada en el Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA- de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno – AMSCLAE-, ubicado en el municipio de Panajachel del departamento de Sololá. Entre las actividades asignadas como practicante estuvieron los monitoreos planificados en el periodo del mes de octubre y noviembre, entre las cuales destacan: monitoreo de vegetación acuática, monitoreo de ríos y caudales, monitoreo de estaciones climático, monitoreo limnológico en ocho puntos del lago, siembra de tul, apoyo en laboratorio y colaboración con el Departamento de Educación Ambiental.

Además de estas actividades se pudo llevar a cabo un proyecto de investigación sobre el contenido del tracto digestivo de macroinvertebrados; para ello se colectaron organismos del orden Odonata en dos puntos de muestreo, el primero ubicado en San Pablo La Laguna y el segundo punto en la bahía de Santiago Atitlán. Se colectaron organismos y se identificaron a nivel de género. El análisis de contenido del tracto digestivo se realizó en tres géneros de Odonatos, *Nehalennia*, *Thauriphila* y *Miathyria*. El objetivo de la investigación es evaluar el contenido del tracto digestivo de macroinvertebrados acuáticos del orden Odonata asociados a vegetación acuática, determinando el hábito alimenticio de cada especie identificada y así definir el grupo funcional de los organismos evaluados. Así mismo, se compararon los hábitos alimenticios de organismos de un cuerpo lenticos con un lotico para evaluar la disponibilidad de alimento y sustratos.

## Índice de contenido

1.	Introducción .....	1
2.	Objetivos .....	3
3.	Descripción General de la unidad de Práctica.....	4
3.1	Ubicación geográfica .....	4
3.1.1	Vías de acceso .....	4
3.2	Descripción general del área.....	5
3.2.1	Condiciones climáticas .....	5
3.2.2	Altitud.....	6
3.2.3	Zona de vida .....	6
3.2.4	Recurso hídrico.....	8
3.3	Actividades de la unidad de práctica .....	8
3.3.1	Aspectos filosóficos.....	11
3.3.2	Aspectos administrativos.....	13
3.3.4	Proyectos.....	15
4.	Actividades Realizadas .....	15
4.1	Monitoreo de caudales .....	15
4.2	Monitoreo de estaciones climáticas .....	16
4.3	Siembra de tul .....	17
4.4	Monitoreo limnológico .....	18
4.5	Monitoreo de vegetación acuática .....	21
4.6	Proyecto de Investigación: Contenido del tracto digestivo de macroinvertebrados del orden Odonata, asociados a vegetación acuática de Santiago Atitlán y San Pablo La Laguna, Lago Atitlán, Sololá.....	24
4.6.1	Materiales .....	25
4.6.2	Metodología.....	25
4.6.3	Resultados y Discusión.....	26
5.	Recomendaciones a la Unidad de Práctica .....	32
6.	Bibliografía.....	33
7.	Anexo .....	36

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	Mapa del departamento de Sololá	4
<b>Figura 2</b>	Organigrama Institucional.	14
<b>Figura 3</b>	Ubicación de los sitios de muestreo de los principales ríos tributarios de la cuenca del lago Atitlán.	16
<b>Figura 4</b>	Ubicación de las estaciones climáticas de AMSCLAE dentro de la cuenca del lago de Atitlán.	17
<b>Figura 5</b>	Mapa de ubicación de los sitios de muestreo.	20
<b>Figura 6</b>	Ubicación de los sitios de muestreo de vegetación acuática del lago Atitlán.	23
<b>Figura 7</b>	Porcentajes del contenido del tracto digestivo de los organismos del lago Atitlán.	29
<b>Figura 8</b>	Porcentajes del contenido del tracto digestivo de los organismos del río.	29

## Índice de cuadros

<b>Cuadro 1</b>	Nombre de la estación de monitoreo y su ubicación sobre el espejo de agua.	19
<b>Cuadro 2</b>	Ubicación de los sitios de muestreo de vegetación acuática dentro del lago Atitlán.	22
<b>Cuadro 3</b>	Para evaluar y cuantificar la vegetación acuática se utiliza una escala de cobertura.	23
<b>Cuadro 4</b>	Macroinvertebrados recolectados en el lago Atitlán y en el río Tzununá.	26
<b>Cuadro 5</b>	Cuadro No. 5 Contenido del tracto digestivo por individuos del lago Atitlán.	28
<b>Cuadro 6</b>	Contenido del tracto digestivo por individuo del río Tzununá.	28

## Índice de anexos

<b>Anexo 1</b>	Contenido del tracto digestivo de macroinvertebrados	36
<b>Anexo 2</b>	Boleta de campo, monitoreo de ríos-caudales y parámetros físicos.	37
<b>Anexo 3</b>	Boleta de colecta de datos de campo de monitoreo de vegetación acuática utilizada durante el 2016.	38

## 1. Introducción

La Práctica Profesional Supervisada -PPS- es un curso integrador de conocimientos teórico-práctico obtenidos a lo largo de la carrera de técnico en Acuicultura, permitiendo al estudiante aplicar sus conocimientos además de introducirlos a la realidad nacional, realizándola en instituciones públicas o privadas relacionadas con los recursos hidrobiológicos, por este motivo la -PPS- fue realizada en el Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA- de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno –AMSCLAE-, ubicado en el municipio de Panajachel del departamento de Sololá. AMSCLAE es una institución gubernamental de alto nivel que pertenece a la Secretaría de la Vicepresidencia de la República de Guatemala, de carácter técnico-científico con jurisdicción específica sobre la cuenca del lago de Atitlán y su ambiente, creada el 27 de noviembre de 1996 bajo el Decreto Legislativo 133-96 del Congreso de la República de Guatemala, Ley de Creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable del lago de Atitlán y su Entorno, con el fin específico de planificar, coordinar y ejecutar todas las medidas y acciones del sector público y privado que sean necesarias para conservar, preservar y resguardar el ecosistema del lago de Atitlán y sus áreas circunvecinas, y con la facultad de planificar, coordinar y ejecutar en coordinación con las instituciones que corresponda, todos los trabajos que permitan conservar, preservar y resguardar los ecosistemas de la cuenca del lago de Atitlán, generando los mecanismos necesarios para lograr sus objetivos (AMSCLAE, 2015).

Cuenta con instalaciones adecuadas para el área técnica y administrativa, un laboratorio de investigación, donde se determinan parámetros físicos, químicos y biológicos de las muestras colectadas de los distintos monitoreos efectuados mensualmente.

Las actividades asignadas como parte de la práctica fueron:

- Monitoreo de caudales
- Monitoreo de vegetación acuática
- Monitoreo de estaciones climáticas
- Monitoreo limnológico
- Siembra de tul

- Laboratorio de calidad de aguas
- Elaboración de proyecto

Se elaboró un proyecto de investigación titulado “Contenido del tracto digestivo de macroinvertebrados del orden Odonata, asociados a vegetación acuática de Santiago Atitlán y San Pablo La Laguna, Lago Atitlán, Sololá.”

## 2. Objetivos

### Objetivo general

- Confrontar al estudiante en el ambiente de trabajo de la Carrera de Técnico en Acuicultura, a través de una práctica directa, en un contexto empresarial o institucional, y un espacio territorial determinado.

### Objetivos específicos

- Proveer la oportunidad de participar en actividades propias de la acuicultura, pesca y/o manejo de los recursos hidrobiológicos del país, mediante la inserción en el Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA- de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno -AMSCLAE-.
- Retroalimentar el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante la integración de los conocimientos y experiencias teórico-prácticas adquiridas.
- Propiciar el desarrollo y ejercicio de los valores morales y éticos en el desempeño profesional.

### 3. Descripción general de la unidad de práctica

#### 3.1 Ubicación geográfica

La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno – AMSCLAE- se encuentran ubicado en el municipio de Panajachel del departamento de Sololá; la dirección de AMSCLAE es: vía Principal 03-56 Plaza San Lorenzo Zona 2. El municipio de Panajachel colinda al norte con Concepción, al noroeste con Sololá, al sur y oeste con el lago Atitlán, al este con San Andres Semetabaj y al sureste con Santa Catarina Palopó.

