

**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-**



**Presentado por:
Ana Lucia Sagastume Chinchilla.**

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

Guatemala, febrero del 2017

**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-**



**Presentado por:
Ana Lucia Sagastume Chinchilla.
Carné No. 201040958**

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

Guatemala, febrero del 2017

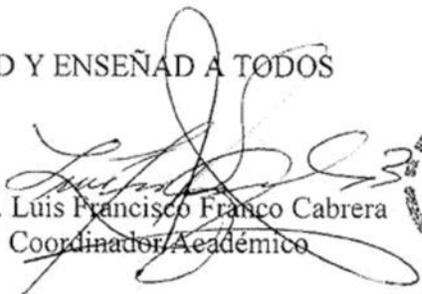
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

Consejo Directivo.

Presidente	M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle
Secretaria	M.Sc. Kahtya Iturbide Dormon
Representantes Docentes	M.A. Olga Marina Sánchez Cardona M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios y Zootechnistas.	M.Sc. Adrián Mauricio Castro López
Representantes Estudiantiles	T.A. María Alejandra Paz Velásquez. Br. Marcos Estuardo Ponciano Núñez

El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen del Profesor del curso M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón, al informe de la Práctica Profesional Supervisada, de la estudiante universitaria Ana Lucia Sagastume Chinchilla, titulado “Departamento de Investigación y Calidad Ambiental – DICA-, Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno –AMSCLAE-”, 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 2017

ACTO QUE DEDICO

A Dios y la Virgen del
Carmen

Por el milagro de la vida y escuchar mis peticiones y oraciones

A mis padres
apoyarme en

José Eduardo y María Eva, por ser pilar de mi vida y todo momento; ser ejemplo de perseverancia, lucha y unión.

A mis hermanos
seguir.

Por su apoyo, cariño y las ganas de querer ser un ejemplo a seguir.

A mi novio

Por su amor, comprensión y apoyo a lo largo de estos años y alentarme día a día para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A mi país, Guatemala, tierra en la que nací y por la que seguiré luchando por ser parte de ese cambio que se merece.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, por ser parte de mi formación académica.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-, por ser mi casa de estudios y ser parte de los profesionales que le brindan a Guatemala.

A la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno -AMSCLAE-, por abrirme las puertas para la realización de mi PPS.

A todo el equipo que conforma el Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA-, por su apoyo, amistad y ayuda brindada en las actividades realizadas y proyecto personal.

RESUMEN

Durante el periodo del 05 de octubre al 07 de diciembre del 2016 fue realizada la Práctica Profesional Supervisada en la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago Atitlán y su Entorno -AMSCLAE-, ubicada en el municipio de Panajachel, Departamento de Sololá, Guatemala. Se laboró en el Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA-. Se llevaron a cabo diversas actividades programadas, entre las que se encuentran:

- Monitoreo Limnológico.
 - Toma de muestras de fitoplancton.
 - Toma de muestras de parámetros físico químicos *in situ*.
- Monitoreo de Estaciones Climáticas.
- Monitoreo de Ríos.
 - Toma de muestras de macroinvertebrados.
 - Toma de parámetros *in situ*.
 - Toma de muestras para laboratorio.
- Monitoreo de Caudales.

Adicionalmente, se trabajó un proyecto de investigación como parte de la oportunidad de realización de PPS; el cuál se trató de conocer el efecto que ocasionan las algas epifitas sobre el crecimiento del Tul (*Schoenoplectus californicus*), en el área de playa pública de Jucanyá, Panajachel.

En dicho estudio se realizaron muestreos de talla de diferentes estadios de tallos de tul seleccionados, obedeciendo una serie de requerimientos como pueden ser la presencia/ausencia de Hydrila (*Hydrilla verticillata*) y la presencia/ausencia de algas en los tallos.

Lo que se quiso realizar fue una identificación de las especies dominantes de algas epifitas que puedan estar afectando el crecimiento del tul, debido a un fenómeno llamado sombreo algal, del cual se tenía conocimiento más no información acerca de las especies presentes y poder inferir acerca de la posibilidad de que algas pertenecientes al género de cianobacterias estuvieran predominando sobre los tallos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivos generales	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA	4
3.1 Ubicación geográfica	4
3.2 Condiciones climáticas	5
3.2.1 Temperatura	5
3.2.2 Precipitación y % de Humedad	5
3.2.3 Radiación Solar e Índice UV	6
3.3 Zona de vida	6
3.4 Actividades principales de la unidad de práctica	6
3.5 Infraestructura	7
3.6 Equipo	7
3.7 Recursos naturales disponibles	8
3.7.1 Flora	8
3.7.2 Fauna	8
3.7.3 Fauna acuática	9
3.7.4 Peces	9
3.7.5 Flora acuática	10
3.8 Hidrología	10
4. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	11
4.1 Organigrama	11
4.2 Cantidad de personal	12
4.3 Calidades de personal	12
4.4 Planificación de la institución	12
5. ACTIVIDADES REALIZADAS	13
5.1 Descripción de las actividades realizadas	13
5.1.1 Monitoreo climático	13
5.1.2 Monitoreo Limnológico	14
5.1.3 Muestreo de Fitoplancton	15
5.1.4 Monitoreo de Ríos y Caudales	15
5.1.5 Efecto del sombreo algal asociado al crecimiento del Tul (<i>Schoenoplectus californicus</i>)	17

5.1.5.1	Área de estudio	18
5.1.5.2	Recolecta de muestras	20
5.1.5.3	Materiales	23
5.1.5.4	Procesamiento e identificación de las muestras de algas epifitas	23
5.1.5.5	Análisis de datos	24
5.2	Resultados y aprendizaje alcanzado	24
5.2.1	Resultados del proyecto	25
6.	CONCLUSIONES	28
7.	RECOMENDACIONES	29
8.	BIBLIOGRAFÍA	30
9.	ANEXOS	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de muestreo.	5
Figura 2. Antiguas instalaciones de AMSCLAE; Panajachel, Sololá.	7
Figura 3. Instalaciones del Laboratorio de Calidad de Aguas DICA/AMSCLAE.	8
Figura 4. Organigrama de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno –AMSCLAE-	11
Figura 5. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo.	15
Figura 6. Ubicación de los sitios de muestreo de los principales ríos tributarios de la cuenca del Lago de Atitlán.	16
Figura 7. Toma de medición de caudales.	17
Figura 8. Ubicación geográfica del sitio de muestreo.	18
Figura 9. Sitio de muestreo ubicado en la playa pública de Jucanyá, Panajachel.	19
Figura 10. Sitio de muestreo y tallos de tul.	19
Figura.11. Esquema de los cortes de tallo de tul por estadío y número de muestra.	21
Figura 12. Raspado y lavado de tallos de tul para la recolecta de muestras de algas epifitas.	21
Figura 13. Muestras preservadas y almacenadas para la identificación en el laboratorio.	22
Figura 14. Identificación de algas epifitas.	24
Figura 15. Abundancia y riqueza de taxas en tres diferentes estadíos.	25
Figura 16. Densidad por área raspada en tallos de tul en diversos estadíos.	26
Figura 17. Diferencias de crecimiento obtenidos en dos semanas de muestreo.	26

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1 Ubicación y coordenadas geográficas de las estaciones climáticas de AMSCLAE.	13
Cuadro No. 2 Nombre de la estación de monitoreo y su ubicación sobre el espejo de agua.	14
Cuadro No. 3 Tratamientos establecidos para evaluar el crecimiento de tul bajo condiciones de presencia/ausencia de Hydrilla y de algas epifitas.	20
Cuadro No. 4 Tratamientos establecidos para determinar el ensamble de fitoplancton epifito en tallos de tul, bajo condiciones de presencia/ausencia de Hydrilla.	21

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo No. 1 Boleta de campo para medición de tallos de tul	32
Anexo No. 2 Boleta de campo para muestreo de fitoplancton y toma de dimensiones de los tallos de tul.	34
Anexo No. 3 Boleta de registro de datos de volúmenes de muestras de fitoplancton	35
Anexo No. 4 Recolección de muestras de macroinvertebrados como parte del monitoreo de ríos.	36
Anexo No. 5 Sitio de muestreo destinado para aplicar el tratamiento “Sin Hydrilla”.	36
Anexo No. 6 Sitio de muestreo destinado para aplicar el tratamiento “Con Hydrilla”.	37
Anexo No. 7 Marcaje de los tallos de tul en el sitio de muestreo seleccionado.	37
Anexo No. 8 Tallos de tul debidamente marcados utilizando flying tape con los datos correspondientes a cada estadio y tratamiento utilizado.	38
Anexo No. 9 Proceso de preparación de muestras para análisis e identificación de especies de microalgas.	38
Anexo No. 10 Géneros identificados durante el análisis y conteo realizado en el laboratorio de DICA/AMSCLAE.	39

1. INTRODUCCION

La Práctica Profesional Supervisada es un curso del pensum (2004) de la Carrera de Técnico en Acuicultura del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Este curso brinda al estudiante la oportunidad de tener experiencias inherentes de su campo de acción. La actividad es integradora del conocimiento teórico-práctico, para comprobar, reelaborar e integrar las situaciones reales.

