

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
PROGRAMA DE EXPERIENCIAS DOCENTES CON LA COMUNIDAD
SUBPROGRAMA EDC-BIOLOGÍA

INFORME FINAL INTEGRADO DE EDC

HERBARIO UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA – USCG
CENTRO DE ESTUDIOS CONSERVACIONISTAS – CECON
PERÍODO DE REALIZACIÓN
ENERO 2011 – ENERO 2012

EDWIN GEOVANNI REYES MARTÍNEZ
PROFESOR SUPERVISOR DE EDC: Lic. GABRIELA ARMAS

PARTE I – SERVICIO Y DOCENCIA..... Página 03.

PARTE II – INVESTIGACIÓN..... Página 22.

PARTE I

SERVICIO Y DOCENCIA

ÍNDICE

Parte I – SERVICIO Y DOCENCIA

No.	Contenido	Pag
I.	Introducción	05
II.	Cuadro resumen de las prácticas de EDC	06
III.	Actividades realizadas durante la práctica de EDC	06
III.a	Actividades de Servicio	06
III.b	Actividades de Docencia	09
IV.	Actividades no planificadas	11
V.	Referencias bibliográficas	17
VI.	Anexos	18
VI.1	Diploma de Participación en Seminario Manglares	18
VI.2	Diploma de Participación por asistencia al curso: Introducción al método fitosociológico ..	19
VI.3	Diploma de participación en taller «Introducción a la colecta, preservación e identificación de hongos e insectos fungívoros».	20
VI.4	Constancia-carta de participación en Semana Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación ..	21

I. INTRODUCCIÓN

El informe final es un documento que permite apreciar objetivamente el desempeño realizado en actividades de servicio, docencia e investigación llevados a cabo durante los meses correspondientes al primer semestre (Alquijay *et al.*, 2011 y Álvarez, 2001). Este informe final de actividades es fundamental porque contribuye en la preparación integral como futuro profesional de las ciencias biológicas (Alquijay *et al.*, 2011 y Bota, 2002). El informe final es importante porque permite adquirir habilidades para presentación oral de informes sobre trabajos académicos o proyectos posteriores que rutinariamente se estarán realizando (Alquijay *et al.*, 2011 y Escorcia, 2009). Sin embargo el presente documento es un informe que recopila detalladamente todas las actividades de docencia y servicio que fueron realizadas en la unidad de práctica durante las prácticas de EDC integrado.

Durante el transcurso del tiempo asignado en la unidad de práctica se realizaron actividades de servicio y docencia que fueron planificadas previamente a realizar un plan de trabajo. En actividades de servicio se cumplió con el tiempo asignado satisfactoriamente. Sin embargo las actividades planificadas de servicio no fueron completadas debido a que dentro de la unidad de práctica el asesor institucional sugirió tomar actividades que eran prioritarias para la unidad de práctica. Siendo la actividad de montaje de especímenes la que se realizó en mayor proporción. En cuanto a actividades de docencia también se completó el tiempo programado en el plan de trabajo. No obstante algunas actividades no fueron completadas por motivos logísticos de las personas encargadas de impartir el curso. Para completar las horas programadas se tomaron otros cursos que surgieron durante el período establecido para la práctica.

La realización de actividades de docencia y servicio fueron de gran valor académico y personal. Fue una oportunidad para poner en práctica los conocimientos adquiridos durante los primeros tres años de la carrera. Así también participar de actividades laborales que cotidianamente son realizadas por personas para beneficio de la sociedad guatemalteca. Por tanto el producto obtenido con actividades de servicio y docencia es un componente importante que contribuye al un óptimo desempeño en diversas actividades como futuros profesionales de las ciencias biológicas.

II. CUADRO RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE EDC

Programa Universitario	Nombre de la actividad	Fecha de la actividad	Horas de EDC ejecutadas
Servicio y docencia	Elaboración de Diagnóstico, Plan de Trabajo e Informes	Enero-Junio	70/70 h.
Servicio	Servicio preestablecido-Colecciones Zoológicas	Enero-Febrero	40/40 h.
Servicio	Servicio preestablecido-Colecciones Botánicas	Enero-Febrero	40/40 h.
Total servicio preestablecido			150 h
SERVICIO (364 h)			
Servicio Planificado			
Identificación de Especímenes		Febrero	5/80 h
Mantenimiento de la Colección		Febrero-Junio	193/64 h
Mantenimiento de la Base de Datos		---	0/10 h.
Actualización de Nomenclatura de Plantas		Febrero-Abril	5/10 h.
Colecta de Especímenes		---	0/50 h.
Total servicio planificado			203 h
Servicio No planificado			
Participación en Stand de CECON en la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología		Abril	4 h
Participación en elaboración de artículo sobre plantas acuáticas estrictas en la revista investigación y ciencia de CECON		Mayo - Junio	7 h
Total servicio no planificado			11 h
Suma servicio planificado y no planificado			364 h
DOCENCIA (156 h)			
Docencia planificada			
Curso Método Fitosociológico		Febrero	12/12 h
Curso de Briofitos: filogenia, taxonomía, ecología y restauración		Marzo-Abril	0/12 h.
Cultivo y Reproducción de Orquídeas		Marzo-Mayo	05/36 h.
Programa basado en la experiencia relacionado con ecosistemas de manglares		Junio-Julio	75/96 h.
Total docencia planificada			92 h
Docencia no planificada			
Seminario de Manglares		18 Febrero 2011	7 h
Asistencia a Conferencias de la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología		06 Abril 2011	5 h

Introducción a los Sistemas de Información Geográfica	05 Abril 2011	4 h
Charla: Procedimiento para Tramitar permisos de Colecta	21 Marzo 2011	2 h
Proyecto Gas Licuado de Petróleo en Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique (RVS Punta de Manabique)	01 Abril 2011	1 h
Análisis de Prospección Minera en Arenas del Pacífico y posibles impactos	21 Marzo 2011	1 h
Moluscos de Ecosistemas de Manglar	01 Abril 2011	1 h
Método para realizar una extracción polínica sencilla	16 Abril 2011	3 h
Taller informativo sobre investigación en Jardín Botánico. Tema de investigación: Deposición y espectro de polen urbano en el jardín botánico, Ciudad de Guatemala	09 Mayo 2011	20 h
Taller «Introducción a la colecta, preservación e identificación de hongos e insectos fungívoros»	27-30 Junio 2011	20 h
Total docencia no planificada		64 h
Suma Docencia planificada y no planificada		156 h

III. ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA DE EDC

a. ACTIVIDADES DE SERVICIO

Actividad de servicio No 1. **Mantenimiento de la Colección.**

Tarea No 1.1 **Digitalización de especímenes de la Colección.**

- Objetivo: establecer una base de datos con imágenes de los especímenes que se encuentran depositados en la colección.
- Descripción y Procedimiento: Esta actividad es realizada comúnmente dentro de un herbario. Se trata de obtener una colección digital de los especímenes con el fin de minimizar la consulta en físico, evitando el deterioro de los mismos. Esto aumenta la duración de los especímenes dentro de la colección. Lo que se hace es tomar los especímenes de la Colección y se colocarlos en el escáner, seguidamente se hacen ajustes de imagen para estandarizar el formato, y finalmente se guardan en carpetas según familia, género y especie.
- Resultados finales: Ingreso de las siguientes familias: *Hymenophyllaceae*, *Gleicheniaceae*, *Cyatheaceae*, *Lycopodiaceae*, *Equisetaceae*, *Blechnaceae*, *Anemiaceae*, *Lygodiaceae*, *Thelypteridaceae* entre otras.
- Objetivos alcanzados: se digitalizó parcialmente los especímenes de helechos en el armario uno (1) de la Colección.
- Limitaciones o dificultades presentadas: El proceso de escaneado tardó algunos minutos porque el disco duro de la computadora disminuye su capacidad al almacenar archivos.

Tarea No 1.2 **Montaje de Especímenes: Coser-Pegar.**

- Objetivo: Pegar y coser algunos de los especímenes encontrados en el armario durante el tiempo de realización del servicio de la unidad de práctica.
- Descripción y Procedimiento: El montaje de especímenes es una actividad donde una planta se pega a papel libre de ácido y se ajusta con hilo para evitar su desprendimiento, debido a que el efecto de sujeción del pegamento no es duradero. El procedimiento es aplicar una porción de pegamento en tallo y otras partes del espécimen. Se deja secar por algunos minutos y después se emplea una aguja de mano con hilo y se hacen costuras en regiones que aseguren la sujeción de la planta al papel.
- Resultados finales: pegar y coser fueron actividades realizadas en momentos diferentes. Se pegaron todos los especímenes que contaban con etiqueta y después se cosieron algunos localizados en el armario donde se encuentran plantas para montar.
- Objetivos alcanzados: se adquirieron habilidades necesarias para poder aplicar goma en puntos importantes como tallo y base de las hojas. También realizar costuras en tallos y rizomas en caso de helechos, donde se logra una mayor fijación del espécimen, el producto obtenido es un espécimen que puede durar varios años depositado en el armario que le corresponde dentro de la Colección.
- Limitaciones o dificultades presentadas: ninguna.

Actividad de servicio No 2. **Actualización de Nomenclatura de Plantas**

- Objetivo: Modificar y actualizar la nomenclatura de algunos especímenes depositados en la colección del Herbario.
- Descripción y Procedimiento: La nomenclatura botánica es un sistema que asigna un lugar a una planta dentro de un sistema de clasificación. Este sistema se basa en una serie de características únicas desde especie hasta niveles superiores de agrupación del reino *Plantae* como son género, familia, orden, clase y filo. En la actualidad con el avance en las investigaciones sobre genética y biología molecular, herramientas poderosas en la sistemática y filogenia así como la morfología, han cambiado de lugar varias especies dentro de la clasificación taxonómica. Los cambios que frecuentemente se dan son a nivel de familia. Esta información se encuentra disponible en bases de datos por medio de internet. Para corroborar el nombre se utiliza una computadora con servicio de internet. El sitio utilizado es la base de datos en internet Tropicos (<http://www.tropicos.org>), el cual proporciona información sobre los últimos cambios sobre taxonomía de plantas. La página web desplegó un menú en donde se encuentran un campo en el cual se escribe el nombre científico de la planta. Seguidamente después de escribir el nombre se le da aceptar y aparece una pantalla con la información actualizada de la planta. Posteriormente se elabora una nota donde se escribe el nuevo nombre y la fecha cuando se redactó. Por último se aplica pegamento en un extremo vertical de la nota y se adhiere al papel libre de ácido.
- Resultados finales: mantenimiento parcial de especímenes de la Colección.
- Objetivos alcanzados: se aprendió el proceso para determinar el nombre aceptado de plantas utilizando la base de datos en línea *Tropicos*.
- Limitaciones o dificultades presentadas: ninguna.