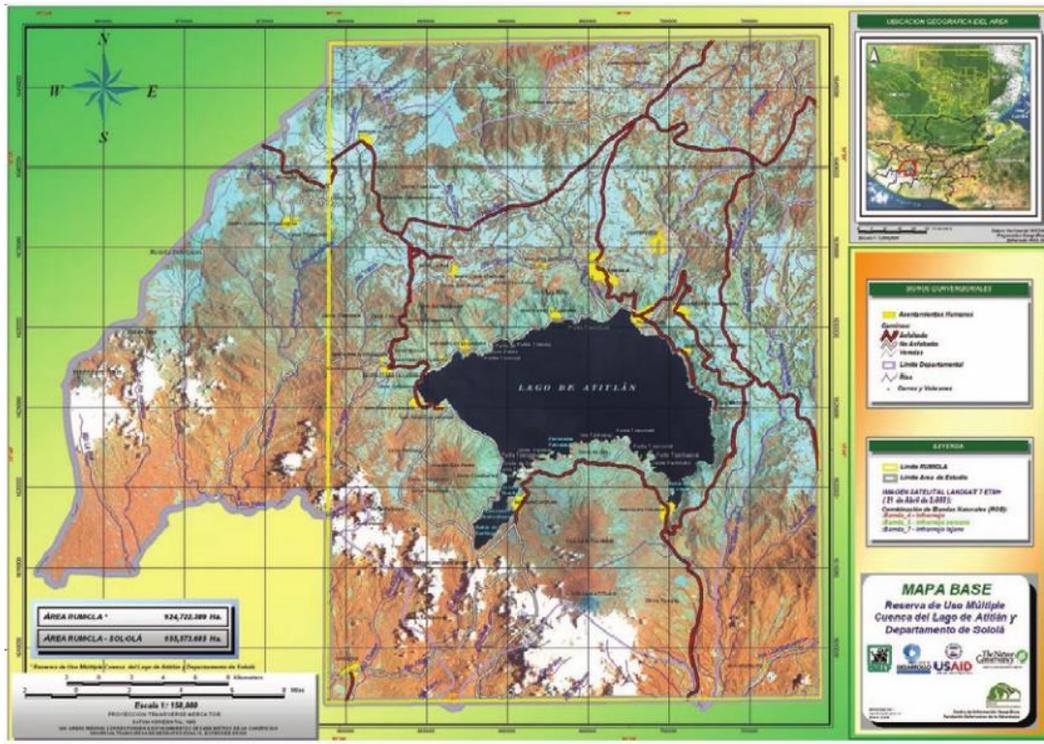


Figura 1 Mapa del departamento de Sololá (CONAP, 2007).

#### 3.1.1 Vías de acceso

El acceso principal al pueblo se localiza en la parte Sur Oeste del mismo, siendo éste la carretera que comunica a la cabecera departamental de Sololá con el pueblo de Panajachel. Existe un segundo acceso por medio de la carretera a Godinez, el cual está localizado al norte del pueblo (Lemus H. 2007).

### 3.2 Descripción general del área

El lago de Atitlán se encuentra localizado en el departamento de Sololá, este lago tiene aproximadamente un área de 130 kilómetros cuadrados y está rodeado por tres volcanes: Tolimán, Atitlán y San Pedro. Las poblaciones se encuentran relativamente cerca del lago en las partes más planas o donde es menos abrupta la geografía. Una de las ventajas de la zona es la explotación de recursos de varios ambientes, debido a la microvariación geográfica (Cardona K. 2002)

#### 3.2.1. Condiciones climáticas

##### 3.2.1.1. Temperatura

La temperatura promedio anual varía desde los 10 °C en el extremo noroeste de Sololá hasta los 25 °C en el lado sur del volcán Atitlán. En los conos volcánicos ésta temperatura puede alcanzar niveles de 0 °C (CONAP, 2007). En el municipio de Panajachel la temperatura promedio oscila entre los 18.84 y 21.09 °C; las temperaturas mínimas oscilan entre los 10.7 y 11.7 °C y fueron registrados en los meses de febrero y julio. Las temperaturas máximas fueron registradas durante los meses de marzo y abril y oscilan entre los 29.9 y 30.4 °C (DICA/AMSCLAE, 2016c).

##### 3.2.1.2 Precipitación y % de humedad

El mayor aporte de humedad proviene del océano Pacífico y de la transpiración de la vegetación en la costa sur del país. La gran barrera que representan los volcanes Atitlán, Tolimán y San Pedro, provoca que al centro del área específicamente de la cuenca del lago Atitlán, la humedad sea baja mientras en el sur es muy alta (CONAP, 2007). En Panajachel el período de lluvias inicia en el mes de abril y finaliza en octubre. Para el año 2016 la mayor cantidad de lluvia se registró en agosto con 206.4 mm; el mes con menor precipitación en la temporada de invierno fue octubre con 7.2 mm. El total de precipitación durante el 2016 fue de 716.8 mm, la humedad relativa osciló entre 64.62 y 81.41% y los meses más húmedos fueron mayo y junio (DICA/AMSCLAE, 2016c).

### 3.2.1.3 Vientos

Una de las características propias del lago de Atitlán, es un viento fuerte conocido como Xocomil, se produce generalmente a medio día, cuando los vientos cálidos procedentes del sur chocan con las masas de aire más frías que provienen del altiplano, formando remolinos que agitan las aguas del lago convirtiéndolas en olas muy fuertes (Asociación Amigos del Lago, 2017).

### 3.2.2 Altitud

La superficie del lago se encuentra a 1,562 metros sobre el nivel del mar, presentando su parte más profunda aproximadamente a 325 metros, mientras que la profundidad media es de 220 metros. Se ha estimado que el volumen del lago de Atitlán es de 25 kilómetros cúbicos (Skinner, 2002).

### 3.2.3 Zona de vida

#### 3.2.3.1 Flora

Los tres tipos de bosque identificados para la cuenca del lago de Atitlán son:

- Bosques mixtos (latifoliados y coníferas)
- Bosques latifoliados (pluvial y nuboso)
- Bosque de coníferas

Ambos bosques son distinguibles a nivel de paisaje ya que es posible mapear y verificar su presencia en el campo. La distribución de los tipos de bosque está influenciada especialmente por factores climáticos como humedad y temperatura. El bosque latifoliado se encuentra en las faldas medias de los volcanes y la bocacosta, los bosques de coníferas se limitan en la parte norte de la cuenca y los bosques de mayor extensión y distribución son los bosques mixtos (CONAP, 2007).

Las zonas de vida según el Sistema Holdridge, en la cuenca del lago de Atitlán a pesar de ser un departamento totalmente montañoso, la clasifica en cuatro zonas que son:

- Bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido

- Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical
- Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical
- Bosque Muy Húmedo Montano Subtropical (Historia y vida de Sololá s.f.).

### 3.2.3.2 Flora Acuática

Las especies de macrófitas acuáticas presentes en las bahías del lago de Atitlán son:

- |                                 |                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| • <i>Azolla filiculoides</i>    | • <i>Eleocharis sp</i>               |
| • <i>Polygonum punctatum</i>    | • <i>Hydrilla verticillata</i>       |
| • <i>Najas guadalupensis</i>    | • <i>Eichornia crassipes</i>         |
| • <i>Spirodela polyrhiza</i>    | • <i>Typha domingensis</i>           |
| • <i>Cyperus prolifer</i>       | • <i>Lemna valdiviana</i>            |
| • <i>Egeria densa</i>           | • <i>Chara fragilis</i>              |
| • <i>Ceratophyllum demersum</i> | • <i>Schoenoplectus californicus</i> |
| • <i>Wolffia sp</i>             | • <i>Potamogeton illinoensis</i>     |
| • <i>Luziola sp</i>             | • <i>Potamogeton pectinatus</i>      |
| • <i>Hydrocotyle sp</i>         |                                      |
| • <i>Ludwigia sp</i>            |                                      |

(AMSCLAE, 2013i).

### 3.2.3.3 Fauna

En la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán -RUMCLA- cuenta con un 30% de las especies de lagartijas, 40% de culebras, 36% de anfibios, 6 especies de reptiles y anfibios endémicos de Guatemala, además de registrar un 60% de aves que viven en el altiplano occidental, también hay poblaciones de felinos como el ocelote y margay, como pequeñas poblaciones de venados y coches de monte (CONAP, 2007).

### 3.2.3.4 Fauna Acuática

En el lago de Atitlán se encuentran cinco familias de peces que corresponden a diez especies, las cuales se describen a continuación: familia Centrarchidae (*Lepomis marochirus*, *Pomoxis nigromaculatus*, *Micropterus salmonoides*), familia Cichlidae (*Amphylophus macracanthus*, *Cichlasoma trimaculatum*, *Oreochromis sp.*), familia

Cyprinidae (*Cyprinus carpio*), Familia Characidae (*Astyanax aeneus*), Familia Poeciliidae (*Poecilopsis gracilis* y *Poecilia sphenops*) (Ortiz, 2015).

Las especies *Amphilophus macracanthus*, *Cichlasoma trimaculatum*, *Astyanax aeneus*, *Poecilopsis gracilis* y *Poecilia sphenops* son nativas del lago. Es importante mencionar que todas las especies son explotadas comercialmente. En relación a los crustáceos existen dos especies de importancia pesquera en el lago, que son *Raddaus bocourti* y *Potamocarcinus magnus* (Ortiz, 2015).

#### 3.2.4 Recurso Hídrico

La cuenca del lago de Atitlán tiene un área de 541 km<sup>2</sup>; el cuerpo de agua mide 130 km<sup>2</sup> y tiene una profundidad máxima de 324 m con una profundidad promedio de 188 m. Las dos principales sub-cuencas de ríos permanentes son el río Quiscab de 22.5 km de largo, y el río San Francisco de 15.6 km de largo, ambos depositan sus aguas en el lago de Atitlán. El caudal medio anual del río Quiscab es de 1.91 m<sup>3</sup>/s y el del río San Francisco es de 0.53 m<sup>3</sup>/s (CONAP, 2007).