La Práctica Profesional Supervisada se llevó a cabo en las instalaciones de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago Atitlán y su Entorno -AMSCLAE-.

Dentro de la conservación del lago y sus recursos. Debido a la importancia de estos el 27 de noviembre de 1996 mediante el decreto Legislativo 133-96, se creó la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno -AMSCLAE- una institución gubernamental de alto nivel, 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. 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 (AMSCLAE, 2015).

El objetivo de dicha práctica fue la participación en las diferentes actividades realizadas por parte del Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA-, además de la elaboración de un anteproyecto que formará parte del registro de investigaciones existentes en el departamento.

Las actividades realizadas durante el periodo de la Práctica Profesional Supervisada -PPS-, fueron:

- Monitoreo de Estaciones Climatológicas: se realiza con el fin de recabar y describir los parámetros climáticos en el área de la cuenca del Lago de Atitlán.
- Monitoreo de Caudales: realizado con el fin de 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, además de registrar los caudales promedios de los principales ríos tributarios de la cuenca del Lago de Atitlán.
- Monitoreo Limnológico: se realiza con el objetivo de generar información técnica y científica necesaria para guiar los procesos de gestión del lago y su cuenca, así mismo evaluar en forma sistemática la calidad del agua del Lago de Atitlán, a través de un programa de monitoreo de algunos parámetros físicos, químicos y biológicos y 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 y comparar el estado del Lago de Atitlán con estudios realizados en años anteriores. Además se realiza toma de muestras de fitoplancton

- Monitoreo de Ríos: realizados para evaluar la calidad de los ríos mediante el índice de calidad del hábitat RBP, el índice de calidad de agua ICA y el índice biótico BMWP/Atitlán e incrementar el listado taxonómico de macroinvertebrados acuáticos presentes en la cuenca del Lago de Atitlán.
- Colocación de trampas de sedimento: esta actividad se realiza con el propósito de obtener información sobre el comportamiento de los sedimentos en un momento y época determinada del años, contando con trampas individuales colocadas a 10 metros de profundidad, así como trampas compuestas las cuales se conforman de tubos colectores a diferentes profundidades, siendo la mayor a los 100 m.

Adicionalmente, se contó con la oportunidad de participar en actividades externas tanto a DICA como a la Práctica Profesional Supervisada -PPS-, las cuales fueron:

- Caracterización Ictiológica en la Cuenca del Lago Atitlán: esta actividad fue un trabajo en conjunto en el cual se realizaron muestreos ictiológicos en diferentes meses del año en diversos puntos de los municipios que componen la cuenca del Lago de Atitlán para enriquecer sobre la información en cuanto a la abundancia de las especies de peces que aún se pueden encontrar, para esto se utilizaron trasmallos de 100 y 200 metros y nasas.
- Apoyo en la toma de muestras para realización de EPS de estudiante de biología.
- Anteproyecto de investigación: el cual formará parte de la base de datos de DICA y se le dará seguimiento para obtener información en diferentes épocas del año.

El anteproyecto que se realizó lleva por nombre “Efecto del sombreado algal asociado al crecimiento del Tul (*Schoenoplectus californicus*)”, el cual fue realizado en la playa pública de Jucanyá, Panajachel.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- 2.1.1 Confrontar al estudiante con el ambiente de trabajo de la carrera de Técnico en Acuicultura, a través de una práctica directa, en un contexto institucional o empresarial.

2.2 Objetivos específicos

- 2.2.1 Proveer al estudiante la oportunidad de participar en actividades reales propias de la acuicultura, pesca y/o manejo de los recursos hidrobiológicos-
- 2.2.2 Retroalimentar el proceso de enseñanza-aprendizaje del estudiante, mediante la integración de los conocimientos y experiencias teórico-prácticas adquiridas.
- 2.2.3 Propiciar el desarrollo y ejercicio de los valores morales y éticos del estudiante en el desempeño profesional.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

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 (AMSCLAE, s.f.).

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 (AMSCLAE, s.f.).

3.1 Ubicación geográfica.

El Lago Atitlán se encuentra ubicado en el departamento de Sololá. El área total de la cuenca del lago Atitlán es de 580 km² y del lago es de 130 km² (Figura No.1). La superficie del lago se encuentra a 1,562 msnm, presentando su parte más profunda, aproximadamente a 325 m, mientras que la profundidad media es de 220 m. Se ha estimado que el volumen del lago Atitlán es de 25 km³ (Skinner, comunicación personal, 2002). Se encuentra aproximadamente a 135 km de la capital del país, su principal vía de acceso es la Carretera CA - 1 Occidente Conocida también como Carretera Interamericana.

En su ribera sur, el lago presenta volcanes que alcanzan hasta una altura de 3,550 msnm, siendo estos, los volcanes de Atitlán, Tolimán y San Pedro. La ribera del lago presenta una forma ovalada de 21 x 18 km, con dos bahías que corren en dirección al sur, a los lados de los volcanes Atitlán y Tolimán (La Bastille, 1988). Los cuatro afluentes principales del lago de Atitlán son los ríos Panajachel, Quiscab, San Buenaventura y Cascada, todos ubicados en la parte norte del lago.

El lago se encuentra dentro de la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán -RUMCLA, Declarada como tal en 1997, mediante el decreto 64 - 97 (CONAP, 2007).

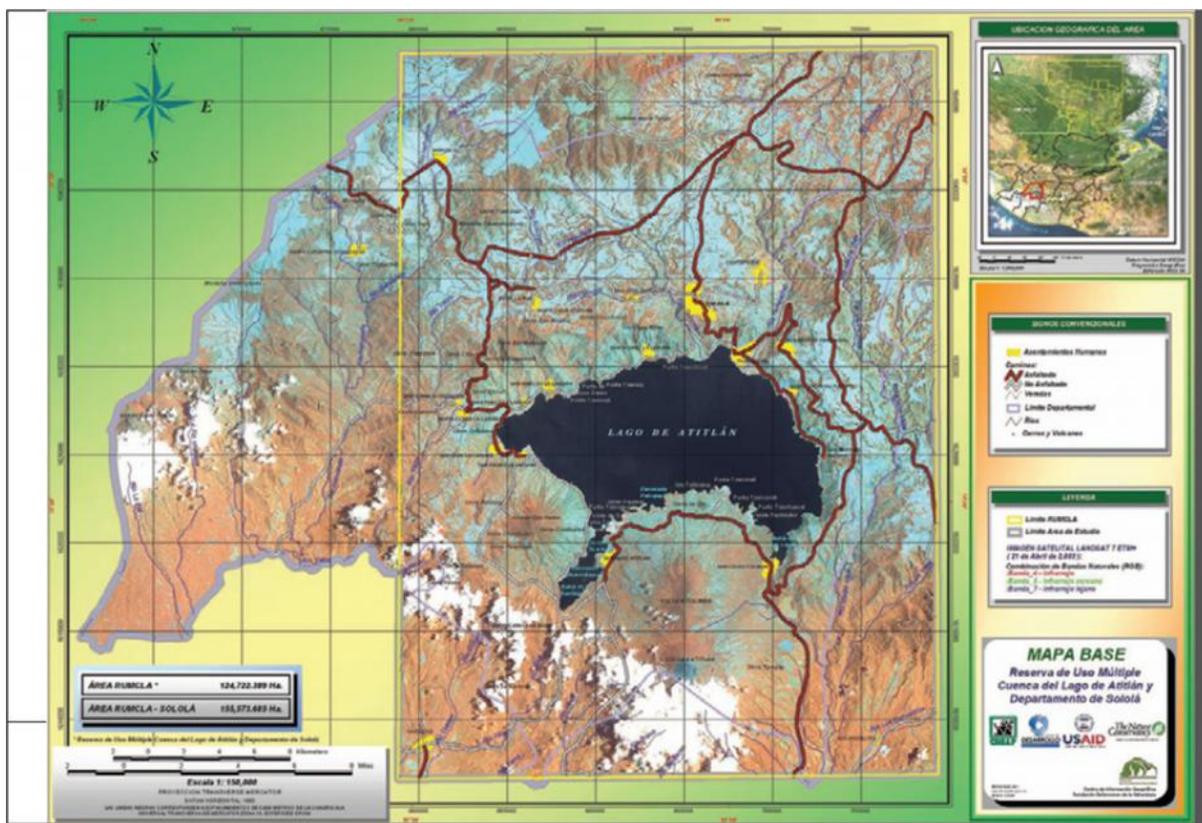


Figura 1. Mapa Base, Reserva de Uso Múltiple del Lago de Atilán y Departamento de Solola. (Fuente: CONAP, 2007)

3.2 Condiciones climáticas

3.2.1 Temperatura

La temperatura ambiental promedio osciló entre los 18.84 y 21.09°C. Las temperaturas mínimas oscilaron 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 oscilaron entre los 29.9 y 30.4°C. (AMSCLAE/DICA, 2016)

3.2.2 Precipitación y % de Humedad

El periodo de lluvias inició en el mes de abril y finalizó 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%. Los meses más húmedos fueron mayo y junio. (AMSCLAE/DICA, 2016)

3.2.3 Radiación Solar e Índice UV

La radiación solar máxima registrada fue de 1396 W/m² que corresponde al mes de junio. Los valores máximos del índice UV fueron 16 en los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, agosto, septiembre y octubre. Los valores superiores a 11 son considerados dañinos por la OMS. (AMSCLAE/DICA, 2016)

3.3 Zona de vida.

Dentro de las zonas de vida reconocidas en la Cuenca del Lago de Atitlán se pueden mencionar:

- Bosque húmedo montano bajo subtropical, ocupando el 43% del territorio.
- Bosque muy húmedo montano bajo subtropical, con el 40% del territorio.
- Bosque muy húmedo subtropical cálido, con el 14% del territorio.
- Bosque muy húmedo montano subtropical, con el 3% del territorio.