Actividad de servicio No 3. **Identificación de Especímenes**

- Objetivo: Contribuir con actividades de determinación de plantas que se encuentran almacenadas y que anteriormente pasaron por un proceso de cuarentena.
- Descripción y Procedimiento: según el espécimen y las estructuras que presenta, el método a seguir para su determinación puede variar. Generalmente es preferible que la planta cuente con los órganos reproductores ya que la mayoría de claves taxonómicas utilizan mucho estos órganos porque presentan mayor variabilidad dentro de las especies. Sin embargo no siempre es posible coleccionar flores. El siguiente procedimiento fue el que se utilizó para determinar las plantas indicadas posteriormente: se sumerge una flor en agua jabonosa de la planta, luego se coloca en un vidrio de reloj y seguidamente se posiciona bajo el estereoscopio para observar las partes reproductivas importantes para la determinación taxonómica. El Herbario cuenta con la Flora de Guatemala y Flora de Nicaragua y otras más, así como monografías de familias, y también con claves taxonómicas de autores como Hutchinson y Arthur Cronquist que también están disponibles para su consulta.
- Resultados finales: Identificación de una planta de la familia *Fabaceae* (*Rynchosia* sp) y una *Bryophyta*.
- Objetivos alcanzados: se practicó una identificación botánica de especies con la flora de Guatemala.
- Limitaciones o dificultades presentadas: ninguna

b. **ACTIVIDADES DE DOCENCIA**

Actividad de docencia No 1. **Método Fitosociológico.**

- Objetivo: Participar en clases magistrales del método fitosociológico para identificar, interpretar y catalogar comunidades vegetales.
- Descripción y Procedimiento: El método fitosociológico se impartieron clases magistrales sobre el método fitosociológico por parte del Ph.D. Antonio García Fuentes del grupo de Geobotánica y Palinología de la Universidad de Jaén, España.
- Resultados finales: Identificación de comunidades vegetales e interpretación de paisajes vegetales.
- Objetivos alcanzados: Adquisición de conocimiento para establecer comunidades vegetales en base a datos climatológicos y características de las especies que conforman una comunidad.
- Limitaciones o dificultades presentadas: La fase de práctica en el campo no se pudo realizar por falta de tiempo para realizar la salida de campo.

Actividad de docencia No 2. **Cultivo y Reproducción de Orquídeas.**

- Objetivo: Manejar las técnicas en el cultivo de Orquídeas y comprender su mecanismo de reproducción.
- Descripción y Procedimiento: La familia *Orchidaceae* es probablemente la familia más grande de plantas con flores. La mayor parte de especies son epífitas. Se encuentran

presentes en los trópicos y montañas tropicales. Muestran una gran diversidad en estructuras florales pero las funciones vegetativas son monótonamente uniformes. Sin embargo hay otros que afirman que la estructura floral es esterotipada, mientras que la estructura de la planta es marcadamente diversa. Por tanto las condiciones de cultivo y propagación de orquídeas debe cumplir con una humedad relativa en el ambiente que aporte la cantidad de agua para desarrollar su metabolismo así como un sustrato que permita el anclaje. El procedimiento fue el siguiente: clases magistrales. El curso inició con anécdotas sobre las orquídeas y la inclusión del ingeniero en el estudio de Orquídeas. Seguidamente dio a conocer el estado actual de las orquídeas como especies en peligro de extinción. Y posteriormente prosiguió con los procedimientos y materiales para preparar el sustrato en donde se van a cultivar las orquídeas que sean colectadas dentro del Jardín Botánico del CECON.

- Resultados finales: Conocimiento sobre el estado actual, así también diferentes tipos de sustrato que puede usarse para sembrar orquídeas.
- Objetivos alcanzados: se observó la demostración de cómo sembrar orquídeas. Y los requerimientos para el cultivo de Orquídeas dentro del Invernadero del Jardín Botánico.
- Limitaciones o dificultades presentadas: el Ingeniero encargado de impartir el curso no puede hacer regulares las clases todos los viernes, sino que dependerá del tiempo del que disponga para desarrollar las clases dentro del Jardín Botánico, debido a que tiene otros compromisos que cumplir.

Actividad de docencia No 3. Talleres de Validación y Socialización de la Estrategia de Educación Ambiental 2011 – 2015 para la Reserva Natural de Usos Múltiples «Monterrico», Santa Rosa, Guatemala. Junio – Julio 2011.

- Objetivo: Apoyar en actividades del Programa basado en experiencias relacionado con ecosistemas de manglares.
- Descripción y Procedimiento: se investigará sobre los ecosistemas de manglares, posteriormente se dará charlas a niños comprendidos entre las edades de 9 a 12 años; además incluirá un recorrido por el manglar donde se dará a conocer la importancia que tiene el ecosistema de manglar en la protección de costas contra las olas y la erosión eólica; la moderación de los efectos provocados por tormentas y ciclones costeros; el establecimiento de refugio y hábitat de una fauna diversificada, especialmente la avifauna; el efecto de depósito para los nutrientes y reducción de las cantidades excesivas de agentes contaminantes; y la contención de sedimentos de los escurrimientos de tierras altas, garantizando la protección de arrecifes costeros y reduciendo la turbidez del agua.
- Resultados finales: Se contribuyó con la enseñanza de la educación ambiental enfocado en los ecosistemas de manglares, a través de la elaboración de parte de un recorrido por el manglar, la cual contiene información de la biología del ecosistema de manglar así como el equipo, y recursos económicos y humanos necesarios para implementar la herramienta de educación.
- Problemas y limitaciones presentadas: falta de tiempo así como de recursos económicos. La falta de tiempo por completar horas de EDC durante el mes de junio.

IV. ACTIVIDADES NO PLANIFICADAS

ACTIVIDADES DE SERVICIO NO PLANIFICADAS:

Actividad de servicio No 1. **Semana Nacional de Ciencia y Tecnología.**

- Objetivo: Proporcionar al público información general sobre funciones y obligaciones de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Descripción y Procedimiento: La semana nacional de ciencia, tecnología e innovación está dedicada a divulgar los avances en el campo de la ciencia de proyectos de investigación que se han ejecutado en la Comisión Nacional de Ciencia y tecnología. Además incluye participación de expertos en temas específicos así como otras estudios que se han desarrollado en diversos campo de la ciencia y que han sido relevantes. El programa se desarrollo durante una semana en la cual se impartieron diversas conferencias simultáneamente en otros salones. Así también se abrió un espacio en donde se instaló un stand informativo sobre la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y el Centro de Estudios Conservacionistas que daba información a las personas que llegaban a lkas conferencias. El procedimiento fue hacer acto presencial en espacio asignado a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia en el Centro de Convenciones del Hotel Camino Real, en donde se proporcionaba la información solicitada por personas que se acercaban al stand, y también se repartieron documentos informativos.
- Resultados finales: Se expuso a la población la función que tiene la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia a través del Centro de Estudios Conservacionistas con la biodiversidad de Guatemala y a la vez se distribuían documentos con información de áreas protegidas y de otras dependencias a cargo de la Facultad.
- Objetivos alcanzados: divulgación del papel de la Facultad de Ciencias Químicas y farmacia y el Centro de Estudios Conservacionistas en el estudio de la diversidad biológica de Guatemala.
- Limitaciones o dificultades presentadas: ninguna.

Actividad de servicio No 2. **Elaboración de artículo sobre plantas acuáticas estrictas en la revista investigación y ciencia de CECON**

- Objetivo: Contribuir al conocimiento y estado actual de plantas acuáticas estrictas en Guatemala y proporcionar la cantidad de especímenes depositados en la colección del Herbario.
- Descripción y Procedimiento: se realizó una búsqueda de información sobre plantas acuáticas estrictas en general. Posteriormente se hizo un conteo de los especímenes almacenados en la colección de las especies de plantas acuáticas, finalmente se procedió a entregar el documento para su revisión. En dicha elaboración participaron otras personas con conocimientos en grupos específicos de plantas, tales como: *Monilophyta*, *Asteraceae* y *Bryophyta*. Para la aceptación de la propuesta del articulo primero pasa por un proceso de revisión, donde el articulo es enviado a revisores que realizan las observaciones pertinentes, después es devuelto a los autores para que tomen en cuenta las correcciones, posteriormente

es remitido a la revista. Por ultimo el comité evaluador de la revista determinara si se publica o no la propuesta del artículo científico elaborado en el Herbario.

- Resultados finales: hubo participación en el desarrollo del artículo elaborado por personal del Herbario para publicar en la Revista Ciencia y Conservación del Centro de Estudios Conservacionistas.
- Objetivos alcanzados: se redactó la parte de plantas acuáticas estrictas del artículo científico.
- Limitaciones o dificultades presentadas: ninguna.

ACTIVIDADES DE DOCENCIA NO PLANIFICADAS

Actividad de docencia No 1. **Seminario de Manglares.**

- Objetivo: dar a conocer la importancia de los manglares, avances en su conservación y estudios realizados dentro de los mismos.
- Descripción y Procedimiento: El manglar es una asociación vegetal que se desarrolla en regiones estuarinas de zonas costeras en Guatemala, especialmente donde hay una mezcla de agua marina y agua dulce proveniente del continente. Forman junto con otras plantas refugios que permiten el desarrollo de larvas de peces y crustáceos. Los cuales sostienen a la fauna del lugar y en ciertas épocas a aves migratorias. La cantidad y calidad de recurso que proporciona el manglar hace que sea vulnerable frente a la explotación de los mismos. Por lo que fue necesario crear regulaciones para un uso sustentable de los recursos en todas las áreas donde existe el manglar. Las regiones que presentan este tipo de asociación vegetal se encuentran las zonas costeras de San Marcos, Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa y Jutiapa, así como también en la costa Atlántica en Izabal. Durante el seminario se impartieron conferencias por parte de personas de CONAP, INAB, MARN, SGP y algunos proyectos relacionados con el ecosistema de manglares.
- Resultados finales: Obtención de información sobre el estado actual en el que se encuentra el ecosistema manglar. Situación legal del uso y manejo del manglar respecto a instituciones gubernamentales reguladoras. Conocimiento de los beneficios del ecosistema manglar respecto a pesquería artesanal y comercial locales.
- Objetivos alcanzados: Panorama general sobre la situación de los manglares y actividades que están desarrollando las instituciones antes mencionadas.
- Limitaciones o dificultades presentadas: ninguna.

Actividad de docencia No 2. **Semana Nacional de Ciencia y Tecnología.**

- Objetivo: Estar presente en algunas conferencias organizadas por CONCYT bajo el tema: Las áreas protegidas.
- Descripción y Procedimiento: se estuvo presente en tres conferencias. La primera actividad fue un foro sobre la importancia de las áreas protegidas y los parques nacionales del país. La segunda conferencia trato sobre Biotopos de Guatemala. Y la tercera conferencia fue la

declaración de Guatemala como país megadiverso. Título que ostentan 19 países del mundo los cuales albergan aproximadamente el setenta por ciento de la biodiversidad del planeta.