### 3.3 Actividades de la unidad de práctica

El objetivo del Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA- busca sustentar sus decisiones sobre una base de ciencia y datos sólidos y actualizados que permitan el monitoreo permanente del lago, los recursos hídricos de la cuenca y el clima, como de la calidad ambiental mediante la evaluación del impacto de las acciones humanas y sus riesgos sobre la integridad socio-ambiental de la cuenca del lago de Atitlán; para ello se cuentan con actividades mensuales programadas asignadas a un técnico como coordinador y el resto del equipo como colaboradores del mismo; las cuales corresponden a:

- Monitoreo climático

Se realiza para obtener registros de parámetros climáticos en distintos puntos de la cuenca del lago de Atitlán, darle mantenimiento y limpieza a cada estación. Busca mejorar la información disponible y llenar vacíos que puedan encontrarse por los monitoreos mensuales.

- Monitoreo de caudales

Mensualmente se realiza el monitoreo con el fin de obtener registros de los caudales de ríos tributarios al lago de Atitlán. Los sitios de muestreo establecidos en cada una de las en cada una de las subcuencas y microcuencas de la cuenca del lago de Atitlán, se ubican en la región norte siendo el río Quiscab, San Francisco, Tzununá, San Buenaventura, Tzalá y la Catarata.

- Monitoreo niveles del lago

En la playa de Panajachel (Capitanía del puerto Lacustre Atitlán) se instaló una escala limnimétrica, en la cual se realizan las mediciones del nivel del agua todos los días a las 7:00 y 16:00 hrs. Las mediciones se iniciaron a partir de mayo del 2014 dándole continuidad este año (DICA/AMSCCLAE, 2016e).

- Monitoreo de ríos

Los ríos, riachuelos, arroyos y quebradas, son cuerpos de agua corriente o lóaticas. Estas aguas están asociadas generalmente a lugares de erosión, transporte y sedimentación de materiales. El monitoreo de la calidad de agua de los ríos utilizando diversos índices es importante para evaluar el estado ecológico y el impacto que éstos tienen en el lago de Atitlán; con el programa de monitoreo de ríos se determina el nivel de contaminación de los principales afluentes del lago de Atitlán y la calidad ambiental en los sitios de muestreo mediante la evaluación de parámetros in situ y a lo largo del tiempo (bioindicadores) (DICA/AMSCCLAE, 2016g).

- Monitoreo limnológico

Como parte de las atribuciones de AMSDCLAE, por medio del DICA, desde el 2013 se realiza un monitoreo sistemático de las condiciones físicas, químicas y biológicas del lago de Atitlán. En el monitoreo se realizan varias mediciones fisicoquímicas y biológicas en ocho sitios de muestreo, con el fin de alcanzar una mejor comprensión del comportamiento del lago a lo largo de la columna de agua y a través del tiempo; esto se ha visto reflejado en la reducción de las concentraciones de oxígeno en el fondo y a lo largo de la columna de agua del lago, florecimientos algales, reducción de la transparencia y presencia de coliformes y *E. coli* en todo el lago que afectan a las poblaciones cercanas que bombean agua para consumo humano (DICA/AMSCCLAE, 2016d).

- Vegetación acuática

Se muestrean 10 sitios ubicados en el lago de Atitlán, los sitios se establecieron con base en las condiciones morfológicas y a las actividades que se realizan en la zona litoral. En cada punto se realiza un transecto perpendicular a un punto específico en tierra, de aproximadamente 50 metros, tomando todas las especies de vegetación acuática que se encuentran (DICA/AMSCCLAE, 2016i).

- Siembras de tul

El Programa de Repoblamiento y Siembra de Tul está a cargo del DICA, quien planifica esta actividad semanalmente en coordinación con otras instituciones como Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-, Asociación Amigos del Lago Atitlán -AALA-, alcaldías municipales, líderes comunitarios y personas interesadas en el tema. Ésta actividad tiene como objetivo el repoblamiento de tul *Schoenoplectus californicus*, especie nativa de la región, pues en áreas del lago en donde por motivos naturales (mortalidad, aumento o disminución del nivel del lago y desplazamiento por pashte *H. verticillata*) o mal manejo (sobre explotación del recurso, remoción por pobladores y áreas de desembarque de lanchas) su población ha disminuido (DICA/AMSCCLAE, 2016h).

- Plantas de tratamiento de aguas residuales -PTARS-

El tratamiento de las aguas residuales, consiste en una combinación de procesos y operaciones físicas, químicas y biológicas para remover sólidos, materia orgánica y a veces nutrientes. La eficiencia del tratamiento se expresa en términos de reducción de la demanda biológica de oxígeno (DBO), por este motivo se efectúan dos monitoreo de calidad de agua para las plantas de tratamiento ubicadas dentro de la cuenca (DICA/AMSCCLAE, 2016f).

- Análisis de agua para consumo humano

Se realiza desde 2012 un monitoreo en el que se evalúan parámetros de calidad microbiológica y fisicoquímica del agua para consumo humano en los municipios de la cuenca del lago de Atitlán. En este monitoreo se evalúan los sistemas de agua de San Lucas Tolimán, San Pedro La Laguna y Santiago Atitlán, municipios que utilizan única o mayoritariamente el agua del lago para abastecer a sus pobladores; se monitorea también la calidad del agua de las fuentes de agua (nacimientos, pozos) más

importantes que abastecen a las cabeceras municipales de San Juan La Laguna y Panajachel. Los resultados obtenidos en este monitoreo han demostrado los esfuerzos de las municipalidades por asegurar un abastecimiento seguro de agua potable a sus pobladores, y los retos que aún enfrentan otras para lograrlo (DICA/AMSCCLAE, 2016b).

### 3.3.1 Aspectos filosóficos

#### a. Misión

Somos la Autoridad que norma, planifica, coordina y ejecuta las medidas y acciones del sector público y privado que sean necesarias para conservar, preservar y resguardar la cuenca del Lago de Atitlán y su entorno, mediante la ejecución de planes, programas y proyectos para el cumplimiento de sus fines y propósitos para el desarrollo integral y sustentable en beneficio del Lago y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la cuenca. (Fundamentada en los Artículos 2 y 5 del Decreto Legislativo 133-96 del Congreso de la República de Guatemala) (AMSCCLAE 2018c).

#### b. Visión

Ser la Institución líder que regule y garantice el manejo integrado y apropiado de la cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno de manera sustentable mediante la gestión de todas las intervenciones y actividades del sector público y privado que se realicen dentro de la cuenca, dictando las medidas, ordenanzas y disposiciones necesarias para la conservación, preservación y resguardo del Lago de Atitlán y su entorno natural para su uso y aprovechamiento sostenible. (Fundamentada en los Artículos 2, 4 y 5 del Decreto Legislativo 133-96 del Congreso de la República de Guatemala) (AMSCCLAE 2018c).

#### c. Atribuciones asignadas

- Velar por el interés y la urgencia nacional para la conservación, preservación y resguardo del lago de Atitlán y su entorno natural.
- Planificar, coordinar y ejecutar las medidas y acciones del sector público y privado que sean necesarias para conservar, preservar y resguardar el ecosistema del lago de Atitlán y sus áreas circunvecinas.

- Planificar, coordinar y ejecutar, en coordinación con las instituciones que corresponda, todos los trabajos que permitan conservar, preservar y resguardar los ecosistemas de la cuenca del lago de Atitlán, generando los mecanismos necesarios para lograr sus objetivos.
- Regular la función de los distintos sectores que intervienen en el uso de los recursos de la cuenca y el lago, y mantener una eficiente coordinación interinstitucional para agilizar las acciones y aplicaciones de normas y reglamentos.
- Aceptar donaciones, gestionar y aceptar asistencia técnica y financiera nacional e internacional.
- Emitir y aplicar las disposiciones, ordenanzas, resoluciones y planes para el manejo integrado de la cuenca del lago de Atitlán y su entorno.
- Llevar a cabo todas sus acciones en la cuenca del lago de Atitlán, desde la perspectiva del manejo integrado de cuencas.
- Normar y regular los procesos de planificación y de investigación científica que dependencias públicas o privadas, personas individuales o jurídicas realicen dentro de la cuenca del lago de Atitlán en materia de recursos hídricos, cuencas, biodiversidad, clima, ambiente y recursos naturales; y elaborar los instrumentos necesarios para el manejo integrado de la cuenca del lago de Atitlán y su entorno.
- Gestionar y orientar todas las intervenciones, públicas o privadas, que se realicen dentro de la cuenca del lago de Atitlán para lograr el manejo integrado de la misma y específicamente la protección, conservación y resguardo del lago.
- Promover la organización y participación permanente de la comunidad para el manejo integrado de la cuenca del lago de Atitlán. (AMSCCLAE, 2018d).

### 3.3.2 Aspectos administrativos

- **Dirección Ejecutiva:** órgano operativo de la institución y tiene a su cargo la dirección y la administración general de la AMSCLAE, además de ello ejecuta las decisiones de la Coordinación Ejecutiva y es el órgano verificador del cumplimiento de los compromisos institucionales, es además el órgano responsable de hacer cumplir las disposiciones, resoluciones, ordenanzas y normas emitidas por la Coordinación Ejecutiva a favor del lago de Atitlán, su cuenca, su ambiente, sus recursos naturales y su gente (AMSCLAE, 2007a).
- **Sub Dirección Técnica:** órgano de la Dirección Ejecutiva encargada de la dirección, coordinación y apoyo del equipo técnico, así como de la redacción y desarrollo de proyectos técnicos, responsables de asegurar su resultado. Su función es coadyuvar directa y paralelamente a las actividades del Director Ejecutivo en cuanto a la implementación de estrategias, programas, acciones y proyectos (AMSCLAE, 2007a).