(Mesa departamental de competitividad de Sololá, 2012)

3.4 Actividades principales de la Unidad de Práctica.

En el Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA- se realizan actividades que están programadas mensualmente como son el caso de los monitoreos, los cuales tienen una persona encargada, quien coordina el monitoreo y es apoyada por más miembros del departamento; entre las actividades que se realizan en DICA se encuentran:

- Monitoreo Limnológico del Lago de Atitlán.
- Monitoreo de Ríos.
- Monitoreo de Caudales
- Monitoreo Climático
- Monitoreo de Vegetación Acuática
- Monitoreo en Plantas de Tratamiento

3.5 Infraestructura

Las instalaciones de la AMSCLAE se encontraban ubicadas en un área destinada anteriormente para vivienda (Figura 2), dichas instalaciones fueron ligeramente modificadas y adaptadas con el fin de poder ubicar estratégicamente cada departamento que compone la institución.



Figura 2. Antiguas instalaciones de AMSCLAE; Panajachel, Sololá. (FUENTE: DICA, 2016)

3.6 Equipo

Específicamente el Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA-, cuenta con un laboratorio en donde se puede encontrar cristalería de laboratorio utilizada para los diversos análisis realizados (Figura 3). Además, por el carácter del departamento se cuenta con equipo para monitoreo limnológico y calidad del agua, el cual consta de una sonda multiparamétrica con sus accesorios, redes para fitoplancton y zooplancton; adicional a esto se cuenta con equipo para medición de caudales, equipo de vadeo, equipos para: medición de pH, sonda de conductividad, oxímetro, potenciómetro, disco Secchi, botellas de Van Dorn, equipo y trajes de buceo.



Figura 3. Instalaciones del Laboratorio de Calidad de Aguas DICA/AMSCLAE.

3.7 Recursos naturales disponibles

3.7.1 Flora

Los tres tipos de bosque identificados: a) Bosques Mixtos (latifoliado y coníferas); b) Bosques latifoliados (pluvial y nuboso); y c) Bosques de coníferas, son los tres tipos de bosques distinguibles a nivel de paisaje que es posible mapear y verificar su presencia en el campo. Esta distribución está influenciada especialmente por los factores climáticos humedad y temperatura. Por ello, la vegetación cambia al variar la elevación y la posición relativa en los diferentes sitios. Los bosques más extensos y de más amplia distribución son los bosques mixtos. (CONAP, 2007)

3.7.2 Fauna

Biogeográficamente el área de la cuenca del lago de Atitlán se encuentra dentro de la zona de las tierras altas de la Sierra Madre y la cadena volcánica. Se puede considerar a la cadena volcánica como un área biótica, que se caracteriza por su composición de especies similares a lo largo de la misma (Schmidt 1941, Stuart 1951, Schuster 1992, Islebe & Velázquez 1994, Ponciano 1999, Cerezo 2000, Rodríguez 2001).

En la RUMCLA se encuentra el 30% de las especies de lagartijas, 40% de culebras, 36% de anfibios que han sido registradas para Guatemala, el 60% de aves que viven en el altiplano occidental y un 10% de los animales listados en la lista roja del CONAP. También hay poblaciones pequeñas de felinos como el ocelote (*Leopardus pardalis*) y margay (*L. weidii*). Los mamíferos, son utilizados como fuente de alimento, lo que ha causado una mayor presión sobre las poblaciones de venados y coches de monte. (CONAP, 2007)

3.7.3 Fauna acuática

Según este diagnóstico hay pequeñas anotaciones por Winkler (sin fecha) y Morales (2002) sobre el aprovechamiento de cangrejos endémicos (*Totamocarcinus guatemalensis*) que alcanza hasta el 12% del aprovechamiento de la fauna acuática del lago. Se sabe también del uso significativo del molusco introducido, *Pomacea flagellata*.

3.7.4 Peces

Los peces son un recurso importante para las comunidades que están a orillas del lago. Gunther (1867) y Meek (1908) reportaron 3 especies nativas, *Archocentrus nigrofasciatus* (sirica, mojarra, negro o congo); *Profundulus guatemalensis* (gulumina); y *Poecilia sphenops* (pescadito). En el año 1908 ya se había empezado a introducir otras especies de mojarra y el pepermechón (*Dormitator sp.*). Desde esta época ya se discutía la introducción de la lobina negra y la trucha. Aparentemente hubo varias introducciones (Morales 2002) algunas exitosas, otras no. Según reportes de INAFOR 1983, Ulloa 1991 e INTECAP 1999, hoy en día se reportan 16 especies.

La introducción de la Lobina negra (*Micropterus salmoides*) no sólo tuvo un impacto sobre las otras especies de peces nativas, sino que también afectó a otros grupos de animales, tales como el Pato Poc (*Podylimbus gigas*), y de acuerdo a Hunter (1988) es uno de los principales causantes de la desaparición de esta especie del lago.

El Bluegill (*Lepomis macrochirus*) como comúnmente se le conoce, es un pez que prefiere las aguas tranquilas, con mucha vegetación, donde pueda esconderse fácilmente. Tienen una gran capacidad reproductiva, una hembra puede producir hasta 38,000 huevos por temporada (Tomassetti, 2005). Presenta una talla de captura promedio (en el lago de Atitlán entre 12 a 15 centímetros siendo el promedio peces de 13 cms (Prepac, 2006).

3.7.5 Flora acuática

Los macrófitos, hidrófitos o plantas acuáticas son aquellas que desarrollan su ciclo de vida parcial o total, en cuerpos de agua continentales o marinos; se pueden observar a simple vista y se incluyen plantas vasculares, briófitos, algas filamentosas y en algunos casos cianobacterias (Giménez, 2009 ; Posada & López, 2011). Son el grupo de plantas que se ha adaptado completamente al medio acuático y sus ciclos de vida están ligados a éste (Garret, 2002).

Especies presentes en la Cuenca del Lago de Atitlán:

- Wedelia sp.
- Azolla filliculoides.
- Ceratophyllum demersum.
- Chara sp.
- Cyperus sp.
- Schoenoplectus californicus.
- Eichhornia crassipes.
- Hydrilla verticillata.
- Hydrocotyle umbellata.
- Phragmites sp.
- Polygonum sp.
- Potamogeton illinoensis.
- Potamogeton pectinatus.
- Thypha dominguensis.
- Wolffia

(Fuente: DICA, 2015)

3.8 Hidrología

La cuenca del Lago de Atitlán tiene un área de 541 km², el cuerpo de agua mide 130 km² y tiene una profundidad máxima de 324 m, con una profundidad promedio de 188m.

Las cuencas de los ríos Nahualate y Madre Vieja forman los límites oeste y este de la cuenca del lago, respectivamente, Estos ríos se alimentan de muchos tributarios tales como el Río Mocá y el Río Bravo que fluyen desde los volcanes. Solo dos ríos de tamaño apreciable, Quiscab y Panajachel, depositan sus aguas en el Lago de Atitlán. Las dos principales sub-cuencas de ríos permanentes son el Río Quiscab de 22.25 km de largo, cubriendo un área de 100 km² y el río Panajachel de 15.6 km de largo y un área de 75 km² (IGN, 1976 en parte). Se calcula que el lago contiene un volumen de agua de 24.4 km³. (CONAP, 2007)

4. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

4.1 Organigrama

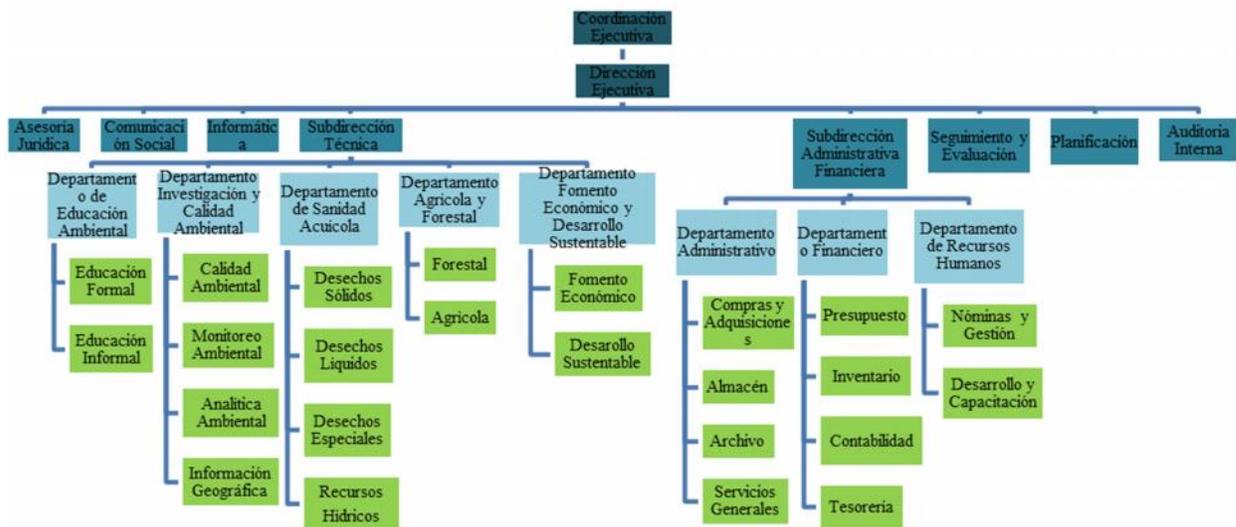


Figura 4. Organigrama de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno –AMSCLAE- (AMSCLAE, 2015).