- Resultados finales: durante las conferencias se pudo obtener un panorama de la realidad en que se encuentran las áreas protegidas nacionales. También se definieron las diferentes categorías en que se pueden encontrar algunas áreas protegidas. También se explicó la importancia de los Biotopos y la situación actual en la que se encuentran. Así como también los beneficios que genera a Guatemala conservar estas áreas protegidas. Por su alta biodiversidad y otras características, Guatemala ingresó hace poco a la lista de países megadiversos del planeta, lo cual obliga al Estado poner más énfasis en la conservación de los recursos naturales.
- Objetivos alcanzados: La obtención del título de país megadiverso fue un estudio que realizaron sobre la diversidad biológica, así como ser centro de origen de algunas especies de plantas de importancia agrícola principalmente entre otras características. También se obtuvo información sobre la situación de biotopos, su función así como la característica que ocupa en de la clasificación dentro del Sistema de Áreas Protegidas.
- Limitaciones o dificultades presentadas: ninguna

Actividad de docencia No 3. **Introducción a los Sistemas de Información Geográfica – SIG.**

- Objetivo: Adquirir conocimientos generales sobre sistemas geográficos usados en Guatemala.
- Descripción y Procedimiento: clases interactivas y magistrales, impartidas por Ing. Daunno Chew. Donde se expuso la teoría y avances en sistemas geográficos en el mundo y en Guatemala principalmente, su importancia en la delimitación y legalización de área protegidas entre otros.
- Resultados finales: conocimiento sobre el papel que tiene los sistemas de información geográfica en la preparación de mapas de áreas protegidas. Manipulación de capas en coordenadas cartesianas y coordenadas UTM.
- Objetivos alcanzados: obtención de información sobre la configuración del programa, como hacer cambio de coordenadas UTM a cartesianas, así como el empleo del *datum* NAD27 para Guatemala.
- Limitaciones o dificultades presentadas: factibilidad de una computadora, sin embargo se solucionó cuando se acopló con otra persona que poseera una. También la falta de tiempo en completar el curso por lo que no se obtuvo el conocimiento completo sino que “solamente generalidades”.

Actividad de docencia No 4. **Charla sobre Procedimiento para Tramitar permisos de Colecta.**

- Objetivo: Aprender generalidades para tramitar licencias y permisos de colecta en el CONAP.
- Descripción y Procedimiento: Según la Ley 4-84 y el reglamento de áreas protegidas toda actividad de investigación o de otro tipo que se realice dentro y fuera de áreas protegidas

debe tramitar su permiso de investigación y colecta. La charla impartida por Lic. Franklin Herrera, la cual consistió en clases magistrales y tiempo para esclarecer dudas.

- Resultados finales: proceso para tramitar licencias y permisos de colecta.
- Objetivos alcanzados: para obtener permisos de investigación y colecta se debe contar con un protocolo el cual es evaluado por el personal de CONAP, también se debe llenar formularios donde se indique el motivo de la investigación y el tipo de colecta así como cantidad de especímenes que serán colectados. Seguidamente se entrega la papelería en la oficina de recepción y se da seguimiento al trámite hasta su notificación.
- Limitaciones o dificultades presentadas: ninguna

Actividad de docencia No 5. **Proyecto Gas Licuado de Petróleo en Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique (RVS Punta de Manabique).**

- Objetivo: Asistir a exposición sobre presentación de Estudio de Impacto Ambiental por parte de consultores de TOMZA S.A. en el RVS Punta de Manabique.
- Descripción y Procedimiento: Actualmente existe una fuerte presión política. Fue una exposición donde se proyectaron con una cañonera, los resultados del estudio de impacto ambiental realizado en RVS Punta de Manabique. La exposición fue parte de un proceso de divulgación de los trabajos realizados por parte de la empresa para permitir el establecimiento de sus instalaciones dentro del RVS.
- Resultados finales: adquisición de conocimientos sobre el papel del CECON en la toma de decisiones de estudios ambientales. El CONAP forma parte del equipo consultivo del CONAP para los asuntos ambientales del país.
- Objetivos alcanzados: se participó en una exposición donde se presentó el informe de impacto ambiental donde se dio a conocer las estadísticas sobre la diversidad biológica del lugar.
- Limitaciones o dificultades presentadas: por limitaciones de tiempo la exposición duró solamente una hora, en donde solamente se expuso sobre los métodos utilizados para el muestreo de organismos.

Actividad de docencia No 6. **Análisis de la Prospección Minera de las Arenas del Pacífico y sus posibles impactos.**

- Objetivo: Asistir a exposición sobre el tema de minería en el país y los posibles impactos en la biodiversidad del lugar.
- Descripción y Procedimiento: Las arenas de las playas del Pacífico muestran altos contenidos de hierro y tierras raras que son una fuente muy importante en la industria. Sin embargo la extracción de estos minerales es invasiva, lo que significa que pone en peligro la biota que está adaptada a vivir bajo y sobre el suelo. Fue una exposición donde se proyectó información general sobre los intereses mineros en la Costa del Pacífico por parte de empresas extranjeras de extracción de minerales.
- Resultados finales: obtención de información sobre la situación de la minería en Guatemala.

- Objetivos alcanzados: se obtuvo información sobre las amenazas de la biota que se encuentra sobre y debajo del suelo así como también las implicaciones que puede tener en el desarrollo turístico de la región.
- Limitaciones o dificultades presentadas: ninguna

Actividad de docencia No 7. **Moluscos de Ecosistemas de Manglar.**

- Objetivo: Conocer los hábitat que presentan más diversidad de moluscos en Guatemala según estadísticas de especímenes colectados.
- Descripción y Procedimiento: Los moluscos son invertebrados de cuerpo blando con una estructura dura, presente en casi todas las especies, denominada concha, que los protege del ambiente externo. Están adaptados a vivir cerca de fuentes de agua para evitar la desecación. En el manglar se encuentran asociados a las raíces adventicias del mangle así como en el fondo del agua. El procedimiento consistió en una exposición donde se proyectó información sobre proyecto de actualización de Colecciones de Universidad de San Carlos de Guatemala y Universidad del Valle de Guatemala.
- Resultados finales: los hábitat que más biodiversidad reflejaron fue en primer lugar gramas marinas, y en segundo lugar los manglares.
- Limitaciones o dificultades presentadas: ninguna

Actividad de docencia No 8. **Método para realizar una extracción polínica sencilla.**

- Objetivo: Conocer el procedimiento así como el equipo necesario para realizar una extracción sencilla de polen.
- Descripción y Procedimiento: El método fue explicado por el Biólogo Carlos Avendaño quien explicó el proceso. El procedimiento consiste extraer el polen obtenido de un recipiente que previamente fue expuesto al ambiente. Después se filtra en dos diferentes filtros para purificarlos y eliminar impurezas. Luego se procede a utilizar ácidos y bases y una centrifugadora para obtener un precipitado de polen que después será aplicado sobre un portaobjetos y sellado con un cubreobjetos. Después se realizarán análisis en el microscopio según la investigación.
- Resultados finales: reconocimiento de la técnica para extraer y purificar polen y hacer preparaciones fijas de material polínico
- Objetivos alcanzados: se realizó una extracción de polen.
- Limitaciones o dificultades presentadas: falta de espacio físico apropiado para realizar análisis químicos.

Actividad de docencia No 9. **Taller informativo sobre investigación en Jardín Botánico. Tema de investigación: Deposición y espectro de polen urbano en el jardín botánico, Ciudad de Guatemala**

- Objetivo: Informar al personal del Jardín Botánico de las actividades de investigación sobre polen, del curso de Investigación Aplicada I que se estará realizando dentro de las instalaciones del Jardín Botánico.
- Descripción y Procedimiento: el polen es son partículas microscópicas que contienen el gametofito masculino de una planta. El proceso de expulsión desde la antera hacia el ovario se le conoce como polinización, en el momento que llega al estigma se inicia la fecundación. Las plantas liberan gran cantidad de polen, especialmente las plantas con polinización anemófila, el cual se dispersa por un lugar y parte de ese polen se deposita por acción de la gravedad y el viento en diferentes áreas del suelo. Para atrapar el polen se pueden utilizar diversos recipientes dependiendo el alcance de la investigación. En el taller se dio a conocer el procedimiento que consistió en preparar una presentación oral para exponer la investigación a Jardineros y personal que labora en el Jardín Botánico.
- Resultados finales: Se proporcionó información general del polen, estudios que se han realizado en otros países y la situación de las investigaciones sobre palinología en Guatemala, sus alcances dentro de la sociedad.
- Objetivos alcanzados: personal del Jardín Botánico recibieron la información de la investigación y aportaron ideas para la metodología de los recipientes que recogerán el polen.
- Limitaciones o dificultades presentadas: ninguna.

Actividad de docencia No 10. **Taller: «Introducción a la colecta, preservación e identificación de hongos e insectos fungívoros».**

- Objetivo: Introducir al conocimiento de insectos que se encuentran en simbiosis con hongos, así como los métodos para coleccionar, preservar e identificar a cada uno de ellos.
- Descripción y Procedimiento: Los hongos son en segundo taxón más diverso después de los insectos, y menos conocido. En función del tamaño se dividen en microhongos y macrohongos. Los macrohongos están formados por varias células alargadas bi o multinucleadas y unidas en cadena formando hifas. La hifa es la unidad básica y estructural de la mayoría de hongos y un conjunto de hifas constituye el micelio o cuerpo vegetativo del hongo. La mayoría de macrohongos se encuentra en el grupo de Basidiomycota y algunos en Ascomycota. En estos hongos se encuentran diversos insectos y otros artrópodos que se alimentan del cuerpo fructífero. El taller consistió en aplicar técnicas de colecta y preservación así como de identificación de especímenes tanto de hongos como de insectos. El taller fue impartido en cuatro sesiones que correspondía a un día cada sesión. El primer día trató sobre generalidades, el segundo día se dieron a conocer los métodos de colecta y preservación, el tercer día se hizo una gira al parque ecológico Florencia donde se puso en práctica los métodos de colecta, y el cuarto y último día se trabajó en la identificación de los especímenes colectados durante la gira.

- Resultados finales: adquisición del conocimiento de hongos e insectos fungívoros, así como los métodos comúnmente utilizados para coleccionar y preservar y las herramientas didácticas como guías de identificación utilizadas para la determinación de las especies coleccionadas.
- Limitaciones o dificultades presentadas: ausencia del primer día de clases por muestreo. Las clases impartidas ese día fueron expuestas brevemente el segundo durante los recesos. El tercer día no se pudo asistir porque era necesario realizar mediciones de material coleccionado durante la gira, sin embargo después fue expuesto por encargadas del curso los procedimientos que se siguieron durante el muestreo de hongos en el parque ecológico Florencia.


V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alquijay, B., G. Armas & E. Enríquez. (2011). Anexo 5 – Guía para la elaboración del informe bimensual de la práctica de EDC-Biología. Programa de EDC-Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. 5p.
2. Álvarez, L. (2001). Contenido mínimo de la presentación del informe final de proyectos FACYT. Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT).
3. Bota, M. (2002). Tesis, monografías e informe: nuevas normas y técnicas de investigación y redacción. Buenos Aires, Argentina: Editorial Biblos. 62p.
4. Dirección General de Docencia. (2002). Convocatoria: Guía para la elaboración de proyectos de investigación. Universidad de San Carlos de Guatemala. 35 pp.
5. Escorcía, O. (2009). Manual para la investigación: guía para la formulación, desarrollo y divulgación de proyectos. Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Facultad de Artes, Universidad Nacional de Colombia. 43p.

2. Diploma de Participación por asistencia al curso: Introducción al método fitosociológico.



3. Diploma de participación en taller «Introducción a la colecta, preservación e identificación de hongos e insectos fungívoros».



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Escuela de Biología: Herbario BIGU, Sección de Macrohongos

Otorgan el presente Diploma a:

Edwin Reyés

Por su participación en calidad de Asistente en el Taller: "Introducción a la colecta, preservación e identificación de hongos e insectos fungívoros", realizado en la Escuela de Biología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del 27 al 30 de junio de 2011, con 17 horas de duración.