La estructura orgánica de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno -AMSCLAE- se describe en la figura 2.

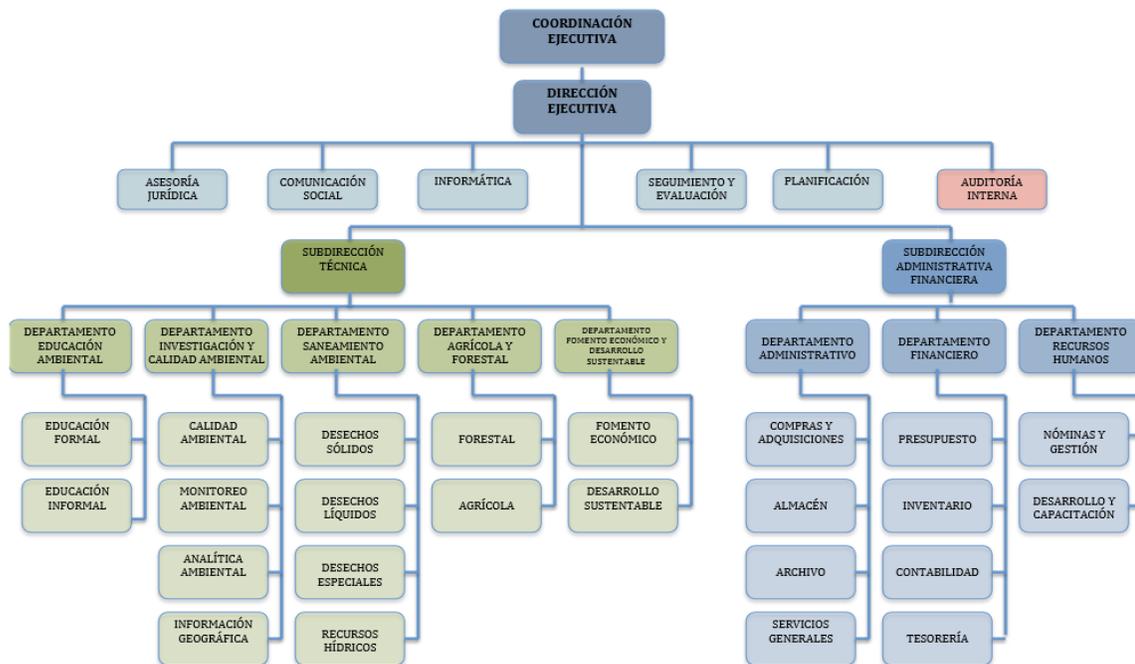


Figura 2 Organigrama Institucional (AMSCLAE, 2007b)

AMSCLAE cuenta con un total de 56 trabajadores, los cuales todos reciben prestaciones de ley, además de recibir bonificaciones tales como: bonificación profesional, bono acuerdo gubernativo 66-2000, bono acuerdo gubernativo 66-2000 personal temporal, bono AMSCLAE, complemento personal al salario y un bono complemento por calidad profesional.

### 3.3.3 Infraestructura y equipo

#### 3.3.3.1 Infraestructura

AMSCLAE cuenta con un edificio de tres niveles, en el primer nivel se encuentran ubicadas el área de recursos humanos, finanzas y bodega, en el segundo nivel se encuentra el salón de conferencias, laboratorio de calidad de aguas y asesoría jurídica, mientras en el tercer nivel se encuentra la Sub- Dirección Técnica y los cinco departamentos que lo conforman:

- Departamento Agrícola Forestal -DAF-
- Departamento de Educación Ambiental -DEA-
- Departamento de Fomento Económico y Desarrollo Sustentable -DEFEDES-
- Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA-
- Departamento de Saneamiento Ambiental -DSA-

#### 3.3.3.2 Equipo

Este departamento cuenta con equipo especializado para el muestreo y evaluación periódica del recurso hídrico (Sonda multi-paramétrica, red de fitoplancton, red de zooplancton, equipo para medición de caudales, botellas de Van Dor y disco Secchi). Se cuenta con un laboratorio especializado para el análisis de calidad de aguas, equipado con microscopios, estereoscopio, incubadoras, lavadora ultrasónica, fotómetro, incubadora para DBO, campana de extracción y equipo de refrigeración. En campo cuenta con cinco estaciones climáticas tipo B para la generación y análisis de información meteorológica.

### 3.3.4 Proyectos

DICA cuenta con una planificación anual de actividades en donde destacan los monitoreos antes mencionado, así mismo se espera la participación como coordinador y encargado de la planificación del Tercer Simposio de Investigación Científica y Tecnológica en la Cuenca del lago de Atitlán, que se llevara a cabo a mediados de año del 2018 en el municipio de Panajachel.

## **4. Actividades realizadas**

### 4.1 Monitoreo de caudales

#### Objetivos

- a. Fortalecer la base de datos de la AMSCLAE, a partir de la integración de datos de caudales de los principales ríos tributarios de la cuenca del Lago de Atitlán.
- b. Registrar los caudales promedios de los principales ríos tributarios de la cuenca del Lago de Atitlán.

En cada punto de muestreo se empleó la metodología sección/velocidad, en el cual la sección se determina empleando una cinta métrica y un caudal metro previamente calibrado para medir la velocidad y profundidad en segmentos homogéneos del río, evitando secciones con mucha piedra para que no existan interferencias que alteren los resultados; realizado según la metodología descrita en el Manual de Hidrología de FAUSAC propuesta por Herrera I. 2011.

La velocidad se midió con un medidor magnético de caudales marca OTT, los datos obtenidos fueron escritos en la boleta de campo (Anexo 9); con una sonda multiparamétrica se toman parámetros in situ de salinidad, oxígeno disuelto (OD), % de saturación de oxígeno, pH, temperatura, solidos disueltos totales (TDS) y conductividad. Como parte de la metodología se determinan los sólidos en suspensión (SS), para ello se tomó un litro de agua y se coloca en un cono de Imhoff por una hora.

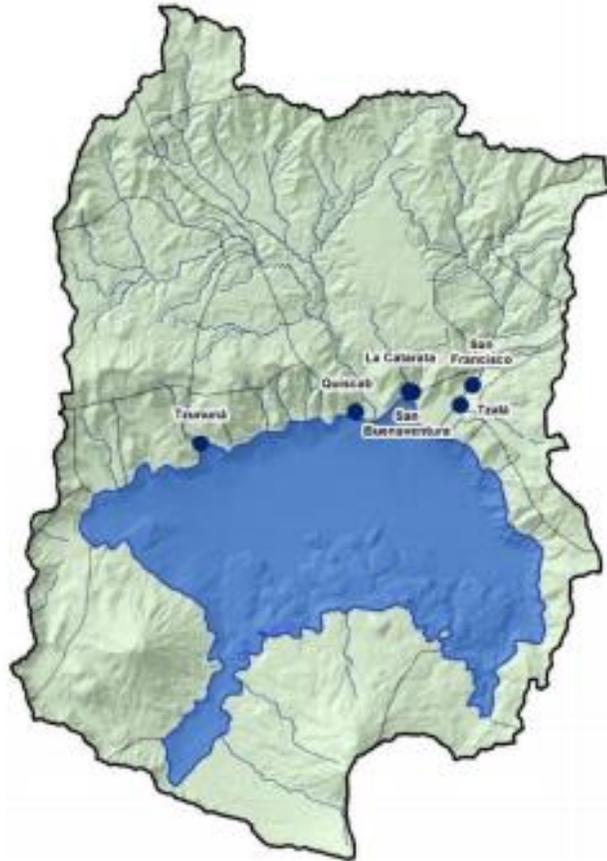


Figura 3 Ubicación de los sitios de muestreo de los principales ríos tributarios de la cuenca del lago Atitlán (DICA/AMSCLAE, 2016a).

#### 4.2 Monitoreo de estaciones climáticas

##### Objetivo

- a. Obtener y describir los parámetros climáticos en el área de la cuenca del lago de Atitlán en el período 2017.

Dentro de las actividades que realiza DICA, se efectúan monitoreos climáticos mensualmente en los puntos distribuidos en la cuenca, éstos se localizan en la Aldea Barrenehé (Tonicapán), Aserradero Santa Victoria (San Andrés Semetabaj), Porta Hotel del Lago, (Panajachel), Biblioteca Comunitaria Rija'tzuul Na'ooj (San Juan La Laguna) y el Hotel Emanuel (San Lucas Tolimán) como se visualiza en la figura 4.

Las estaciones climáticas automáticas marca DAVIS modelo Ventage pro2, registran las variables ambientales (temperatura, precipitación, % de humedad, radiación solar e índice UV) cada hora y son descargados los datos empleando el software Wheater Link, al mismo tiempo se da limpieza y mantenimiento al equipo. Los datos son procesados en el DICA en donde se describe cada parámetro ambiental por medio de estadística descriptiva, obteniendo datos como valores máximos, mínimos, promedios diarios y promedios mensuales de cada parámetro.