4.2 Cantidad de personal

Actualmente AMSCLAE cuenta con 57 funcionarios y específicamente el Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA-, cuenta con 8 integrantes; los grados académicos varían encontrando Masters y Licenciados.

4.3 Calidades del personal

Licenciada Fátima Reyes: Jefe de Investigación y Calidad Ambiental

Licenciada Flor Barreno: Encargada de Laboratorio

Licenciada Isabel Arriola: Técnica en Manejo de Tul

Ana Cristina Martínez: Técnico en Control de Calidad de Agua

Natanaél Xaminez: Asistente de Laboratorio

Francisco Ujpán: Técnico en Sistemas de Información

4.4 Planificación de la institución.

La AMSCLAE realiza diferentes monitoreos a lo largo del año, específicamente organizados por mes, los cuales están a cargo del Departamento de Investigación y Calidad Ambiental –DICA-, entre los que podemos encontrar:

- Caudales
- Clima
- Consumo Humano
- Limnológico
- Nivel del Lago
- Plantas de Tratamiento
- Puntos de Contaminación
- Uso Recreativo
- Vegetación Acuática

5. ACTIVIDADES REALIZADAS

5.1 Descripción de las actividades realizadas

5.1.1 Monitoreo Climático

Como parte de los monitoreos realizados por parte de DICA, a lo largo del año y de manera mensual se realiza el monitoreo de estaciones climáticas, a las cuales se les realiza una limpieza general, además de registrar los datos obtenidos durante ese mes, los cuales son obtenidos durante cada hora. Esto genera información de suma importancia para ser ingresada a la base de datos de DICA, la cual, al finalizar cada año, permite saber el comportamiento climático durante cada año.

Estas estaciones se encuentran instaladas en las localidades de (Cuadro 1):

- Aldea Barraneché (Tonicapán)
- Aserradero Santa Victoria (San Andrés Semetabaj)
- Porta Hotel del Lago Panajachel
- San Juan La Laguna
- San Lucas Tolimán.

(AMSCLAE, 2016).

Cuadro 1. Ubicación y coordenadas geográficas de las estaciones climáticas de AMSCLAE. (Fuente: DICA, 2016)

Ubicación	Coordenadas			Encargado del sitio
	E	N	Altitud (msnm)	
Alcaldía auxiliar aldea Barreneché. Tonicapán, Tonicapán	417770.00	1633774.15	2484.69	Alcalde comunal: Santos Esteban
Hotel Porta Hotel del Lago. Panajachel, Sololá	429020.00	1629747.00		Sintia de Paz
Finca Santa Victoria, Aserradero San Andrés Semetabaj, Sololá	434377.59	1633097.512	2300.31	Victor Adolfo Sacuj Cuy
Hotel Emanuel San Lucas Tolimán	430828	1618245		Abimael Carrillo
Biblioteca Comunitaria Rija'tzuul Na'ooj, San Juan La Laguna, Sololá	415222	1625032		Comité Comunitario

5.1.2 Monitoreo Limnológico

La AMSCLAE, a través del Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA-, efectúa el monitoreo permanente del lago y sus cuencas tributarias con equipos de campo y de laboratorio propios con el objetivo de generar y brindar información técnica y científica necesaria para guiar los procesos de gestión del lago y su cuenca.

Desde el 2013 se realiza un monitoreo sistemático de las condiciones físicas, químicas y biológicas del lago de Atitlán (Cuadro 2, Figura 5). 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. Con los resultados se ha evidenciado que el ingreso de nutrientes al cuerpo de agua, provenientes de distintas fuentes, ha deteriorado la calidad del agua (Sudeep *et al.*, 2014; DICA, 2015).

En este monitoreo se realiza la toma de parámetros físicoquímicos *in situ* (Oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, temperatura, conductividad eléctrica, TDS, salinidad, pH, radiación fotosintéticamente activa y clorofila a), los cuales son tomados por medio de una sonda multiparamétrica Hydrolab DS5. Además se mide la transparencia usando el Disco Secchi. Las muestras para análisis químicos como: turbidez, color, aparente, color verdadero, fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), fosfatos (PO₄), nitratos (NO₃) son tomadas utilizando una botella de Van Dorn en diferentes profundidades (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150, 200, 250 m y la profundidad máxima). Además, en la superficie se realiza una medición de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), *E. coli* y coliformes totales. (DICA, 2016).

Cuadro 2. Nombre de la estación de monitoreo y su ubicación sobre el espejo de agua. (Fuente: DICA/ AMSCLAE, 2015)

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



Figura 5. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo. (DICA/AMSCLAE, 2015)

5.1.3 Muestreo de Fitoplancton

Este muestreo se realiza utilizando una manguera de 30 m, la cual permite realizar la toma de muestras integradas en los puntos de muestreo en donde se requiera, tomando dos muestras por sitio, se filtra un volumen de aproximadamente 3.2 litros, el cual es filtrado utilizando una red de fitoplancton de 20 micras de luz de malla, las cuales son depositadas en recipientes debidamente identificados y fijadas con una solución de lugol, para luego ser trasladadas a las instalaciones de AMSCLAE. (DICA, 2016)

5.1.4 Monitoreo de Ríos y Caudales

Este monitoreo se realiza en las diferentes subcuencas y microcuencas que componen la cuenca del Lago de Atitlán, siendo estos los ríos: Quiscab, San Francisco, Tzununá, San Buenaventura, Tzalá y Catarata (Figura 6). En estos ríos se realiza una medición mensual de caudal, utilizando el método de sección/velocidad (Figura 7). “La sección se determinó empleando una cinta métrica y un caudalímetro calibrado para medir la velocidad y profundidad en segmentos proporcionales al ancho del río, según se describe en el Manual de Hidrología de FAUSAC (Herrera Ibáñez, 2011). La velocidad fue medida con un medidor magnético de caudales marca OTT”.

Además, se realiza la toma de parámetros *in situ* (temperatura, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, pH, conductividad eléctrica, salinidad); adicional a esto se hace la toma de muestras para ser analizadas en el laboratorio de AMSCLAE, las cuales son: fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda bioquímica de oxígeno (DQO), color aparente, color verdadero, turbidez y sólidos totales (utilizando el Cono de Inhoff)