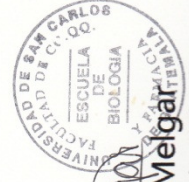
Guatemala, 30 de junio de 2011.



Licda. Roxanda López
Sección Macrohongos, Herbario BIGU



Dr. Sergio Meigat
Director Escuela de Biología



HERBARIO BIGU
ESCUELA DE BIOLOGIA

4. Constancia-carta de participación en Semana Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE CC. QQ. Y FARMACIA
CENTRO DE ESTUDIOS CONSERVACIONISTAS
—CECON—

A QUIEN INTERESE:

Por este medio SE HACE CONSTAR QUE: Pc. **Edwin Reyes**, colaboró en el evento de la semana Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación durante la "Expo-ciencia 2011". El Pc. Reyes colaboró con nosotros el día viernes 8 de abril de 8:00 a 13:00 horas, atendiendo al público que visitó nuestro stand de información.

Sin ningún otro particular se extiende la presente para los usos que al interesado convenga, a los quince días del mes de mayo del dos mil once.

Atentamente,

Albina Aurora López Ortiz
Auxiliar de Investigación Científica I
Centro de Estudios Conservacionistas
Universidad de San Carlos de Guatemala

Avenida La Reforma 0-63, zona 10 CP 01010 — Guatemala, Guatemala, C.A.
Tels: (502) 2331-0904, 2334-7662, 2361-5450, 2361-5451, 2361-5457 y 2332-2985
Fax: (502) 2334-7664 E-mail: cecon@usac.edu.gt

PARTE II
INVESTIGACIÓN

ÍNDICE

No.	Contenido	Pag
I.	Resumen	25
II.	Introducción	25
III.	Planteamiento del problema	26
IV.	Justificación	27
V	Referente teórico	27
VI	Objetivos	30
VII	Hipótesis	30
VIII	Metodología	30
	VIII.1 Diseño	30
	VIII.2 Técnicas a usar en el proceso de investigación	31
	VIII.3 Instrumentos para el registro y medición de las observaciones	32
IX.	Resultados	33
X.	Discusión de resultados	36
XI.	Conclusiones	38
XII.	Recomendaciones	38
XIII.	Agradecimientos	38
XIV.	Referencias bibliográficas	39
XV.	Anexos	42
	A. Resumen de investigación para publicación	42

B. Datos obtenidos durante los tres muestreos en la RNUMM	43
C. Cálculo de pruebas t de student para medias de dos muestras	44
D. Cálculo de coeficiente de correlación	44
E. Gráfica de biomasa versus concentración de amonio, nitrato y fosfato	45
F. Marchas analíticas utilizadas para medir amonio, nitrato y fosfato respectivamente	46
G. Boleta de datos	52
H. Equipo para medición de concentraciones de amonio, nitrato y fosfato	53

I. RESUMEN

Las plantas acuáticas libres flotadoras son consideradas bioindicadoras de calidad en los ecosistemas acuáticos por su capacidad de asimilar altas concentraciones de nitrógeno y fósforo. El objetivo de la investigación fue establecer la relación de biomasa y riqueza de plantas acuáticas libres flotadoras y las concentraciones de amonio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) y fosfato (PO_4^{3-}) en dos condiciones diferentes de actividad antropogénica dentro de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico. El levantamiento florístico se realizó en parcelas de un metro cuadrado localizadas en diferentes secciones del canal en dos condiciones diferentes: área de influencia directa de actividad antropogénica y área de influencia indirecta de actividad antropogénica. Se compararon los datos obtenidos en ambas condiciones, y se concluyó que hubo diferencia en la biomasa total de ambas áreas con influencia antropogénica; así como también las concentraciones de amonio, nitrato y fosfato. Se encontró una relación entre el aumento de biomasa total y la disminución de amonio y fosfato. Por otro lado los valores de concentración de nitrato fueron muy bajos que la sonda no medía concentraciones menores a milésimas de concentración. En todos los sitios a excepción de uno se encontró la especie *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms. Se recomienda realizar estudios de este tipo en las estaciones seca y lluviosa durante un año.

II. INTRODUCCIÓN

Las plantas acuáticas o macrófitas vasculares son plantas que viven en el agua, en suelo cubierto de agua o en suelo saturado de agua (Sculphorpe, 1967). Existen varias clasificaciones de plantas acuáticas de acuerdo a ciertas características. Una de ellas es la que corresponde a las plantas acuáticas libres flotadoras, de las cuales se ocupó este estudio. Estas plantas se caracterizan principalmente por no tener raíces ancladas al sustrato (Lot y Novelo, 2004).

La Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico se encuentra ubicada en una zona donde la mayor parte corresponde a cuerpos de agua (CECON y CONAP, 1999). Esto permite el desarrollo de una variedad de plantas acuáticas libres flotadoras en la mayor parte de la extensión territorial. La presencia de plantas acuáticas en diversidad de hábitat es fundamental en el equilibrio y desarrollo de la vida acuática (Pedralli, 2003). Son los productores primarios en conjunto con las macroalgas y fitoplancton (Bini y Thomaz, 2003). Las plantas acuáticas sirven de hábitat a comunidades de crustáceos, insectos, gusanos de vida acuática, intervienen en la alimentación y refugio de peces, aves y animales (De Melo et al., 2003).

La contaminación de los cuerpos de agua puede alterar la dinámica de las poblaciones de plantas acuáticas libres flotadoras (Bini y Thomaz, 2003). Entre los efectos negativos que puede ocasionar la contaminación se encuentra la obstrucción de canales para la navegación, procesos de eutrofización, entre otros (Bini y Thomaz, 2003). El canal es una vía importante de transporte para personas y mercadería, y en ciertos lugares se convierte en la única vía de acceso a su comunidad (CECON y CONAP, 1999).

Varios estudios han sido realizados en otros países, especialmente en Estados Unidos de América donde hay programas para el control y manejo de malezas acuáticas (Maine Center For Invasive

Aquatic Plants (MCIAP) y Maine Volunteer Lake Monitoring Program (MVLMP), 2007). Las malezas son plantas que crecen rápidamente, cubren un gran espacio, y por lo general crean dificultades desde un punto de vista antropocéntrico (Lambers et al., 2008). Las malezas se desarrollan debido a que asimilan fósforo y nitrógeno disponibles en altas concentraciones en los cuerpos de agua. Por eso es importante regular y manejar la cantidad de desechos que se producen en las comunidades.

Para llevar a cabo esta investigación se definieron dos áreas con características particulares. La primera correspondió a sitios que se encontraban en áreas con influencia directa de actividad antropogénica. En esta área se localizaban los muelles de Monterrico y La Avellana. Estos sitios presentan poblados en sus orillas que tienen una interacción directa con el cuerpo de agua del canal. Por lo tanto, en estos lugares es más notoria la contaminación. La segunda condición corresponde a sitios de Pesca y Turismo. En estos espacios del canal se practica la pesca artesanal y actividades turísticas como el avistamiento de aves (CECON y CONAP, 1999).

El objetivo de la investigación fue establecer la relación de biomasa y riqueza de plantas acuáticas libres flotadoras y las concentraciones de amonio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) y fosfato (PO_4^{3-}) en dos condiciones diferentes de actividad antropogénica dentro de la RNUMM. Así como describir la presencia de plantas acuáticas libres flotadoras en áreas de influencia directa e indirecta de actividades antropogénicas.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Reserva Natural de Usos Múltiples de Monterrico es un humedal tipo estuarino que interactúa continuamente con diversas actividades humanas dentro de sus límites. Buena parte de la extensión territorial de la Reserva es empleado para ganadería, agricultura y vivienda (Vásquez, 2001). Sin embargo se desarrollan otras actividades como turismo y comercio que utilizan el canal de Chiquimulilla y sus canales secundarios como medio de transporte, usando embarcaciones pequeñas para movilizar personas y objetos hacia diferentes lugares (Vásquez, 2011).

El canal es un receptor de aguas servidas de todas las comunidades. Los productos de desecho son vertidos directamente hacia el cuerpo de agua (CECON y CONAP, 1999). Además es importante mencionar que la contaminación de las aguas del canal también se ve afectada por actividades que se llevan a cabo fuera de los límites de la Reserva (CECON y CONAP, 1999).

Estas actividades contribuyen a la aportación de nutrientes que suministran fósforo y nitrógeno a las aguas del canal. Estos son elementos indispensables en las actividades metabólicas de las plantas (Kirkham, 2005). Las plantas acuáticas, en especial las flotantes libres como *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms han sido estudiadas ampliamente respecto a su crecimiento y alta capacidad de adquirir nutrientes (Bini y Thomaz, 2003).

IV. JUSTIFICACIÓN

Las plantas acuáticas son macrófitos que cumplen funciones ecológicas básicas en el funcionamiento de diversos ecosistemas acuáticos (Reyes et al., 2009). La contaminación de los cuerpos de agua, por medio de aguas servidas de diversos orígenes, ricas en nutrientes, contribuye a la propagación masiva de estas plantas (Benítez, 2008). Así como también los nutrientes aportados contribuyen a la formación de malezas acuáticas, las cuales son (Henderson et al., 2003). Estas malezas, tal como *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, pueden impedir el traslado de embarcaciones en algunas secciones del canal de Chiquimulilla y canales secundarios.

La información obtenida en este estudio aporta información que puede ser consultada como material de apoyo para orientar la toma de decisiones en propuestas de reducción de aguas servidas, o bien la implementación de programas que disminuyan la carga de nutrientes que son vertidos hacia las aguas del canal de Chiquimulilla dentro de la Reserva.

V. REFERENTE TEÓRICO

ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico – RNUMM – fue creada por Acuerdo Gubernativo del 16 de diciembre de 1977. Se encuentra ubicada en la franja costera del Océano Pacífico a 126 Km de la Ciudad de Guatemala (Vásquez, 2001). Está localizada entre los municipios de Taxisco y Chiquimulilla del departamento de Santa Rosa.

La RNUMM está delimitada por coordenadas cartográficas entre los meridianos 90°26'21'' y 90°30'14'' longitud oeste, y los paralelos 13°58'28'' y 14°0'38'' (Centro de Estudios Conservacionistas [CECON] y Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], 1999)., y con una altitud de dos metros sobre el nivel del mar (2 msnm) (Prera, 2002). Tiene una extensión de 2800 Ha (28 Km²) de las cuales el 70% son áreas acuáticas (estuarinas y marinas) y el 30% son terrestres (Prera, 2002).

Posee una temperatura media anual de veintiséis grados centígrados (26°C), una humedad relativa de ochenta y cuatro por ciento (84%), y una precipitación medial anual de mil quinientos veinte y siete milímetros cúbicos (1527 mm³). El clima de la región es cálido húmedo (Vásquez, 2001).

Actualmente es administrada por el Centro de Estudios Conservacionistas – CECON – una dependencia de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Actualmente el CECON, es el ente encargado de la conservación de los recursos naturales en Guatemala, el cual promueve la investigación de los mismos (CECON y CONAP, 1999).

CONTEXTO SOCIOECONÓMICO

En la RNUMM se llevan a cabo diversas actividades que contribuyen a la economía de los pobladores para su sostenimiento. La agricultura constituye uno de los principales rubros de ingresos económicos en términos productivos. En ciertas áreas dentro de la Reserva se cultiva maíz, ajonjolí, pashte y sandía principalmente (CECON Y CONAP, 1999).