Figura 4 Ubicación de las estaciones climáticas de AMSCLAE dentro de la cuenca del lago de Atitlán (DICA/AMSCLAE, 2016c).

#### 4.3 Siembra de tul

##### Objetivo

- a. Repoblar áreas del lago en donde por motivos naturales o mal manejo su población ha disminuido.

La metodología utilizada es la extracción de semilla de tul (macollas) de poblaciones naturales saludables, las cuales son amarradas a un peso y sembradas a 1 metro de profundidad, las raíces son enterradas 30 centímetros debajo del sustrato. Cada macolla es sembrada a una distancia de un metro cada una y los beneficios de dicha planta es promover hábitat para peces, aves y crustáceos, remoción de nutrientes y protección de la zona litoral.

#### 4.4 Monitoreo limnológico

##### Objetivos

- a) Evaluar en forma sistemática la calidad del agua del lago de Atitlán a través de un programa de monitoreo de parámetros físicos, químicos y biológicos.
- b) Ampliar la base de datos de calidad de agua con datos confiables que permitan analizar en el tiempo el estado del lago y sus tendencias.
- c) Comparar el estado actual del Lago de Atitlán con estudios realizados en años anteriores.

El monitoreo limnológico se realiza mensualmente en puntos de muestreo definidos por el profesor Charles Weiss en 1968 como se identifican en el Cuadro 1 y se visualiza en la figura 5, con el objetivo de muestrear en la superficie y a diferentes profundidades para realizar perfiles verticales.

Cuadro 1. Nombre de la estación de monitoreo y su ubicación sobre el espejo de agua del lago Atitlán.

Estación	Ubicación	Coordenadas		Profundidad máxima (m)
		N	W	
WA	Frente a San Pedro y San Juan la Laguna	14°42.129	91°15.009	230
WB	Frente a San Pablo y San Marcos la Laguna	14°43.201	91°12.828	316
WC	Frente a San Antonio y Sta. Catarina Palopó	14°41.288	91°7.950	309.4
WD	Bahía de San Lucas Tolimán	14°38.801	91°8.2330	130
WE	Entrada a Bahía de Santiago Atitlán	14°38.923	91°13.903	58.2
WG	Centro del Lago	14°41.943	91°11.076	311.1
WP	Bahía de San Buenaventura	14°44.529	91°10.038	112
W14	Centro de Bahía Atitlán	14°37.608	91°14.563	36.8

(DICA/AMSCLAE, 2016d).



Figura 5 Mapa de ubicación de los sitios de muestreo del monitoreo limnológico del lago de Atitlán (DICA/AMSCLAE, 2015d).

Las mediciones de los parámetros físicos in situ (oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, temperatura, conductividad, TDS, salinidad y pH,) se realizaron con una sonda multiparamétrica Hydrolab DS5. En cada estación se mide transparencia con el disco Secchi y se recolectaron muestras de agua con la botella de Van Dorn a distintas profundidades (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150, 200, 250 m y la profundidad máxima), para realizar análisis químicos (turbidez, color aparente, color verdadero, fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), fosfatos (PO<sub>4</sub>), nitratos (NO<sub>3</sub>)). Cabe mencionar, como parte de la metodología se lavó tres veces con el agua de la muestra las botellas donde se almacenaron, esto para evitar contaminar la muestra. En la superficie del lago se midió Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, *E. Coli* y coliformes totales. Al mismo tiempo se deja un vacío entre la muestra y la cubierta del recipiente para que los microorganismos no mueran (DICA/AMSCLAE, 2015d).

Las muestras colectadas para los análisis microbiológicos fueron procesadas inmediatamente al ingresar al laboratorio ya que no pueden ser almacenadas para su posterior análisis por más

de 24 hrs y los análisis de nutrientes se deben realizar a 24 °C antes de las 48 horas después de la toma de las mismas.

Al mismo tiempo que se realizó el monitoreo limnológico, se realiza el muestreo de fitoplancton para aprovechar las mismas estaciones de muestreos. Utilizando una manguera de plástico de 30 m de largo se tomó una muestra integrada colectando plancton desde los 30 m de profundidad hasta la superficie; en cada sitio se tomó dos muestras de agua (3.2 litros) y posteriormente la muestra de agua se filtró con una red de fitoplancton de 20 micras de luz de malla y se fijó con una solución de lugol ácido para luego ser trasladadas al laboratorio de AMSCLAE para su conteo y análisis (DICA/AMSCLAE, 2016d).

#### 4.5 Monitoreo de vegetación acuática

##### Objetivos

- Identificar las especies de plantas acuáticas presentes en 10 sitios de muestreo en el lago de Atitlán.
- Evaluar los cambios en la abundancia y diversidad de la vegetación acuática a lo largo del año.
- Incrementar el número de especímenes del herbario de AMSCLAE, con ejemplares colectados en los sitios de muestreo del lago Atitlán.

Las plantas acuáticas son utilizadas como bio-indicadores de calidad de agua, además de utilizarse para evaluar el estado ecológico de los cuerpos de agua; por este motivo DICA efectúa un muestreo semestral en donde se evalúa la composición y abundancia relativa de las principales especies de macrófitas que habitan en el lago de Atitlán, además se determina la diversidad de vegetación, los cambios de origen natural y antropogénico que ocasionan cambios en las comunidades vegetales.

Durante el 2016, se muestrearon 10 sitios ubicados en el lago Atitlán como se describe en el cuadro 2 y se muestra en la figura 6, los cuales se establecieron con base a las condiciones morfológicas y a las actividades que se realizan en la zona litoral (DICA/AMSCLAE, 2016i).

Para evaluar la abundancia vegetal acuática se tomó como referencia una escala de cobertura (Cuadro 3) que se incluye en la boleta de campo (Anexo 10).

Cuadro 2 Ubicación de los sitios de muestreo de vegetación acuática dentro del lago de Atitlán.

Sitio de muestreo	Municipio
Quiscab	Sololá
San Pablo	San Pablo La Laguna
Uxlabil	San Juan La Laguna
Fondo Bahía Santiago	Santiago Atitlán
Isla de los Gatos	Santiago Atitlán
Cerro de Oro – Pahuacal	Santiago Atitlán
Cerro de Oro - Tzanhuacal	Santiago Atitlán
Entrada San Lucas	San Lucas Tolimán
Relleno	San Lucas Tolimán
San Antonio	San Antonio Palopó

(DICA/AMSCLAE, 2016i).

Cuadro 3 Escala de cobertura de vegetación acuática.

Escala	Abundancia de cada especie Descriptor	Porcentaje de cobertura (%)
1	Rara	Individuos aislados
2	Ocasional	1 - 10%
3	Frecuente	10 – 10%
4	Abundante	50 – 70%
5	Muy abundante (Dominante)	Mayor al 70%

(Cirujano et al., 2005.)

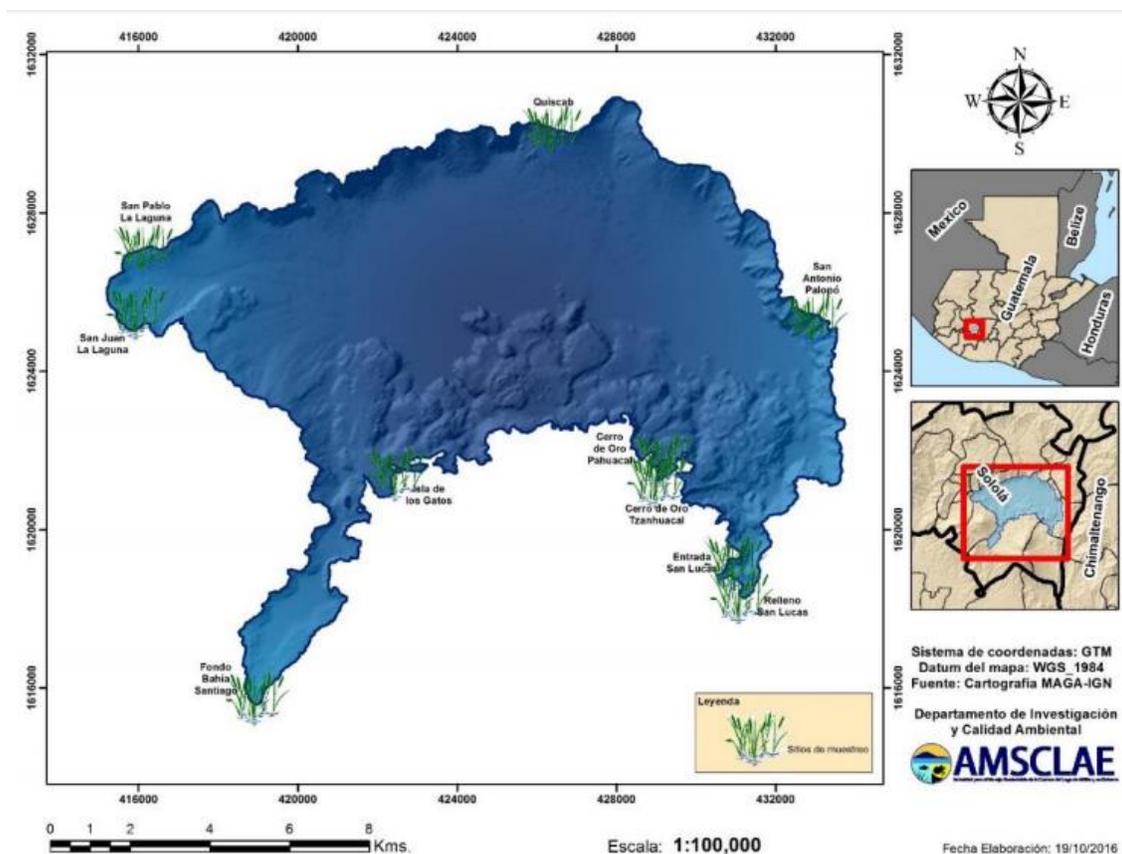


Figura 6 Ubicación de los sitios de muestreo de vegetación acuática del lago de Atitlán (DICA/AMSCLAE, 2016i).