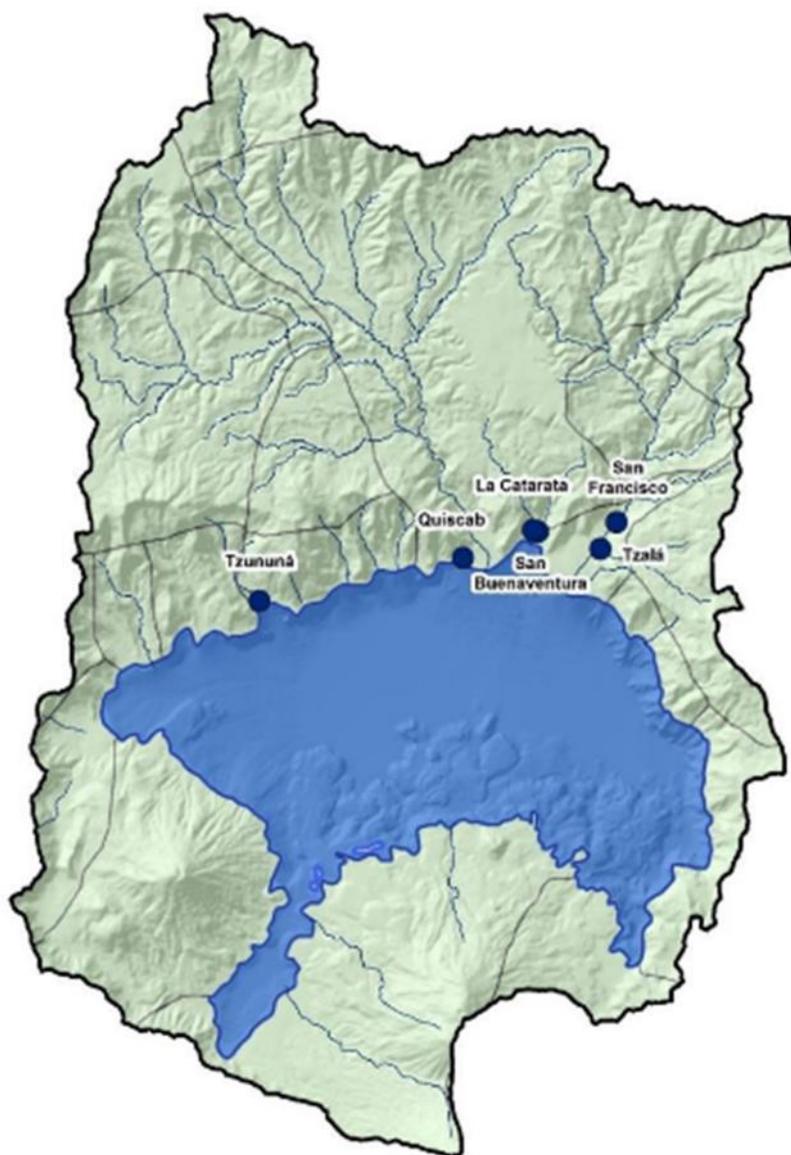


Figura 6. Ubicación de los sitios de muestreo de los principales ríos tributarios de la cuenca del Lago de Atitlán. (AMSCLAE/DICA, 2015)



Figura 7. Toma de medición de caudales. (FUENTE: Trabajo de campo, 2016)

5.1.5 Efecto del sombreo algal asociado al crecimiento del Tul (*Schoenoplectus californicus*)

Los florecimientos de algas pueden producir un sombreamiento sobre el resto de las especies dispersas en los niveles inferiores y con ello una limitación de su crecimiento (Leon, L. 2002). Las floraciones son una consecuencia de la eutrofización y pueden ser desarrolladas por diversas especies de fitoplancton pertenecientes a las Clases Bacillariophyceae (diatomeas), Chlorophyceae (algas verdes), Dinophyceae (dinoflagelados), Chrysophyceae, Cryptophyceae o Cyanophyceae (cianobacterias).

Entre las condiciones y/o parámetros de importancia en cuanto a la tasa de crecimiento del perifiton, se debe considerar la velocidad de corriente, intensidad y calidad de la luz incidente, la temperatura del agua, pH, conductividad, concentración de nutrientes, estado trófico, abundancia de macrófitas, calidad del sustrato, calidad del agua, estas asociadas a la acumulación de perifiton en diferentes sustratos (Sand-Jensen, 1983; Chamixaes, 1991; Rodrigues et al., 2005).

Las diatomeas se han considerado como colonizadoras rápidas y eficientes, al ser capaces de colonizar sustratos tanto naturales como artificiales en un corto tiempo, lo cual es otra característica del ensamblaje perifítico (Planas, 1998).

El incremento de florecimientos y la extensiva invasión de *Hydrilla* en el lago Atitlán, se desarrollará dicho estudio con el fin de generar información sobre el efecto que tanto las algas epífitas y la *Hydrilla* tienen en cuanto al crecimiento del Tul (*Schoenoplectus californicus*), así como la diversidad y abundancia de especies que puedan encontrarse en los diferentes

tratamientos que se aplicarán. Al final se quiere responder a las siguientes preguntas: ¿El tul tiene un menor crecimiento cuando está cubierto por algas epifitas? ¿Existe un menor crecimiento del tul que se encuentra rodeado de *Hydrilla* y colonizado de algas epifitas en comparación al que no está expuesto a estas condiciones?

5.1.5.1 Área de estudio

Se seleccionó un sitio de muestreo estableciendo como criterio de elección, la accesibilidad y condiciones necesarias para el levantamiento y recolecta de las muestras. El sitio se encuentra ubicado en la playa pública de Jucanyá, Panajachel. (Figura 8).

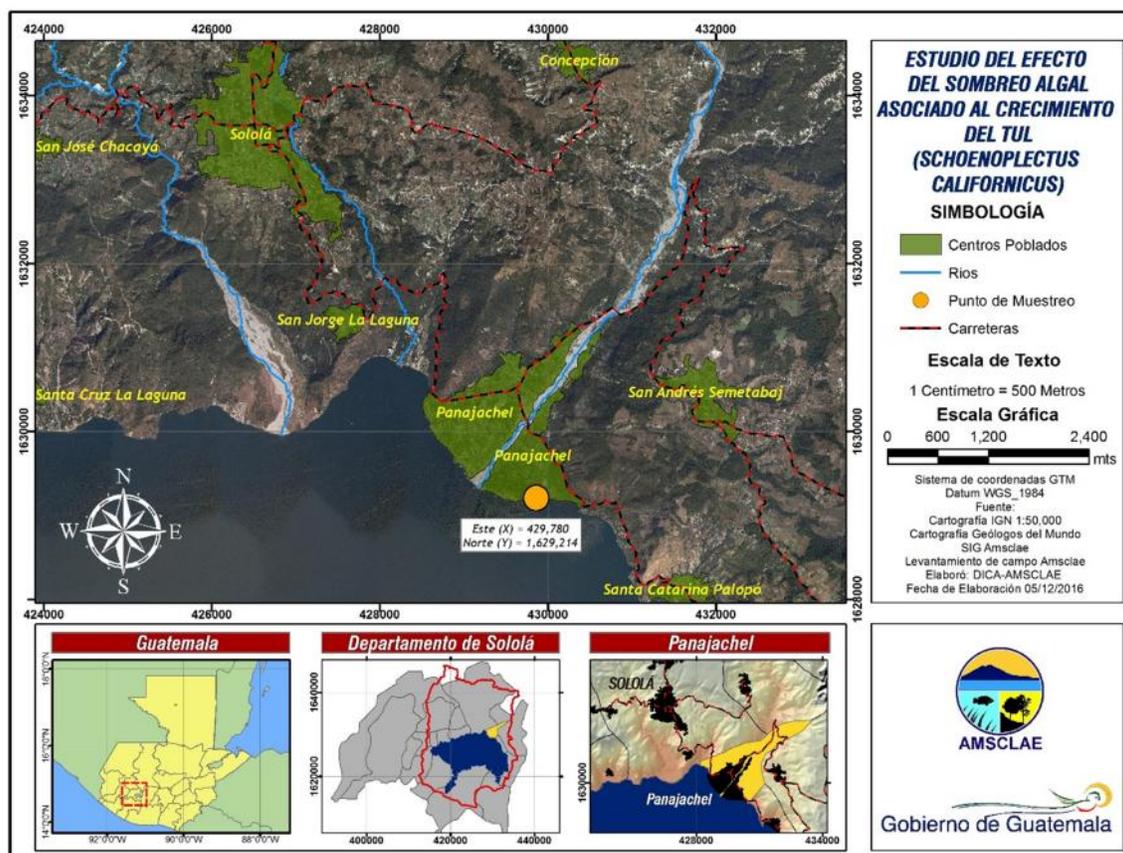


Figura 8. Ubicación geográfica del sitio de muestreo. (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2016)

La masa tular que se seleccionó fue bajo dos condiciones ambientales, tul con o sin presencia de *Hydrilla*, y tul con y sin presencia de algas epifitas. Se seleccionaron 78 tallos de tul, a los cuales se les realizaron las mediciones y los raspados de algas epifitas durante noviembre del 2016 (Fig. 6 y 7).



Figura 9. Sitio de muestreo ubicado en la playa pública de Jucanyá, Panajachel. (Fuente: Trabajo de campo, 2016)



Figura 10. Sitio de muestreo y tallos de tul. (Fuente: Trabajo de campo, 2016)

5.1.5.2 Recolecta de muestras

Crecimiento de tul

Para evaluar el efecto que tiene la *Hydrilla* y las algas epifitas se seleccionaron 60 tallos de tul (cuadro 1), los cuales se midieron cada dos días, durante dos semanas. La medición en campo de los tallos de tul se realizó usando reglas plegables y cintas métricas, los datos fueron anotados en una boleta de campo para su posterior digitalización y análisis (Anexo 1). Luego de ser medidos, se limpiaron con una esponja todos aquellos tallos que estuvieran bajo el tratamiento de sin algas, para que mantuvieran las mismas condiciones durante todo el estudio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos establecidos para evaluar el crecimiento de tul bajo condiciones de presencia/ausencia de *Hydrilla* y de algas epifitas.