También se desarrollan actividades turísticas, las cuales consisten en recorridos por los canales de la Reserva, así como también la liberación de tortugas *Lepidochelys olivacea* y/o *Dermochelys coriaca* por parte del tortugario. Además en la Aldea Monterrico se localiza infraestructura turística que ofrece comedores, hoteles, pensiones, lanchas y lanchones, y taxis (pick-up) (CECON y CONAP, 1999).

La pesca es una actividad determinante para muchas familias dentro de la Reserva porque representa el sustento diario, tanto para consumo como fuente de ingresos económicos. Esta actividad se realiza a menor escala en el mar, y tiene mayor presión en el canal. Además contribuye con insumos (peces, camarones entre otros) para restaurantes de poblaciones y hoteles (CECON y CONAP, 1999). Entre otras actividades que se realizan dentro de la reserva están la extracción de mangle y caza de iguanas, ambas reguladas legalmente (CECON y CONAP, 1999).

HUMEDALES

Los humedales son generalmente ecosistemas altamente productivos que proveen variados e importantes beneficios a la sociedad. El humedal recarga los mantos acuíferos con la entrada del agua al subsuelo; tiene control de inundaciones porque retiene agua; provee sitios para colectar especies comerciales y de investigación; y sus componentes estéticos de paisaje, religioso o cultural (Vásquez, 2001). Los beneficios que aportan los humedales están el equilibrio hidrológico, provee protección a la tierra al estabilizar el litoral y la ribera de ríos reduciendo la energía de corrientes, olas, tormentas, y erosión eólica y pluvial. Las raíces facilitan la retención de suelo y sedimentos. Los manglares ayudan a reducir la fuerza de huracanes y tormentas costeras ganando terreno al mar. También depuran el agua, contribuye a la productividad y exportación de biomasa entre otros (Vásquez, 2001). Los humedales pueden ser extensiones como: marismas-pantanos; turberas de agua natural, artificial, permanente o temporal, estancada o con corriente, dulces, salobres o saladas; incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Vásquez, 2001).

Existen varios tipos de humedales. Las RNUMM se clasifica como un humedal tipo estuarino. Éstos son ambientes costeros que tienen conexión con mar abierto. Se caracterizan por la mezcla de agua marina con aportes de agua dulce proveniente del continente y llanuras. La salinidad varía entre 3 y 25 partes por mil (ppmil). Incluye estuarios, deltas, lagunas costeras, esteros, manglares, zonas lodosas, islas e islotes (si están presentes en estuarios) (Vásquez, 2001).

ECOSISTEMA DE MANGLAR

Entre las comunidades marinas, los manglares representan uno de los ecosistemas tropicales más productivos, junto a los arrecifes de coral y las gramas marinas (Hickman et al., 2001). Desde el punto

de vista ecológico, los manglares son áreas tranquilas, de fondos someros que permite el desarrollo de diversidad de organismos (Jiménez y Márquez, 2002). El ecosistema de manglar se caracteriza por presentar predominancia de mangle. En Guatemala se identifican cinco especies: *Rhizophora mangle*, *R. harrisonii*, *Avicenia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* (CONAP, 2008). Así como también una diversidad de plantas acuáticas.

HIDRÓFITAS

Las plantas acuáticas con flores evolucionaron de plantas terrestres, las cuales colonizaron de nuevo el ambiente acuático. Esto impulsó el desarrollo de adaptaciones que permitiera resistir a los nuevos ambientes (Ingrouille y Eddie, 2006).

Las plantas acuáticas son un grupo artificial en el cual se agrupan diversos taxones. Al menos 53 familias tienen representantes acuáticos o de tierras inundables (Ingrouille y Eddie, 2006). En este grupo se incluyen briofitas y principalmente plantas con semillas. Algunas especies han desarrollado adaptaciones morfológicas que permiten la flotación de algunos de sus órganos (Lambers et al., 2006). Entre estas adaptaciones está el desarrollo de un tejido denominado parénquima aerífero, cuya función principal es la aireación y la flotabilidad. Este tejido está compuesto por grandes espacios intercelulares que contienen aire. Específicamente en alguna especies tal como Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y el género *Pistia* poseen pecíolos inflados que funcionan como balsas (Sculthorpe, 1967).

Por sus requerimientos de agua para efectuar su ciclo vital, las plantas acuáticas pueden dividirse en tres grupos: (1) plantas acuáticas estrictas que necesitan el agua para realizar todos sus ciclos vitales (Morales, 2001); (2) plantas acuáticas anfibias, las cuales necesitan del agua para realizar algunos de sus ciclos vitales; y (3) plantas acuáticas tolerantes, que son aquellas que aunque no necesitan agua para ninguno de sus ciclos vitales, pueden tolerar la presencia del agua en alguna época del año (Morales, 2001).

Los principales macronutrientes que utilizan las plantas son el nitrógeno y el fósforo (Taiz y Zeiger, 2002). El nitrógeno forma parte de proteínas estructurales y enzimas principalmente, y lo obtienen de formas como nitrato y amonio (Taiz y Zeiger, 2002). Esto contribuye al aumento en masa de las plantas acuáticas. El fósforo es importante en la formación y almacenamiento de energía, y es obtenido a través de fosfatos (Taiz y Zeiger). Forma parte del ATP, la molécula utilizada para casi todos los procesos metabólicos que realizan los organismos (Taiz y Zeiger, 2002).

La productividad de las plantas acuáticas puede medirse a través de su biomasa. Ésta es una medida que utiliza masa seca de tejido vegetal por unidad de masa fresca, o bien solamente toma el volumen. Sin embargo la densidad no toma en cuenta la presencia de espacios aéreos intercelulares (Lambers et al., 2008).

En otros países utilizan las propiedades de las plantas acuáticas para absorber y asimilar rápidamente nutrientes que se encuentran disueltos en el agua (Taiz y Zeiger, 2002). Además algunas especies tienen la capacidad de atrapar metales pesados tal como aluminio y plomo entre otros metales (Nirman et al., 2008), así como también son utilizados en fitorremediación; éste es un proceso por el cual las

plantas algunas plantas acuáticas mejoran la calidad del agua al transferir y acumular metales y nutrientes en exceso en su biomasa. La fitorremediación es una tecnología innovadora, la cual involucra el uso natural presente en plantas y microorganismos para tratar de restaurar sitios contaminados (Carvalho y Martin, 2001). Ésta técnica se utiliza para remover metales pesados provenientes de aguas contaminadas, las cuales son acumuladas en raíces, tallos y/u hojas (Nirmal et al., 2008).

VI. OBJETIVOS

Objetivo general:

Establecer la relación entre biomasa y riqueza de plantas acuáticas libres flotadoras y las concentraciones de amonio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) y fosfato (PO_4^{3-}) en dos condiciones diferentes de actividad antropogénica.

Objetivos específicos:

- Comparar la biomasa de plantas acuáticas libres flotadoras y las concentraciones de amonio, nitrato y fosfato en áreas de influencia directa e indirecta de actividad antropogénica.
- Comparar descriptivamente la riqueza de plantas acuáticas libres flotadoras en áreas de influencia directa e indirecta de actividad antropogénica.

VII. HIPÓTESIS

Existe relación en la biomasa y riqueza de plantas acuáticas libres flotadoras respecto a las concentraciones de amonio, nitrato y fosfato en el agua de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico.

VIII. METODOLOGÍA

Diseño

Población: Plantas acuáticas libres flotadoras de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico – RNUMM.

Muestra: plantas acuáticas libres flotadoras muestreadas en los cuatro puntos establecidos.

Condiciones: Área con influencia directa de actividad antropogénica y Área con influencia indirecta de actividad antropogénica.

Variables dependientes: Biomasa y Riqueza de especies.

Variable independiente: Concentraciones de amonio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) y fosfato (PO_4^{3-}).

Unidad experimental: 1 parcela de 1m^2 .

Réplicas: 3 réplicas.

Unidad muestral: 1 parcela de 1m^2 .

Técnicas a usar en el proceso de investigación

Recolección de datos: se realizaron tres giras de campo. En cada gira se tomaron muestras de plantas acuáticas libres flotadoras en cada uno de los cuatro puntos de muestreo establecido.

Puntos de Muestreo:

Muelle La Avellana y Muelle Monterrico
Área de pesca artesanal y área turística

Análisis de datos: se va utilizar estadística no paramétrica para el análisis estadístico.

Análisis multivariado: análisis de correspondencia canónica para relacionar distribución de plantas acuáticas libres flotadoras en los diferentes puntos de muestreo, con las concentraciones de amonio, nitrato y fosfato.

Análisis de agrupamiento jerárquico para observar alguna relación de especies en diferentes tratamientos, utilizando el coeficiente de Jaccard.

Los análisis propuestos anteriormente no fueron posibles efectuarlos, debido a que los datos fueron insuficientes para aplicar una estadística de ese tipo. Sin embargo se utilizaron otras pruebas descritas a continuación.

Prueba t de “Student” para demostrar que los valores de biomasa y amonio, nitrato y fosfato fueron diferentes en áreas de influencia directa de actividad antropogénica y áreas de influencia indirecta de actividad antropogénica.

Se hicieron cálculos para obtener las correlaciones lineales de biomasa total con cada uno de las concentraciones de amonio, nitrato y fosfato en todos los sitios muestreados. Los resultados permitieron establecer el tipo de relación y qué tanto se relacionaba.

No se usó el análisis de agrupamiento jerárquico utilizando el coeficiente de Jaccard por no contar con los datos suficientes. El análisis se hizo de forma descriptiva. Se hizo referencia al tipo de especie que se encontró en todos los sitios.

Instrumentos para el registro y la medición de las observaciones

Se utilizaron boletas para anotar y llevar el registro de datos necesarios para el análisis estadístico.

Se usaron tubos PVC de 1 pulgada de diámetro y un metro de longitud para formar un área superficial de 1 metro cuadrado. Las esquinas se unieron con codos para estabilizar el cuadrado.