#### 4.6 Proyecto de Investigación: Contenido del tracto digestivo de macroinvertebrados del orden Odonata, asociados a vegetación acuática de Santiago Atitlán y San Pablo La Laguna, Lago de Atitlán, Sololá.

Los macroinvertebrados acuáticos son utilizados como bio indicadores de calidad de agua, pero no se toman en cuenta aspectos ecológicos, hábitos alimenticios y el papel trófico que desarrollan en medios naturales (Rodríguez, Ospina y Turizo 2011). Para el lago Atitlán no existen estudios previos sobre los hábitos alimenticios de los macroinvertebrados acuáticos, debido a que no es un tema estudiado en Guatemala, solo hay estudios sobre el uso de macroinvertebrados acuáticos como organismos indicadores de calidad de agua en cuerpos de agua del área de Peten, Sololá, Izabal y Las Verapaces.

En los ecosistemas acuáticos prácticamente todos los macroinvertebrados son omnívoros, ya que, tanto el material vegetal como el bio film, están colonizados por bacterias, hongos y pequeños invertebrados que son ingeridos en conjunto (Granados, 2013). Algunos organismos como los odonatos adultos y las ninfas son depredadores voraces, incluso caníbales; las presas son en su mayoría invertebrados acuáticos, peces y otros organismos acuáticos (Springer, Ramírez y Hanson, 2010). Dependiendo de las estructuras utilizadas para la alimentación y el material ingerido los macroinvertebrados se pueden clasificar en seis categorías tróficas: depredadores, fragmentadores, colectores-recolectores, colectores-filtradores, raspadores y herbívoros-detritívoros (Soledad, 2014).

Existen algunos estudios en Colombia, donde han evaluado el contenido del tracto digestivo de algunos macroinvertebrados y han determinado que la alimentación es un rasgo biológico que varía en condiciones ambientales, por ello las estrategias de alimentación reflejan las adaptaciones de las especies y pueden servir como un medio funcional para evaluar un ecosistema lotico (Statzner, *et al.*, 2001).

El objetivo principal de la investigación fue evaluar el contenido del tracto digestivo de macroinvertebrados acuáticos del orden Odonata asociados a vegetación acuática, determinando el hábito alimenticio de cada especie identificada y así definir el grupo funcional de los organismos evaluados, también comparar los hábitos alimenticios de

organismos de un cuerpo léntico con un lótico para evaluar la disponibilidad de alimento y sustratos.

#### 4.6.1 Materiales

- Cuadrante de PVC de 1 m<sup>2</sup>
- Red en “D”
- Pinzas entomológicas
- Bandejas de plástico
- Etanol al 70%
- Baño Ultrasónico
- Cámara de Sedgwick Rafter
- Microscopio
- Estereoscopio
- Tubos de reacción de 1 ml
- Bolsas

#### 4.6.2 Metodología

Las áreas de estudio en el lago Atitlán fueron la bahía de Santiago Atitlán y la playa pública de San Pablo La Laguna. En Santiago Atitlán se recolectaron las muestras de odonatos en raíces de *Eichhornia crassipes* y en San Pablo La Laguna en *Hydrilla verticillata*. Para realizar la colecta de macroinvertebrados se utilizaron cuadrantes de PVC de 1 m<sup>2</sup> tomando tres sub muestras en cada punto de muestreo; utilizando la red en “D” se sacudió la vegetación que estaba dentro del cuadrante y se recolectaron los organismos asociados. En el campo, utilizando pinzas y bandejas se limpió la muestra recolectada dejando solamente los organismos del orden Odonata, los cuales se fijaron y almacenaron en etanol al 70% para su posterior identificación y extracción del tracto digestivo.

Los organismos recolectados se identificaron algunos a nivel de género y otros a nivel de familia utilizando las guías de identificación propuestas por Springer, Ramírez y Hanson (2010).

Adicionalmente, se utilizaron dos organismos del genero *Rhionaeshnia sp.*, los cuales fueron tomados de la colección de referencia del proyecto de investigación de G. Dávila y colectados en agosto del 2017 en el río Tzununá.

Se utilizaron de dos a tres organismos de cada taxa para la extracción del tracto digestivo por medio de pinzas entomológicas y agujas de disección, el estómago se colocó en tubos de reacción de 1 ml con etanol al 70%. Todas las muestras fueron colocadas en un baño ultrasónico con intensidad alta por un ciclo de 5 minutos a 30 °C, este procedimiento fue necesario para extraer el contenido del trato digestivo y homogenizar la muestra.

Cada muestra se colocó en una cámara de conteo de Sedgwick Rafter para identificar el contenido, los materiales observados fueron clasificados como detrito, material vegetal, algas, restos animales y material mineral, de acuerdo al contenido identificado; los organismos se clasificaron en dos categorías tróficas: depredadores y detritívoros.

#### 4.6.3 Resultados y Discusión

Durante los muestreos en el lago se lograron recolectar tres géneros de Odonata, *Tauriphilia*, *Myathiria* y *Nehalennia*, lo que evidencia una baja abundancia y diversidad de organismos en relación a investigaciones realizadas en años anteriores (Ortiz, 2015).

En el Cuadro 4 se enlistan el total de organismos recolectados en la playa pública de San Pablo La Laguna y en la bahía de Santiago Atitlán. Las ninfas de odonatos se identificaron hasta familia debido a que los estadíos eran muy inmaduros.

Cuadro 4 Macroinvertebrados recolectados en el lago de Atitlán y en el río Tzununá.

Sitio de muestreo	Familia	Género	No. de Organismos
Lago Atitlán	Coenagrionidae	-	9
	Libellulidae	-	3
	Coenagrionidae	<i>Nehalennia</i>	12
	Libellulidae	<i>Tauriphila</i>	2
	Libellulidae	<i>Miathyria</i>	1
Río Tzununá	Aeshnidae	<i>Rhionaeshnia</i>	2

(Trabajo de campo, 2017).

En el cuadro 5 y 6 se detalla el contenido del tracto digestivo de cada especie evaluada en el río Tzununá y en el lago Atitlán; cada especie recolectada en el lago tenía aproximadamente un 96% de detrito, y el resto eran fragmentos de espículas silíceas de esponjas y micro algas. Las especies del río tenía un porcentaje menor de detritus y no hubo presencia de espículas de esponja o algas, principalmente dominaron restos de estructuras de otros organismos.

En la figura 7 y 8 se observan los porcentajes del contenido del tracto digestivo por individuo.

Cuadro 5 Contenido del tracto digestivo de los individuos colectados del lago de Atitlán.

Especies	Detrito	Espículas	<i>Synedra</i>	<i>Mougeotia</i>	<i>Limnoraphis</i>	<i>Navicula</i>	<i>Cymbella</i>	<i>Fragillaria</i>	<i>Diatoma</i>	<i>Rhopalodia</i>
<i>Tauriphila</i> 1	*	*	4	0	3	1	0	0	0	0
<i>Tauriphila</i> 2	*	*	3	0	6	0	1	1	0	0
<i>Myathiria</i>	*	*	3	1	1	0	0	0	0	0
<i>Nehalennia</i> 1	*	*	9	1	1	1	1	3	1	0
<i>Nehalennia</i> 2	*	*	6	0	4	0	0	0	0	0
<i>Nehalennia</i> 3	*	*	3	0	4	4	47	2	9	1

(Trabajo de Campo, 2017).

Cuadro 6 Contenido del tracto digestivo de los individuo colectados del río Tzununá

Especies	Detrito	Espículas	Chironomidae	Plecoptera	Coleoptera	Ephemeroptera
<i>Rhionaeshnia</i> 1	*	-	3	1	0	1
<i>Rhionaeshnia</i> 2	*	-	4	1	1	0

(Trabajo de Campo, 2017).