TRATAMIENTO							
<i>Con Hydrilla</i>				<i>Sin Hydrilla</i>			
Con algas		Sin algas		Con algas		Sin algas	
<i>Estadío</i>	<i>Individuos</i>	<i>Estadío</i>	<i>Individuos</i>	<i>Estadío</i>	<i>Individuos</i>	<i>Estadío</i>	<i>Individuos</i>
Brote	5	Brote	5	Brote	5	Brote	5
Joven	5	Joven	5	Joven	5	Joven	5
Maduro	5	Maduro	5	Maduro	5	Maduro	5

Fuente: (Trabajo de campo, 2016)

Ensamble de fitoplancton

Para determinar el ensamble de fitoplancton se establecieron 18 tallos de tul que tuvieran algas epifitas (Cuadro 4). Todos los tallos fueron identificados según su estadio y enumerados para tomar siempre el mismo individuo y ver la colonización en el tiempo por las algas epifitas.

Cuadro 4. Tratamientos establecidos para determinar el ensamble de fitoplancton epifito en tallos de tul, bajo condiciones de presencia/ausencia de *Hydrilla*.

TRATAMIENTO			
Con <i>Hydrilla</i>		Sin <i>Hydrilla</i>	
<i>Estadío</i>	<i>Individuos</i>	<i>Estadío</i>	<i>Individuos</i>
Brote	3	Brote	3
Joven	3	Joven	3
Maduro	3	Maduro	3

Fuente: (Trabajo de campo, 2016)

Para obtener la primera muestra, fueron cortados los primeros 10 cm de tallo que estuvieran sumergidos (Fig.11), luego fueron raspados con un cepillo de dientes de cerdas suaves y lavados agua desmineralizada para obtener las muestras de algas epifitas (Fig. 12). Las muestras fueron preservadas con Lugol y almacenadas en recipientes plásticos debidamente identificados. Las muestras fueron llevadas al laboratorio para su posterior identificación y cuantificación

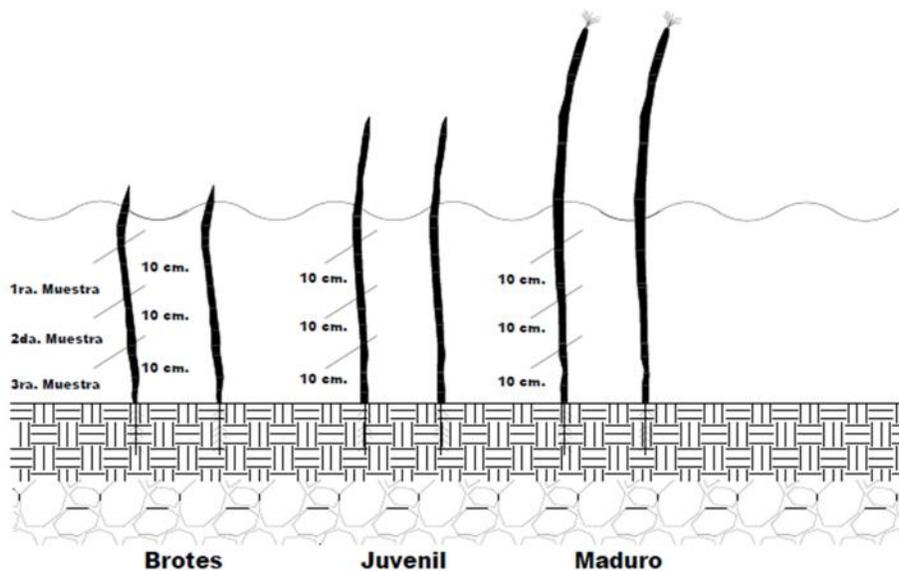


Figura. 11. Esquema de los cortes de tallo de tul por estadio y número de muestra. (Fuente: DICA,2016)



Figura 9. Raspado y lavado de tallos de tul para la recolecta de muestras de algas epifitas.
(Fuente: Trabajo de campo, 2016)

La segunda y la tercera muestra (10 cm de tallo) (Fig.13) fueron recolectadas 8 y 16 días, respectivamente, después de la inicial. La segunda y la tercera muestra también fueron raspadas, lavadas, preservadas y almacenadas como la primera muestra.



Figura 13. Muestras preservadas y almacenadas para la identificación en el laboratorio.
(Fuente: Trabajo de campo, 2016)

Luego que fueron cortados el primer, segundo y tercer segmento del tallo, los tallos fueron limpiados con una esponja para eliminar las algas que estuvieran presentes y así evaluar la colonización de algas epifitas, los siguientes días respectivos.

Todos los tallos cortados fueron medidos para determinar el área del tallo y poder realizar los respectivos cálculos de densidad y abundancia por área.

5.1.5.3 Materiales

1 Regla plegable	1 Pipeta de pasteur
1 Flying tape	10 Porta y cubreobjetos
2 tijeras para podar	8 Probetas (volúmenes varios)
2 marcadores	100 mL Lugol
2 Cepillos de dientes de cerda suave	3L Agua desmineralizada
2 Bandejas plásticas	2 Cintas métricas
1 Esponja suave	1 Pipetor
20 Recipientes para muestra	1 Pipeta volumétrica (10 mL)
1 Cámara de Sedgwick Rafter	53 Vacutainers
1 Microscopio	

5.1.5.4 Procesamiento e identificación de las muestras de algas epifitas

En el laboratorio, se analizaron las muestras utilizando un microscopio, portaobjetos y cubreobjetos (Fig. 14). Se identificaron los especímenes encontrados a nivel de género con ayuda de guías dicotómicas y se tomarán fotografías para formar parte de cartillas digitales. Los conteos se realizaron tomando como muestra los organismos encontrados en 2 mL de muestra y se realizaron los respectivos cálculos de abundancia relativa y número de células por área. Para realizar los conteos y estimar la densidad de células existente se utilizará una cámara de Sedgwick Rafter (APHA, 1998). La identificación de células se realizará utilizando un microscopio óptico, utilizando los objetivos 4X y 10X.



Figura 14. Identificación de algas epifitas.

5.1.5.5 Análisis de datos

Se realizó un análisis descriptivo de los principales grupos taxonómicos asociados al tul y del efecto de sombreado por algas epifitas e *Hydrilla* en el crecimiento de los tallos del tul.

Para evaluar si hay un crecimiento significativo entre tul con algas epifitas y tul sin algas epifitas se realizará una prueba de análisis de varianza multifactorial de medidas repetidas para evaluar el efecto de la presencia/ausencia de algas epifitas e *Hydrilla* en el crecimiento de los brotes, tallos juveniles y tallos maduros de tul en el tiempo.

5.2 Resultados y aprendizaje alcanzado

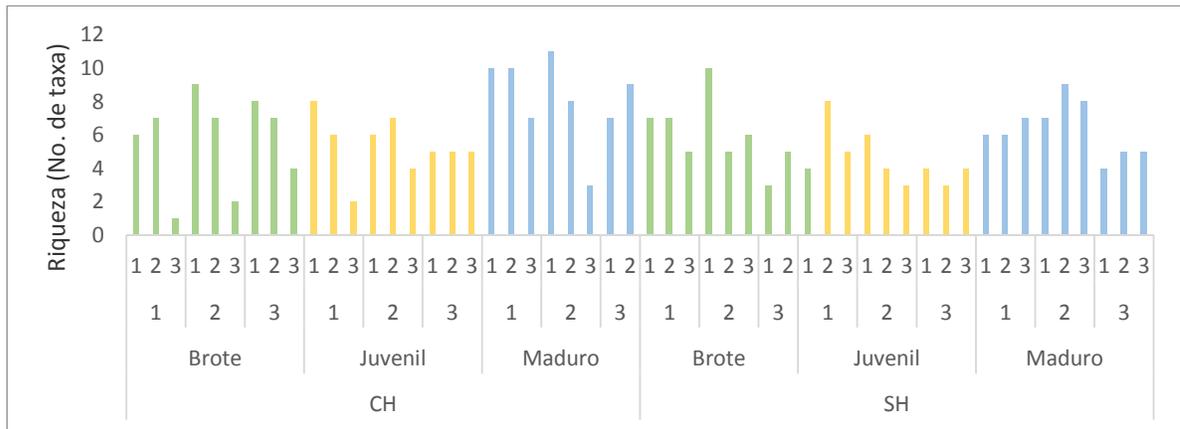
Durante los meses de octubre y noviembre de 2016 se logró formar parte de las siguientes actividades y monitoreos:

- Monitoreo limnológico del Lago de Atitlán.
- Monitoreo de las estaciones climáticas.
- Monitoreo de ríos.
- Monitoreo de fitoplancton.
- Monitoreo de los caudales y toma de parámetros físicoquímicos.
- Caracterización de la comunidad ictiológica del Lago de Atitlán.

5.2.1 Resultados del proyecto

Se realizó la identificación y conteo de los diferentes géneros de algas existentes en las muestras tomadas en tres diferentes tiempos, en las cuales se obtuvo un total de 1331 organismos, en los cuales la mayor abundancia se ve representada por la presencia de algas de la Clase Bacillariophyceae (diatomeas, 73.47%), Chlorophyceae (algas verdes, 12.09%), Dinophyceae (dinoflagelados, 0.37%), Charophyceae (13.14%) y Cyanophyceae (cianobacterias, 0.90%), por lo que se puede inferir en que las microalgas de la Clase Cyanophyta no interfieren significativamente en el crecimiento del tul, en donde se puede hacer referencia a que son las diatomeas las cuales se presentan como colonizadoras eficaces, presentando una mayor abundancia; de las cuales los géneros mayormente representativos fueron Diatoma (28.85%), Aulacoseira (16.15%), Fragilaria (6.38%), Navícula (6.16%) y Nitzschia (1.57%).