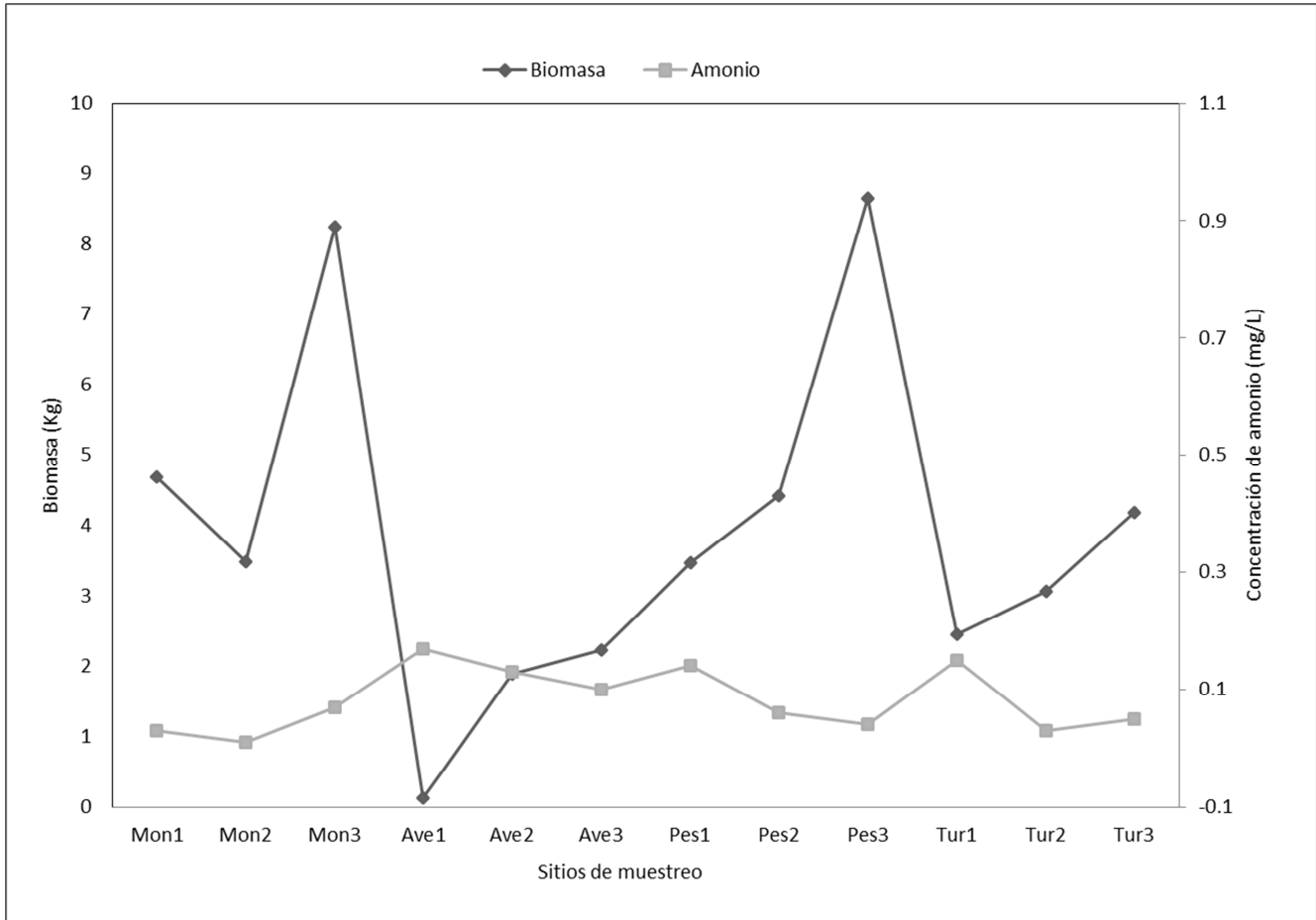
La colecta de las plantas se realizó manualmente y se colocó en bolsas de plástico debidamente identificadas con número de colecta, fecha y nombre del sitio.

Las muestras de agua para análisis de las concentraciones de amonio, nitrato y fosfato fueron tomadas con frascos plásticos debidamente lavados y esterilizados con alcohol etílico al 95%. Posteriormente en el laboratorio se midieron las concentraciones utilizando marchas analíticas diferentes para cada uno de los nutrientes: amonio, nitrato y fosfato. Por último se hicieron las lecturas en el espectrofotómetro.

Las plantas fueron determinadas utilizando muestras herborizadas y asesoría de los investigadores del proyecto de investigación.

IX. RESULTADOS

Figura 1. Comportamiento de la biomasa con las concentraciones de amonio.

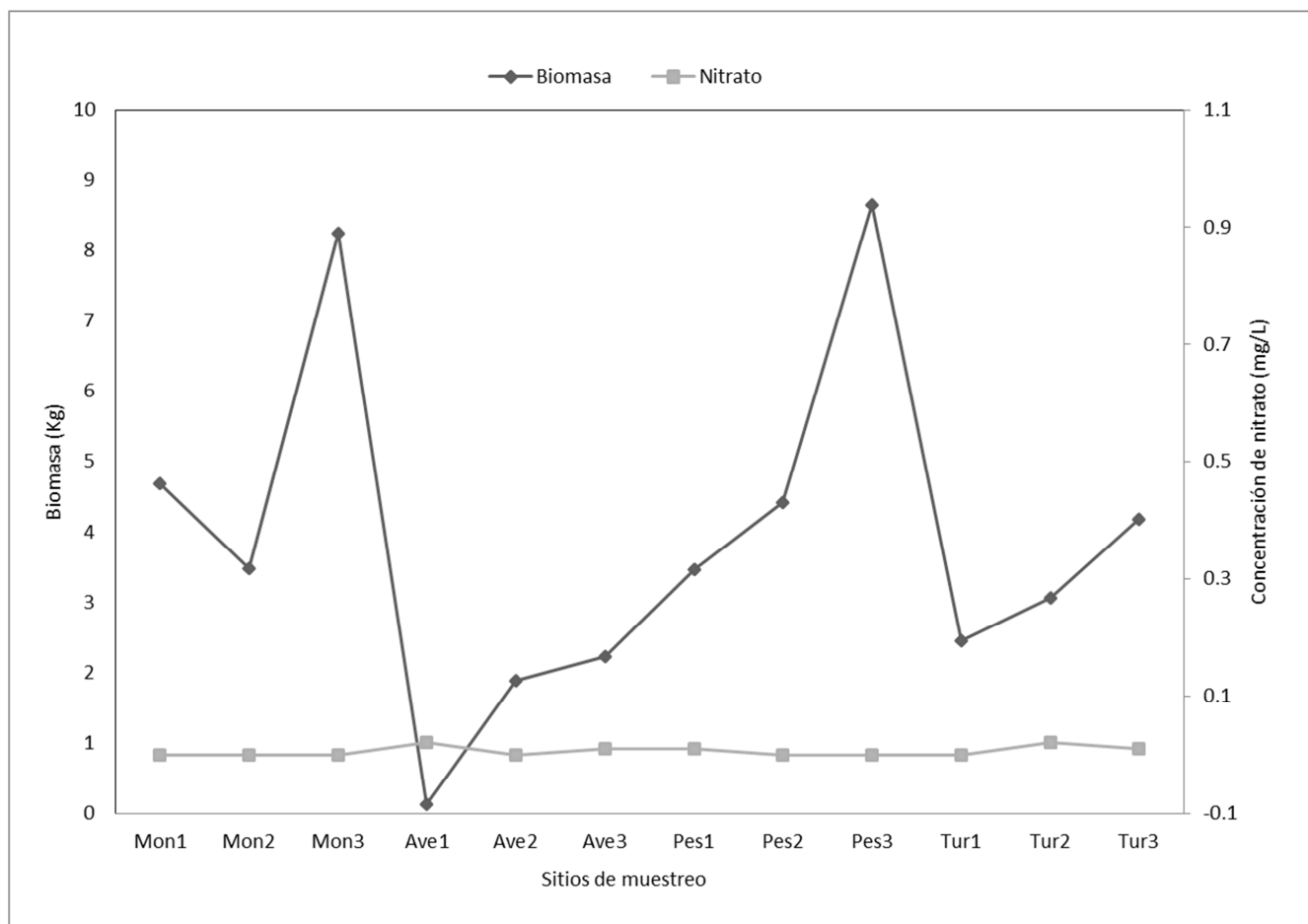


Fuente: datos experimentales.

Se observó una correlación negativa (ver tabla 6) entre la biomasa de plantas acuáticas libres flotadoras y las concentraciones de amonio (a excepción del sitio Monterrico -Mon-) (Fig. 1). En cuanto a la biomasa hubo una tendencia a aumentar mientras que las concentraciones de amonio descendieron en los cuatro sitios durante los tres muestreos. También se observó que las concentraciones iniciales en cada uno de los cuatro sitios son diferentes (ver tabla 3).

El sitio que mostró los valores más altos de concentración de amonio fue La Avellana (Ave). El primer muestreo del sitio La Avellana (Ave1) reflejó un valor inferior respecto a los primeros muestreos de otros sitios (ver tabla 3). En cuanto a la concentración de amonio del sitio Monterrico (Mon) se observó que no hubo descenso en el tercer muestreo, solamente el segundo muestreo presentó disminución en la concentración de amonio.

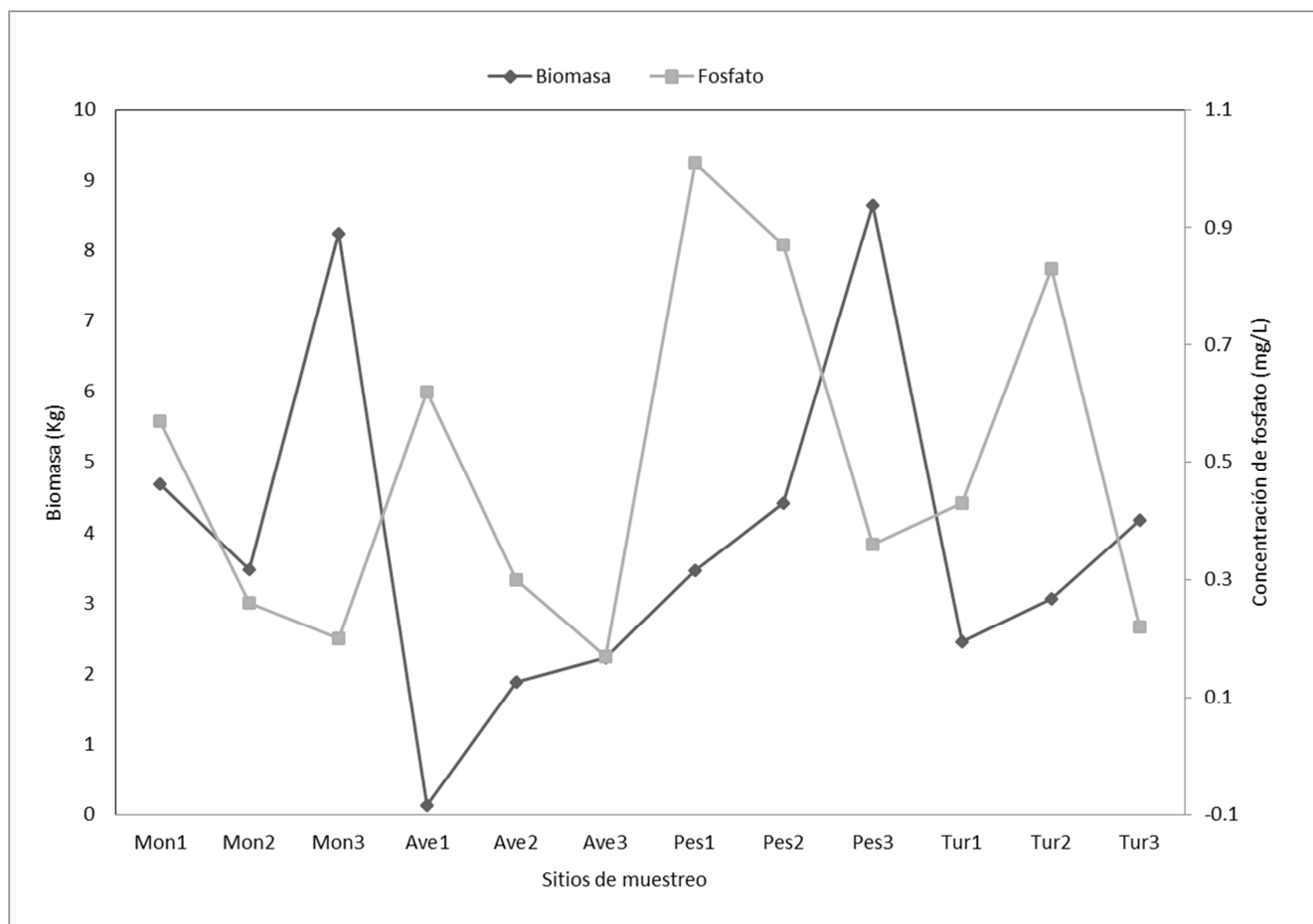
Figura 2. Comportamiento de la biomasa con las concentraciones de nitrato.