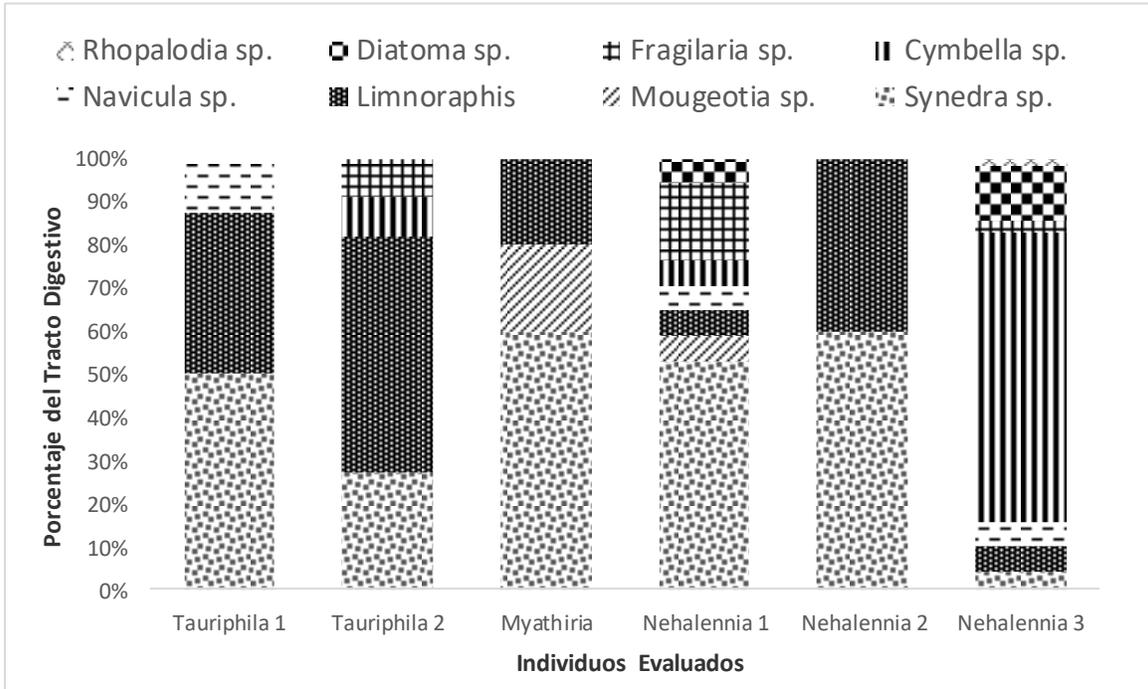


Figura 7. Porcentajes del contenido del tracto digestivo de los organismos del lago Atilán (Trabajo de campo, 2017).

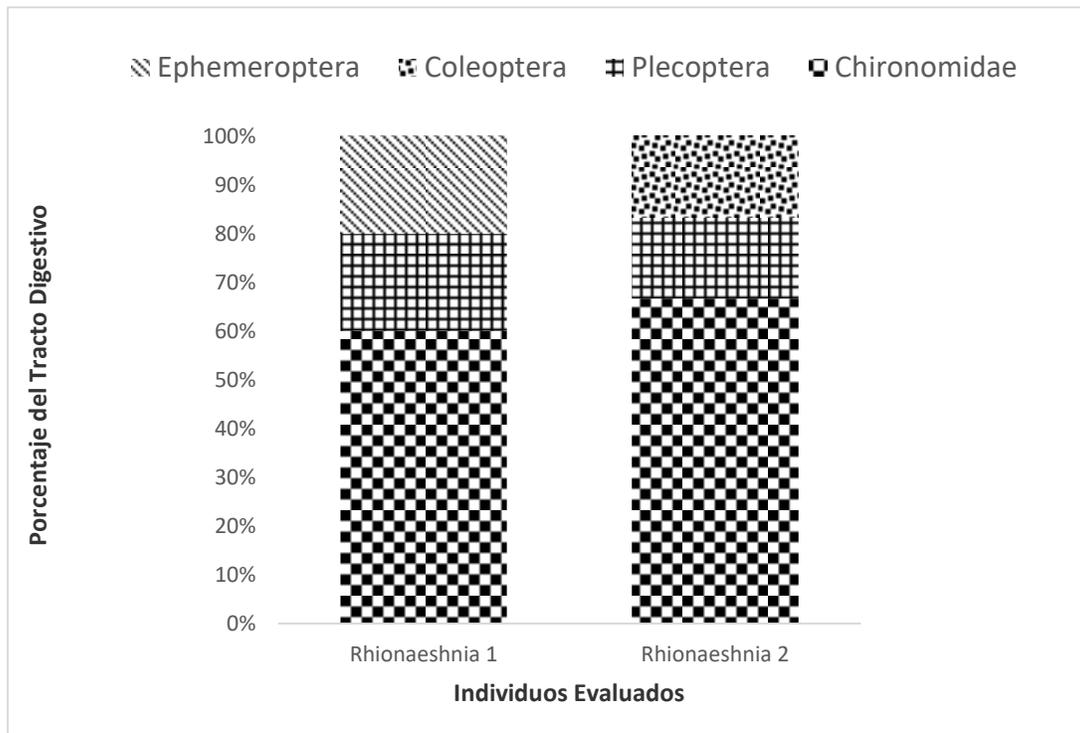


Figura 8. Porcentajes del contenido del tracto digestivo de los organismos del río Tzununá (Trabajo de campo, 2017).

Mediante los resultados obtenidos del contenido de los tractos digestivos de los individuos evaluados se clasificaron como detritívoros y depredadores. En general el orden odonatos es clasificada exclusivamente como depredadores (Springer, Ramírez y Hanson., 2010). Sin embargo, hubo diferencias entre los organismos evaluados del lago con los del río, el contenido digestivo de los individuos del lago fue principalmente detritus, no se encontraron restos de macroinvertebrados acuáticos como se encontró en los individuos del río, los cuales se identificaron como chironómidos y efemerópteros (ver Anexos 1).

Se esperaba encontrar que en los tractos digestivos de los individuos colectados en el lago existieron restos de macroinvertebrados, pues por naturaleza los odonatos son depredadores, sin embargo, no se encontró, esto pudo deberse a la baja disponibilidad de presas en el hábitat donde fueron recolectados o el tamaño de la ninfa (Mauad, 2013).

La presencia de microalgas en el tracto digestivo en todos los organismos está relacionada directamente con el consumo de detritus, el detrito es el resultado de la desintegración de la vegetación acuática, fitoplancton (algas y bacterias autotróficas) y perifiton asociado a vegetación acuática (Torres, Gutiérrez y Contreras, 2001). Las especies de algas se encuentran descritos en los Cuadros 5 y 6.

*Rhionaeshnia sp* por el contenido del tracto digestivo se clasificó como depredador, no se encontraron espículas silíceas de esponja, ni fitoplancton y la presencia de detritus fue menor, podría deberse a que en cuerpos de agua loticos la presencia de algas planctónicas es menor y no se ha registrado presencia de esponjas de agua dulce en el río Tzununá; adicionalmente, por su naturaleza, *Rhionaeschnia* no cuentan con estructuras para el aprovechamiento de perifiton, por que no son organismos raspadores.

Las diferencias encontradas de los hábitos alimenticios entre las especies de cada cuerpo de agua coinciden con algunos autores que indican que los macroinvertebrados acuáticos son oportunistas por que ingieren una amplia variedad de alimentos a su disposición y

las proporciones de ingesta se relacionan con una alta disponibilidad de este recurso en el ambiente (Merrit & Cummins 1996).

## **5. Recomendaciones a la unidad de práctica**

- Contar con más unidades de transporte terrestre y acuático para poder cumplir con los objetivos propuestos por AMSLCAE.
- Darle seguimiento a la investigación sobre el contenido del tracto digestivo de macroinvertebrados asociados a vegetación acuática del lago de Atitlán para saber los grupos funcionales de diferentes familias que habitan en él.
- Aumentar los puntos de muestreo establecidos para obtener muestras representativas ya que la investigación solamente abarco dos áreas del lago.
- Aumentar los periodos de muestro, en época seca y lluviosa, para determinar la variabilidad de los recursos disponibles para los macroinvertebrados.

## 6. Bibliografía

1. Asociación Amigos del Lago de Atitlán [AALA]. (2017). *Atitlán* [en línea]. Recuperado enero 5, 2018, de <http://amigosdelago.pr.swproyectos.com/atitl%C3%A1n>.
2. Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno [AMSCLAE] (2018a) *Dirección ejecutiva* [en línea]. Recuperado enero 5, 2018, de <http://www.amsclae.gob.gt/direccion-ejecutiva-organismo-de-cuenca/>
3. AMSCLAE. (2007b) *Manuales y reglamentos* [en línea]. Recuperado enero 5, 2018, de <http://www.amsclae.gob.gt/wp-content/uploads/2016/08/manualcyad.pdf>
4. AMSCLAE. (2018c) *Nosotros* [en línea]. Recuperado enero 5, 2018, de <http://www.amsclae.gob.gt/nosotros/>
5. AMSCLAE. (2018d) *Quienes somos* [en línea]. Recuperado enero 5, 2018, de <http://www.amsclae.gob.gt/quienes-somos/>
6. Cardona, K. (2002). *Arqueología, etnohistoria y conflictos de la tierra en la región sur del lago de Atitlán*. (Primera Edición). Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala [UVG].
7. Cirujano, S; Cambra, J. y Gutiérrez, C. (2005). *Protocolo de muestreo y análisis para macrófitos*. Confederación Hidrográfica del Ebro: España.
8. Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP]. (2007). *Plan maestro de la reserva de usos múltiples cuenca del lago de Atitlán 2000-2011*[en línea]. Recuperado enero 7, 2018 de <https://es.scribd.com/doc/20232837/Plan-maestro-c-Atitlan> pdf
9. Departamento de Investigación y Calidad Ambiental [DICA] (2016a). *Caudales: Informe anual monitoreo de caudales 2016*. Sololá, Guatemala: AMSCLAE.
10. DICA (2016b). *Agua para consumo humano: Informe de monitoreo de la salubridad de agua para consumo humano*, Sololá, Guatemala: AMSCLAE.