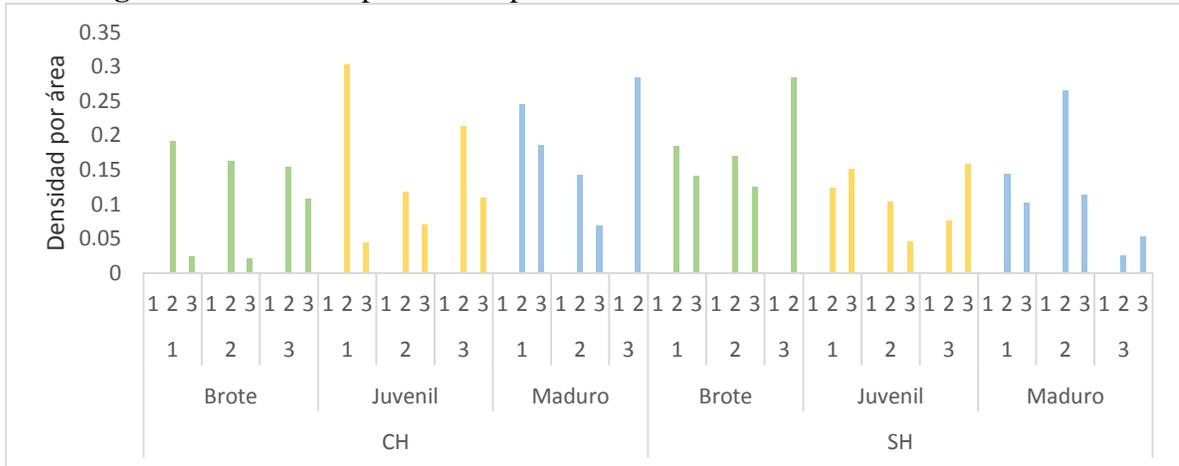
Figura 15. Abundancia y riqueza de taxas en tres diferentes estadíos.



(Fuente: Trabajo de campo, 2016)

El gráfico anterior nos muestra que en los estadíos en donde se encontró mayor cantidad de taxas son los que corresponden a Brotes y Maduros, adicional a esto se tiene que en el tratamiento de Con Hydrilla se tiene una mayor abundancia de organismos.

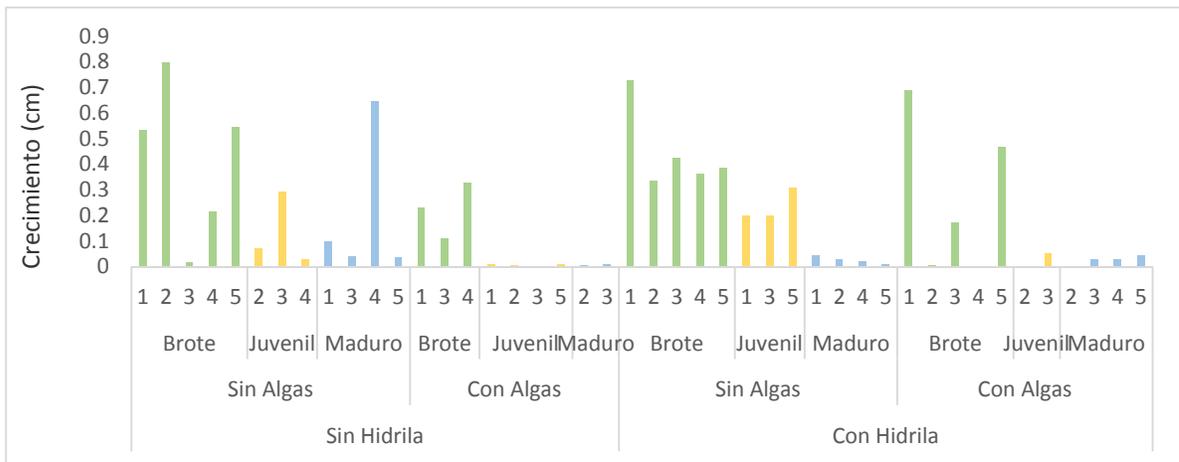
Figura 16. Densidad por área raspada en tallos de tul en diversos estadios.



(Fuente: Trabajo de campo, 2016)

La densidad fue obtenida por medio de los datos registrados en las diferentes muestras de los momentos 2 y 3 en donde se tomó tanto el diámetro como la longitud de los tallos utilizados, donde posteriormente se calculó el área de cada una de las muestras para luego obtener la densidad por área raspada. En los resultados obtenidos se encuentra que la mayor densidad de organismos se encuentra en el segundo muestreo realizado correspondiente al momento 2, principalmente en el tratamiento con Hydrilla.

Figura 17. Diferencias de crecimiento obtenidos en dos semanas de muestreo.



(Fuente: Trabajo de campo, 2016)

Después de realizado el análisis descriptivo comparando el crecimiento obtenido en dos semanas de muestreo se encuentra que gráficamente hay una ganancia en cuanto a las longitudes registradas principalmente en los brotes sin presencia de algas epifitas.

Se realizó una prueba de análisis de varianza multifactorial de medidas repetidas para evaluar un posible efecto en el crecimiento con la presencia/ausencia de algas epifitas e Hydrilla en el crecimiento de los tallos muestreados; en donde no se encontró diferencia significativa en conjunto de las variables tiempo, presencia/ausencia de algas, tratamiento (presencia/ausencia de Hydrilla) y estadio (brote, juvenil, maduro); por lo tanto no se puede afirmar que la unión de estas variables tenga un efecto negativo en cuanto al crecimiento del tul.

6. CONCLUSIONES

1. Se tuvo la oportunidad de formar parte de la realidad que implica el ejercer la profesión de acuicultor, llevando a cabo actividades diversas que incluyen los conocimientos que se obtienen a los largo de los primeros tres años de estudio.
2. Formar parte de una institución como AMSCLAE, permitió conocer la realidad del funcionamiento de una organización de carácter gubernamental, además de poder obtener la experiencia de conocer los problemas que aquejan los diferentes municipios que conforman la cuenca del Lago Atitlán.
3. No se obtuvo diferencia significativa en el crecimiento del tul cuando hay interacción de los factores tiempo, momento, tratamiento (presencia/ausencia de *Hydrilla*) y presencia/ausencia de algas epifitas.
4. Visualmente se observó un mayor crecimiento en los tallos de tul en los que no había presencia de algas, principalmente en los brotes.
5. La diversidad de taxas no varió entre los estadíos (brotes, tallos juveniles, tallos maduros).
6. La colonización de algas epifitas fue mayor en los brotes y en los tallos maduros.
7. Hubo un mayor crecimiento de los tallos en el tratamiento de presencia de *Hydrilla*, sin embargo, se podría deber a que en esa zona había más radiación solar.

7. RECOMENDACIONES

1. Ampliar el tiempo del estudio del “Efecto del sombreo algal asociado al crecimiento del Tul (*Schoenoplectus californicus*)”.
2. Incluir más muestras y medir por un periodo mayor de tiempo, haciendo uso de diferentes herramientas disponibles e integración de áreas técnicas que permitan la facilitación de toma de muestras.
3. Aumentar los tiempos de muestreos, los cuales pueden ser durante la época seca y la época de lluvias, lo cual nos permita conocer el comportamiento de las algas epífitas.
4. Aumentar los sitios de muestreo, en donde se puedan elegir otras masas tulares en las que se pueda realizar el mismo monitoreo y determinar la abundancia que pueda existir en otro sitio de muestreo del lago.
5. Darle importancia al diseño experimental de análisis de datos por parte del CEMA, en donde el estudiante aprenda a realizar análisis e interpretación de resultados, con programas estadísticos utilizados por las instituciones actualmente.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. American Public Health Association [APHA]. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington American Public Health Association.
2. Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca del lago de Atitlán y su Entorno [AMSCLAE]. (s. f.). *Quiénes somos* [en línea]. Recuperado enero 3, 2017, de http://66.128.53.23/~amsclaeg/?page_id=75
3. AMSCLAE. (s. f.). *Nosotros* [en línea]. Recuperado enero 3, 2017, de <http://amsclae.gob.gt/nosotros>
4. Chamixaes, C. (1991). *Variacao temporal da biomassa, composicao de especies e produtividades das algas perifiticas relacionados com as condicoes ambientais de pequenos rios da bacia hidrografica do Ribeirao do Lobo (Itarapina-SP)*. Tese Doutorado. Brasil: Universidade de Sao Paulo, Brasil.
5. Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP]. (2007). *Plan maestro de la reserva de uso múltiple cuenca del lago de Atitlán 200-2011* [en línea]. Recuperado enero 3, 2017, de <http://www.conap.gob.gt/Members/admin/documentos/documentos-centrodedocumentacion/planes-maestros/Plan-Maestro%20C%20ATITLAN.pdf>
6. DICA/Clima. (2016). *Informe monitoreo climático 2016*. Sololá, Guatemala: Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno [AMSCLAE].
7. DICA/Limnológico. (2016). *Informe monitoreo climático 2016*. Sololá, Guatemala: AMSCLAE.
8. Garret E., C. (2002). *Plantas acuáticas del Parque Nacional Palo Verde y el valle del río Tempisque, Costa Rica*. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad.
9. Giménez, P. T. (2009). *Guía visual de campo macrófitos de la cuenca del Ebro*. España: Cemeyká.
10. Horne, A. J. (1994). *Limnology*. [2nd ed.]. California: McGraw Hill.
11. La Bastille, A. (1988). *Lago de Atitlán*. Nueva York: West of the Wind Publications.
12. Mesa Departamental de Competitividad Sololá. (2012). *Estudio de potencial económico y agenda de competitividad del departamento de Sololá* [en línea]. Recuperado enero 3, 2017, de <http://guatecompetitiva.org/EPACSOLOLA.pdf>