Fuente: datos experimentales.

Las concentraciones de nitrato fueron bastante bajas y se mantuvieron casi constantes durante los tres muestreos (Fig. 2, tabla 3). Por otro lado que la biomasa de las plantas acuáticas libres flotadoras aumentó en todos los sitio. Los lugares: La Avellana (Ave), área de pesca (Pes) y área turística (Tur) presentaron concentraciones bajas y con poco descenso en las concentraciones (ver tabla 3). No se registraron valores de concentración en el sitio de Monterrico (Mon), sin embargo la biomasa en este lugar aumentó (ver tabla 3).

Figura 3. Comportamiento de la biomasa con las concentraciones de fosfato.



Fuente: datos experimentales.

En la Fig. 3 se observa que hubo descenso en las concentraciones de fosfato en todos los sitios de muestreo. Al mismo tiempo se apreció que las plantas acuáticas libres flotadoras aumentaron la biomasa. El área de pesca (Pes) presentó el valor más alto de concentración de fosfato, seguido por el área turística (Tur) (ver tabla 3).

Las curvas de biomasa y concentraciones de amonio y fosfato muestran una relación inversamente proporcional con el amonio en todos los sitios, a excepción del nitrato que no muestra patrón alguno debido a que los valores de las concentraciones encontrados fueron bajos, o no se detectaron en algunos casos (ver Fig. 4).

Las plantas acuáticas libres flotadoras fueron encontradas en la ribera de los canales de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico. *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms estuvo presente en todos los sitios muestreados. A excepción del sitio La Avellana (Ave1 y Ave2). En su lugar se colectó *Neptunia natans* W. Theob. *E. crassipes* (Mart) Solms únicamente fue colectada en el tercer muestreo (Ave3) (ver tabla 2).

En el área de Monterrico se colectó solamente *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms. En los sitios: área de pesca (Tur) y área turística (Tur) se colectaron pocas especies de *Pistia stratiotes* (L.) y *Savinia minima* Baker (ver tabla 2) únicamente en el segundo muestreo. El valor de la biomasa realmente fue aportado más por la cantidad de *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms que por *Pistia stratiotes* (L.) y *Salvinia minima* Baker (ver tabla 2).

Se utilizó una prueba t para medias de dos poblaciones para determinar si existía diferencia en la biomasa y concentraciones de amonio, nitrato y fosfato entre el área de influencia directa de actividad antropogénica (AIDAA) y el área de influencia indirecta de actividad antropogénica (AIIAA). El resultado de esta prueba fue que no hubo diferencia en el comportamiento de la biomasa de plantas acuáticas libres flotadoras y las concentraciones de amonio, nitrato y fosfato en ambas áreas (ver tabla 5).

Estas áreas de influencia directa e indirecta de actividad antropogénicas fueron consideradas diferentes al inicio debido a que se encontraban alejados de poblaciones humanas. Sin embargo la similitud que presentaron tanto en biomasa como en concentraciones supone que la contaminación en ambas áreas no varió significativamente durante el tiempo de toma de muestras (ver tabla 5).

Además se calculó el coeficiente de correlación para determinar si estaba relacionada la biomasa con cada una de las concentraciones de amonio, nitrato y fosfato (ver tabla 6). Se encontró que la biomasa y la concentración de amonio estaban relacionadas en los cuatro sitios muestreados. La biomasa y la concentración de nitrato mostró una relación en dos sitios: la Avellana y Pesca, mientras que en el sitio denominado Turismo no hubo relación, y en Monterrico no se registró valor alguno de concentración. Y por último en el caso de la biomasa y la concentración de fosfato estuvo fuertemente relacionada en los sitios: la Avellana y Pesca, por otro lado la relación es débil en los sitios: Monterrico y Turismo.

X. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados indican que las plantas acuáticas libres flotadoras aumentaron su biomasa utilizando concentraciones de amonio y fosfato contenidas en el caudal del canal. Estos nutrientes son importantes para el aporte de nitrógeno y fósforo respectivamente. Debido a que en su metabolismo es necesario incorporar nitrógeno para formar proteínas y fósforo para formar compuestos energéticos como el trifosfato de adenosina (Ingrouille y Eddie, 2006) importante en el metabolismo y el desarrollo vegetativo en general.

Según estudios hechos con plantas acuáticas en acuarios por Waldstad, 2003 demostró que las plantas acuáticas como *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms y *Pistia stratiotes* L. asimilan nitrógeno primariamente en forma de amonio. Es por eso que se observó una relación inversa entre las concentraciones de amonio y fosfato y el valor de la biomasa. Porque cuanto más nitrógeno asimilaban era más fácil formar proteínas que aumentar su tamaño y reproducción. Tomar el nitrógeno en forma de amonio les permite a éstas plantas utilizar menos energía para la asimilación (Waldstad, 2003). La

ausencia de amonio y fósforo limita el crecimiento de estas plantas, según estudios realizados en condiciones de laboratorio por Camargo et al, 2006.

La concentración de nitrato estuvo muy baja y en algunos casos fue ausente. Esto no significa que no se encontraba nitrato en el caudal del canal. La sonda utilizada para medir concentraciones no tiene la capacidad para registrar milésimas de concentración. Por esa razón es que los valores de cero de concentración de nitrato (ver tabla 3) encontrados representan valores demasiado bajos más no ausentes. Sin embargo, en el medio acuático hay otros organismos que compiten por los recursos nitrogenados como el fitoplancton (Camargo et al., 2006, Jácome et al., 2000; Bini y Thomaz, 2008), los cuales podría explicar su bajo contenido durante el tiempo que duró el muestreo. Además se ha demostrado que el nitrato no es utilizado por *E. crassipes* (Mart.) Solms ni *P. stratiotes* L. (Camargo et al., 2008) por lo que su influencia en el aumento de biomasa producto de la asimilación de nitrógeno no es considerable cuando en el medio se encuentra disponible amonio (Waldstad, 2003).

Eichhornia crassipes (Mart) Solms fue la planta que más peso aportó al valor de la biomasa. Las proporciones fueron de 0.90 a 1.00 (ver tabla 2) respecto a las otras plantas colectadas. Además se sabe que *E. crassipes* puede asimilar cantidades mayores de amonio y fosfato (Engelhardt y Ritchie, 2001 y Bini y Thomaz, 2003). Es por eso *E. crassipes* (Mart) Solms que es empleada como planta modelo para la depuración de aguas residuales con contenidos elevados en concentraciones de amonio y fosfato (Jácome et al, 2000 y Pedralli, 2003).

En el caso de *Salvinia minima* Baker se ha demostrado que crece tanto en sitios con concentraciones de amonio o nitrato (Camargo et al, 2006). Además su aporte a la biomasa total fue muy pobre (ver tabla 2), así como también su presencia en los otros sitios (ver tabla 1). Se han reportado estudios con *Salvinia molesta* Mitchell sobre su capacidad para crecer tanto en ambientes acuáticos con elevada o poca concentración de nutrientes (Camargo y Rubim, 2001). Pero no se sabe si *Salvinia minima* Baker podría presentar el mismo comportamiento.

En cuanto a *Neptunia natans* W. Theob se encontró solamente en La Avellana (ver tabla 1). Este lugar se caracteriza por encontrarse cerca el embarcadero. Acá descargaban aguas residuales directamente hacia el caudal del canal. En este sitio se encontró el valor más alto en cuanto a la concentración de amonio. Sin embargo el efecto de absorción de nitrógeno en forma de amonio es poco probable en *N. natans* W. Theob. Esta planta presenta nódulos de fijación donde en simbiosis con bacterias fijadoras obtiene el nitrógeno para su metabolismo (Franco et al., 1998).

Otros factores que posiblemente influyeron en el crecimiento de plantas acuáticas libres flotadoras fueron la temperatura intensidad luminosa y salinidad (Bini y Thomaz, 2003). Estos factores no fueron tomados en cuenta porque no se contó con el equipo adecuado. No obstante estas variables si influyeron en el crecimiento según resultados publicados por Méndez y McDonald, 2011. Hubo un incremento en la presencia de plantas a medida que disminuía la salinidad debido al aumento del caudal del canal. El aumento fue favorecido por la descarga de ríos. Otros países como Brasil se ha

demostrado la relación que existe entre las plantas acuáticas libres flotadoras y el desarrollo condiciones de temperatura, salinidad e intensidad luminosa (Bini y Thomaz, 2003).

Por último el canal de Chiquimulilla es receptor de aguas servidas de ríos donde las actividades industriales y agrícolas vierten productos de desechos como fertilizantes, y otros desechos producidos por asentamientos humanos cercanos a la cuenca de los ríos; además de los poblados encontrados dentro de la RNUMM (CECON y CONAP, 1999). Además, se sugiere que el aumento en la cantidad de compuestos nitrogenados en el agua pueda ser producto de la descomposición natural o microbiana del material nitrogenado orgánico (proteínas vegetales, animales, excretas, sustancias químicas) que se encuentran dentro de los cuerpos de agua de la RNUMM.

XI. CONCLUSIONES

Se pudo observar que el aumento de biomasa en plantas acuáticas libres flotadoras: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms y *Pistia stratiotes* L. principalmente estaban relacionadas con las concentraciones de amonio y fosfato principalmente. Las concentraciones de nitrato no influyeron en el aumento de la biomasa.

Los valores de biomasa demostraron que no hubo diferencia entre el área de influencia directa de actividad antropogénica y el área de influencia indirecta de actividad antropogénica.

Eichhornia crassipes (Mart.) Solms fue la planta acuática libre flotadora que más se encontró tanto en el área de influencia directa de actividad antropogénica como en el área de actividad indirecta de actividad antropogénica. Además fue la especie que más contribuyó en la biomasa de los sitios muestreados. Sin embargo en el sitio La Avellana solamente se encontró durante el último muestreo. Obteniéndose a su vez *Neptunia natans* W. Theob.

XII. RECOMENDACIONES

Se recomienda tomar más puntos de muestreo para obtener una mayor extensión de la RNUMM, debido a que en este estudio no fue posible muestrear más sitios. También tomar muestras abarcando las estaciones seca y lluviosa para observar el comportamiento de las plantas acuáticas libres flotadoras a lo largo de año.

XIII. AGRADECIMIENTOS

Al proyecto de Investigación FODECYT 03-2010 a cargo del Lic. Boris McDonald como investigador principal, Celeste Méndez y Gerson Ochaeta. Por facilitarme los medios necesarios para realizar mi investigación.

A Roxanda López por prestar las instalaciones del Laboratorio de Macrohongos para realizar mediciones de biomasa.

Al Herbario BIGU por prestar las instalaciones del Anexo para secar las plantas colectadas.

A Dr. Dulce Bustamante, Boris McDonald y Mervin Pérez por apoyo en el análisis estadístico.

Y todas las personas que contribuyeron con comentarios y observaciones sobre la investigación.