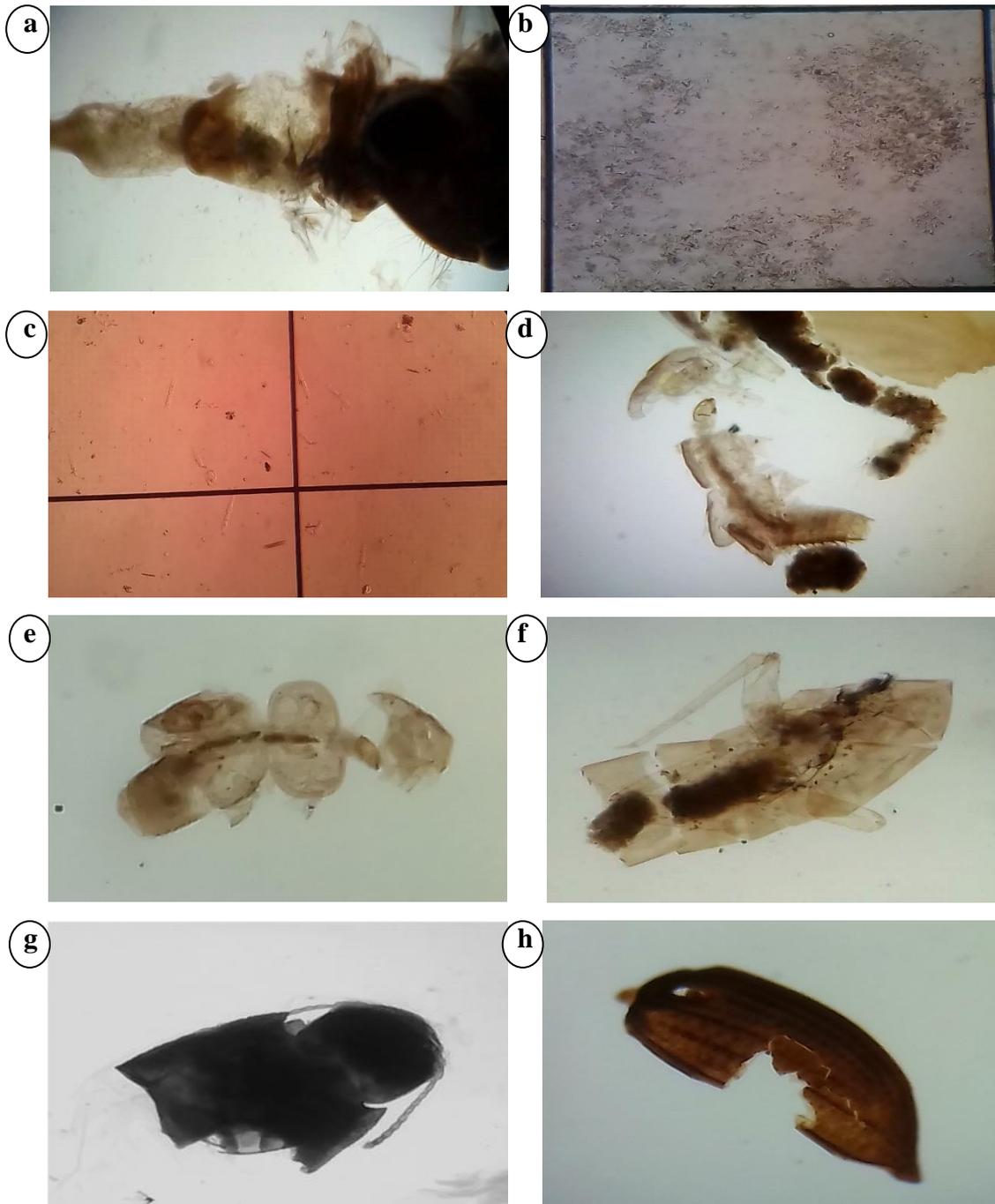
11. DICA (2016c). *Clima: Informe monitoreo climático 2016*. Sololá, Guatemala: [AMSCLAE].
12. DICA (2016d). *Limnológico: Informe monitoreo limnológico 2016*. Sololá, Guatemala: AMSCLAE.
13. DICA (2016e). *Niveles del lago: monitoreo de niveles del lago Atitlán 2016*. Sololá, Guatemala: AMSCLAE.
14. DICA (2016f). *PTARS: Informe de muestreo de las plantas de tratamiento de aguas residuales de la cuenca del lago de Atitlán*, Sololá, Guatemala: AMSCLAE.
15. DICA (2016g). *Ríos: Informe de calidad de agua de ríos de la cuenca del lago de Atitlán*. Sololá, Guatemala: AMSCLAE.
16. DICA (2016h). *Tul: Informe de siembra de tul en el lago de Atitlán*, Sololá, Guatemala: AMSCLAE.
17. DICA (2016i). *Vegetación: Informe de vegetación acuática en el lago Atitlán 2016*. Sololá, Guatemala: AMSCLAE.
14. Granados-Martínez, C. (2013). Análisis de la dieta de los macroinvertebrados bentónicos en un gradiente altitudinal de la cuenca del río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta-Colombia). Tesis Magister Scientiarum en Ciencias Biológicas Mención Ecología Acuática. Venezuela: Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia.
18. Lemus, H. (2007). Análisis arquitectónico y urbano de Panajachel, Atitlán. Tesis de pregrado. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
19. Mauad, M. (2013). Comparación y aplicabilidad de índices bióticos para evaluar calidad de aguas en ambientes lóticos del Parque Nacional Nahuel Huapi. Tesis doctoral. Argentina: Universidad Nacional de la Plata.



20. Merritt, R.W., & Cummins, K.W. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. United States: Kendall Hunt.
21. Ortiz, J. (2015) Macroinvertebrados bentónicos de la zona litoral y sublitoral del lago de Atitlán, Sololá. Tesis de Licenciado en Acuicultura, Universidad San Carlos de Guatemala. [USAC]
22. Rodríguez-Barrios, J. Ospina-Tórres, R. & Turizo-Correa, R. (2011). Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59 (4), 1537-1552. Recuperado noviembre 30, 2017, de [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442011000400009&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000400009&lng=en&tlng=es)
23. Soledad, E. (2014), Hábitats y grupos funcionales alimentarios de los macroinvertebrados bentónicos en la costa Bonaerense del Río de la Plata: Relación con la contaminación. Tesis Doctoral en Ciencias Naturales en Argentina: Facultad de Ciencias Naturales y Museo UNLP.
24. Springer, M. Ramírez, A., y Hanson P. (2010). Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. *Revista de Biología Tropical* 58 (4) 94-121.
25. Statzner B., Hildrew, A.G. y Resh V.H. (2001). Specie traits and environmental constrains: entomological research and the history of ecological theory. *annual review of entomology*, 46, 291-316.
26. Skinner, J. (2002) Comunicación Personal. Sololá, octubre 2002.
27. Torres, R. Gutiérrez F. y Contreras, F. (2001). Degradación microbiana del detritus en ecosistemas estuarinos-lagunares. *Revista contactos*, (39), 43-54.



## 7. Anexos



**Anexo 1** Contenido del Tracto Digestivo de Macroinvertebrados Acuáticos: a. Tracto digestivo de *Tauriphila*. b. Detritus identificado en organismos del lago. c. Espículas silíceas de esponja. d. Restos de chironómido. e. Restos de chironómidos y plecóptero. f. Restos de efemerópteros. g-h. Restos de coleópteros (Trabajo de campo, 2017).



Localidad:				Día:		Mes:		Año: 2015			
Participantes:											
Hora de inicio:			Fin:			Coordenadas:					
Ancho de Banco:						N:					
Ancho de Cauce:						W:			msnm:		
<b>VELOCIDAD EN SECCIONES PARCIALES</b>											
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
<b>PROFUNDIDAD EN SECCIONES PARCIALES</b>											
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
<b>PARAMETROS FÍSICOS</b>											
Temperatura				O2							
PH				O2%							
Secchi				Salinidad							
Sólidos Totales Disueltos (TDS)				Conductividad							
Sólidos Totales Suspendidos				Caudal L/S							

Cuadro 1. Espaciamiento de sondeos según el ancho del cauce.

X	ANCHO DE CAUCE (m)		ESPACIO ENTRE SECCIONES
	De:	A:	(m)
0	1	0.20	0.20
1	2	0.25	0.25
2	4	0.50	0.50
4	8	1.00	1.00
8	15	1.50	1.50
15	25	3.00	3.00
25	50	3.00	3.00

$$A_i = \frac{a+2b+c}{4} \times L$$

Fuente: Manual de Hidrología (Herrera Ibáñez, 2011)

**Observaciones.**

**Anexo 2** Boleta de campo de monitoreo de ríos-caudales y parámetros físicos del lago de Atitlán (DICA/AMSCLAE, 2016).