13. Planas, D. (1998). *Anais do IV Congresso latinoamericano de Ficologia*. Sao Paulo: International Institute for Educational Planning [IIEP], y Sociedade Ficológica de América Latina e Caribe.
14. Posada, J. A., y López, M. T. (2011). *Plantas acuáticas del Altiplano del Oriente Antioqueño, Colombia*. Colombia: Universidad Católica de Oriente.
15. Plan Regional de Pesca y Acuicultura Continental [PREPAC]. (2006). *Caracterización del lago de Atitlán con énfasis en la pesca y la acuicultura*. Guatemala: PREPAC.
16. Rodrigues, L., Fonseca, I., Leandrini, J., Felisberto, S., y Silva, E. (2005). Distribuição espacial da biomassa perifítica em reservatórios e relação com o tipo de substrato. **En** Rodrigues, L., Thomaz, L. S., Agostinho, A. A., y Gomes, L. C. (Orgs.). *Biocenoses em reservatórios: Padrões espaciais e temporais*. Sao Paulo: RIMA. (333 p.)
17. Sand-Jensen, K. (1983). Physical and chemical parameters regulating growth of periphytic communities. **En** Wetzel, R. (Ed.). *Periphyton of freshwater ecosystems*. (pp. 63-71). Sweden: Dr. W. Junk Publishers, The Hague.
18. Singh, R., Debarati, P., y Rakesh, J. (2006). Biofilms: Implications in biorremediation. *Trends in Microbiology*, 14, 389-397.
19. Tomassetti, A., y Tommassetti, F. (2005). *Guía de peces de Venezuela*. Asociación Venezolana de Acuariofilia.
20. Winkler, K. (2001). Uso y manejo de la biodiversidad en dos comunidades tz'utujiles de Guatemala. Guatemala: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales [FLACSO].

9. ANEXOS

Anexo No. 1 Boleta de campo para medición de tallos de tul (Fuente: Elaboración propia)

BOLETA DE CAMPO											
Proyecto:									Fecha:		
Responsable:						Participantes:					
Muestra 1	CH/CA	Muestra	7-Nov	9-Nov	11-Nov	14-Nov	16-Nov	18-Nov	21-Nov	23-Nov	
1	B1										
2	B2										
3	B3										
4	B4										
5	B5										
6	J1										
7	J2										
8	J3										
9	J4										
10	J5										
11	M1										
12	M2										
13	M3										
14	M4										
15	M5										
Muestra 2	CH/SA										
16	B1										
17	B2										
18	B3										
19	B4										
20	B5										
21	J1										
22	J2										
23	J3										
24	J4										
25	J5										
26	M1										
27	M2										
28	M3										
29	M4										
30	M5										
Muestra 3	SH/CA										
31	B1										
32	B2										
33	B3										
34	B4										
35	B5										
36	J1										
37	J2										
38	J3										
39	J4										
40	J5										
41	M1										

	42	M2								
	43	M3								
	44	M4								
	45	M5								
Muestra 4	SH/SA									
	46	B1								
	47	B2								
	48	B3								
	49	B4								
	50	B5								
	51	J1								
	52	J2								
	53	J3								
	54	J4								
	55	J5								
	56	M1								
	57	M2								
	58	M3								
	59	M4								
	60	M5								

CH/CA= Con Hydrila/ Con Algas; CH/SA= Con Hydrilla/Sin Algas; SH/CA= Sin Hydrilla/ Con Algas; SH/SA:

Anexo No. 2 Boleta de campo para muestreo de fitoplancton y toma de dimensiones de los tallos de tul.
 (Fuente: Elaboración propia)

BOLETA DE CAMPO / MUESTRAS FITOPLANCTON										
Proyecto:						Fecha:				
Responsable:						Participantes:				
Muestra 1	CH/CA	Muestra	7-Nov		15-Nov		23-Nov		Área	Área
			Largo (cm)	Diámetro (cm)	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Largo (cm)	Diámetro (cm)		
1		B1								
2		B2								
3		B3								
4		J1								
5		J2								
6		J3								
7		M1								
8		M2								
9		M3								
Muestra 2 SH/CA										
10		B1								
11		B2								
12		B3								
13		J1								
14		J2								
15		J3								
16		M1								
17		M2								
18		M3								
19		Muerto								

Anexo No. 3 Boleta de registro de datos de volúmenes de muestras de fitoplancton
(Fuente: Elaboración propia)

MUESTRAS FITOPLANCTON								
Proyecto:					Fecha:			
Responsable:					Participantes:			
Muestra 1	CH/CA	Muestra	7-Nov		15-Nov		23-Nov	
			V _o (mL)	V _r (mL)	V _o (mL)	V _r (mL)	V _o (mL)	V _r (mL)
	1	B1						
	2	B2						
	3	B3						
	4	J1						
	5	J2						
	6	J3						
	7	M1						
	8	M2						
	9	M3						
Muestra 2	SH/CA							
	10	B1						
	11	B2						
	12	B3						
	13	J1						
	14	J2						
	15	J3						
	16	M1						
	17	M2						
	18	M3						
	19	Muerto						

Anexo No. 4 Recolección de muestras de macroinvertebrados como parte del monitoreo de ríos.



Anexo No. 5 Sitio de muestreo destinado para aplicar el tratamiento “Sin Hydrilla”.



Anexo No. 6 Sitio de muestreo destinado para aplicar el tratamiento “Con Hydrilla”.



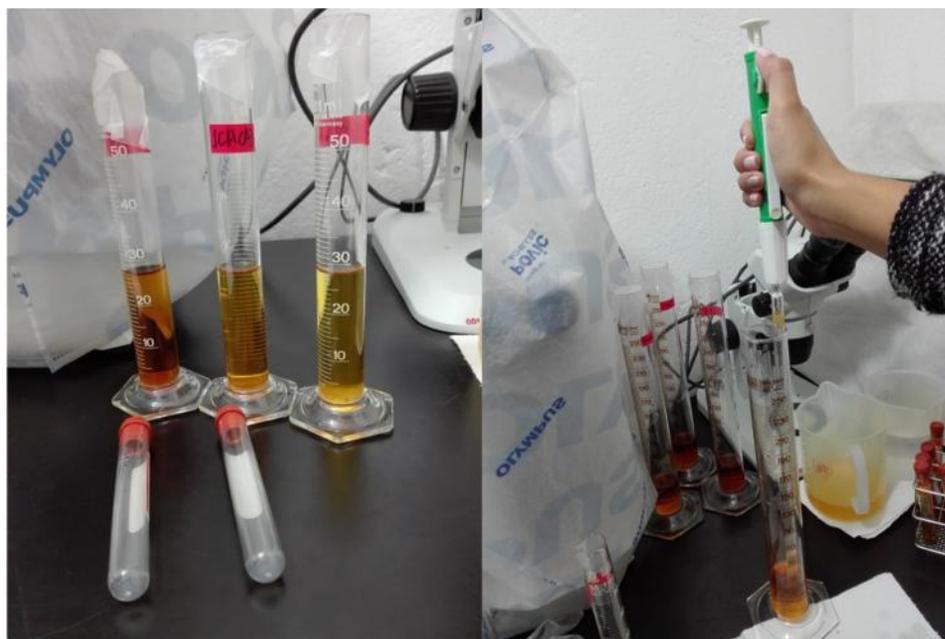
Anexo No. 7 Marcaje de los tallos de tul en el sitio de muestreo seleccionado.



Anexo No. 8 Tallos de tul debidamente marcados utilizando flying tape con los datos correspondientes a cada estadio y tratamiento utilizado.



Anexo No. 9 Proceso de preparación de muestras para análisis e identificación de especies de microalgas.



Anexo No. 10 Géneros identificados durante el análisis y conteo realizado en el laboratorio de DICA/AMSCLAE. De izquierda a derecha: *Staurastrum*, *Fragilaria*, *Mougeotia*, *Closterium*, *Ceratium* y *Cymbella*. (Fuente: Trabajo de campo)