XIV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Benítez, I.L. (2008). Evaluación de la Distribución de Metales Pesados en las Plantas Acuáticas Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) y Tul (*Typha* spp) utilizadas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Cerra, Villa Canales por medio de Fluorescencia de Rayos X (Tesis de Maestría). Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
2. Bini, L.M. e Thomaz, S.M. (Eds.). (2003). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Paraná, Brasil: Editora da Universidade Estadual de Maringá.
3. Camargo, A.F.M., Henry-Silva, G.G. and Pezzato, M.M. (2008). Grow of free-floating aquatic macrophytes in different concentrations of nutrients. *Hydrobiologia*, 610:153-160.
4. Camargo, A.F.M. and Rubim, M.A.L. (2001). Taxa de crescimento específico da macrófita aquática *Salvinia molesta* Mitchell em um braço do Rio Preto, Itanham, São Paulo. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 13(1):75-83.
5. Cambra, J., Cirujano, S. y Gutiérrez, C. (2005). Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva MARCO del agua: protocolos de muestreo y análisis para macrófitos. Madrid, España: Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio de Medio Ambiente. 41 pp.
6. Carvalho, K.M. and Martin, D.F. (2001). Removal of aqueous selenium by four aquatic plants. *Journal of Aquatic Plant Management*, 39:33-36.
7. Centro de Estudios Conservacionistas (CECON) y Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). (1999). Plan Maestro 2000-2005: Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico. Taxisco-Chiquimulilla, Santa Rosa, Guatemala:
8. Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). (2008). Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico. Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Oficina Técnica de Biodiversidad. Guatemala. 650 p.
9. De Melo, S.M., De Souza-Franco, G.M., Moinkoiski, A. e Takeda, A.M. (2003). Invertebrados asociados às macrófitas aquáticas da panície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. En Bini, L.M. e Thomaz, S.M. (Eds.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas* (pp 243 -260). Paraná, Brasil: Editora da Universidade Estadual de Maringá.
10. Engelhardt, K.A.M. and Ritchie, M.E. (2001). Effects of macrophyte species richness on wetland ecosystem functioning and services. *Nature*, 411: 687-689.

11. Franco, A.A., James, E.K. and Loureiro, M.F. (1998). Nitrogen fixation by legumes in flooded regions. *Oecologia brasiliensis*, 4:195-233.
12. Henry-Silva, G.G, Monteiro, A.F. e Pezzato, M.M. (2008). Factores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. Em Bini, L.M. e Thomaz, S.M. (Eds.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas* (pp 59-84). Paraná, Brasil: Editora da Universidade Estadual de Maringá.
13. Hickman Jr. C.P., Larson, A. and Roberts, L.S. (2001). *Integrated principles of Zoology*. United States of America: McGraw-Hill Interamericana, 918 pp.
14. Ingrouille, M. and Eddie, B. (2006). *Plants: Evolution and diversity*. United States of America: Cambridge University Press. 453 pp.
15. Jácome, A., Lolmede, Tejero, I. y Vidart, T. (2000). Tratamiento de agua residual con elevado contenido de nitratos utilizando reactores biomembrana aireados. *Ingeniería y Agua*, 7(3): 243-254.
16. Lambers, H., Chapin III, F.S. and Pons, T.L. (2008). *Plant physiological ecology*. New York, USA: Springer. (2nd Ed.). 623 pp.
17. Maine Center for Invasive Aquatic Plants (MCIAP) and Maine Volunteer Lake Monitoring Program (MVLMP). (2007). *Maine field guide to invasive aquatic plants: And their common native look alike*. Maine, EUA: J.S. McCarthy Printers. 146 pp.
18. Jiménez, M. y Márquez, B. (2002). Moluscos asociados a las raíces sumergidas del mangle rojo *Rhizophora mangle*, en el golfo de Santa Fe, Estado de Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 50(3/4): 1101-1112.
19. Morales, J. (2001). Vegetación acuática de Biotopo Universitario para la Conservación del Manatí “Chocón Machacas”. Centro de Estudios Conservacionistas, Guatemala.
20. Nirmal, J.I., Soni, H., Kumar, R.N. and Bhatt, I. (2008). Macrophytes in phytoremediation of heavy metal contaminated water and sediments in Pariyej Community Reserve, Gujarat, India. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8: 193-200.
21. Pedralli, G. (2003). Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. En Bini, L.M. e Thomaz, S.M. (Eds.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas* (pp 171 -188). Paraná, Brasil: Editora da Universidade Estadual de Maringá.
22. Prera, A. (2002). Centro ecológico en Monterrico (Tesis de Licenciatura). Facultad de Arquitectura, Universidad Francisco Marroquín, Guatemala.
23. Reyes, E.M. (Coord.) et al. (2009). Los Cuerpos de Agua de la Región Maya Tikal – Yaxhá: importancia de la vegetación acuática asociada a la calidad de agua y conservación. Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente [PUIRNA], Dirección General de Investigación [DIGI], Universidad de San Carlos de Guatemala.

24. Sculthorpe, C. (1967). *The biology of aquatic vascular plants*. London, United Kingdom: Edward Arnold.
25. Taiz, L. and Zeiger, Z. (2002). *Plant Physiology*. United States of America: Sinauer Associates, Inc. Publishers. 672 pp.
26. Waldstad, D. (2003). *Ecology of the planted aquarium* (2nd. Ed.). United States of America: Echinodorus Publishing (Chapel Hill, NC). 194 pp.

XV. ANEXOS

A. RESUMEN DE INVESTIGACIÓN PARA PUBLICACIÓN

EFFECTO DE LA CONCETRACIÓN DE AMONIO $[\text{NH}_4^+]$, NITRATO $[\text{NO}_3^-]$ Y FOSFATO $[\text{PO}_4^{3-}]$ EN LA BIOMASA Y RIQUEZA DE PLANTAS ACUÁTICAS LIBRES FLOTADORAS

Edwin Reyes¹, Boris McDonlad²

¹Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

²Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONCYT, Guatemala.

Las plantas acuáticas libres flotadoras son un elemento importante en los ecosistemas lénticos o lóticos dentro de la RNUMM. Además son importantes bioindicadores de calidad en ecosistemas por su capacidad de absorber nutrientes. El objetivo de este estudio fue establecer la relación entre el aumento de biomasa de plantas acuáticas libres flotadoras y las concentraciones de amonio, nitrato y fosfato en la RNUMM. Se colectaron plantas con parcelas de un metro cuadrado obtenidas en diferentes secciones del canal en dos condiciones diferentes: 1) área de influencia directa de actividad antropogénica y 2) área de influencia indirecta de actividad antropogénica. Estas áreas no mostraron diferencias en biomasa y concentración de nutrientes. En casi los sitios se encontró una relación inversamente proporcional entre el aumento de biomasa y la disminución de amonio y fosfato. En cuanto al nitrato las concentraciones fueron muy bajas. *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms fue la especie colectada en la mayoría de sitios. Las otras especies contribuyeron en una proporción bastante baja. Es importante realizar este tipo de estudios en estaciones seca y lluviosa durante un año para observar el desarrollo temporal del crecimiento de las plantas acuáticas libres flotadoras.

Palabras claves: *Eichhornia crassipes*, Actividad humana, biomasa, ecosistema estuarino.

B. DATOS OBTENIDOS DURANTE LOS TRES MUESTREOS EN LA RESERVA NATURAL DE USOS MÚLTIPLES MONTEERRICO.

Tabla 1. Especies colectadas por sitio de muestreo en la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico.

Condiciones	Muestreo por sitio	Especies
Área con influencia directa de actividad antropogénica (AIDAA)	Mon1	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms, (Pontederiaceae)
	Mon2	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms, <i>Pistiastratiotes</i> L. (Araceae)
	Mon3	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms
	Ave1	<i>Neptunia natans</i> W. Theob. (Fabaceae)
	Ave2	<i>Neptunia natans</i> W. Theob.
	Ave3	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms.
Área con influencia indirecta de actividad antropogénica (AIIAA)	Pes1	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms.
	Pes2	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms, <i>Pistia stratiotes</i> L., <i>Salvinia minima</i> Baker. (Salviniaceae)
	Pes3	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms.
	Tur1	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms.
	Tur2	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms, <i>Pistiastratiotes</i> L.
	Tur3	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms.

Fuente: datos experimentales.

Tabla 2. Aporte de la biomasa por especie a la biomasa total durante el segundo muestreo.

Condiciones	Muestreo por sitio	Especie	P _f (Kg)	P _s (Kg)	Biomasa por especie (Kg)	Biomasa total (Kg)	Proporción
Área con influencia directa de actividad antropogénica (AIDAA)	Mon2	<i>E. crassipes</i>	3.729	0.2548	3.4742	3.476	0.99
		<i>P. stratiotes</i>	0.002	0.0002	0.0018	3.476	0.0005
	Ave2	<i>N. natans</i>	2.1184	0.2287	1.8897	1.8897	1
		<i>P. stratiotes</i>	0.001	0.001	0	1.8897	0
Área con influencia indirecta de actividad antropogénica (AIIAA)	Pes2	<i>E. crassipes</i>	4.7725	0.3966	4.3759	4.4236	0.98
		<i>P. stratiotes</i>	0.0485	0.0016	0.0469	4.4236	0.01
		<i>S. minima</i>	0.0009	0.0001	0.0008	4.4236	0.0001
	Tur2	<i>E. crassipes</i>	3.0494	0.212	2.8374	3.0684	0.92
		<i>P. stratiotes</i>	0.237	0.006	0.231	3.0684	0.07

Fuente: datos experimentales. Mon = Monterrico, Ave = La Avellana, Pes = Área de Pesca, Tur = Área Turística. P_f = peso fresco; P_s = peso seco; Kg = Kilogramo.

Tabla 3. Concentraciones de nutrientes por sitio de muestreo.

Condiciones	Muestreo por sitio	Nutrientes (mg/L)		
		NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
Área con influencia directa de actividad antropogénica (AIDAA)	Mon1	0.03	0.00	0.57
	Mon2	0.01	0.00	0.26
	Mon3	0.07	0.00	0.20
	Ave1	0.17	0.02	0.62
	Ave2	0.13	0.00	0.30
	Ave3	0.10	0.01	0.17
Área con influencia indirecta de actividad antropogénica (AIIAA)	Pes1	0.14	0.01	1.01
	Pes2	0.06	0.00	0.87
	Pes3	0.04	0.00	0.36
	Tur1	0.15	0.00	0.43
	Tur2	0.03	0.02	0.83
	Tur3	0.05	0.01	0.22

Fuente: datos experimentales.

C. CÁLCULO DE PRUEBAS *t* DE “STUDENT” PARA MEDIAS DE DOS MUESTRAS

Tabla 4. Prueba *t* de “student” para las áreas de influencia directa e indirecta de actividad antropogénica.

No.	Comparación entre	Valor p	95% de confianza	Decisión
1	Biomasa AIDAA-Biomasa AIIAA	0.133044871	0.05	Sitios con biomasa diferentes
2	Amonio AIDAA-Amonio AIIAA	0.836268139	0.05	Sitios con concentraciones de amonio diferentes
3	Nitrato AIDAA-Nitrato AIIAA	0.771111856	0.05	Sitios con concentraciones de nitrato diferentes
4	Fosfato AIDAA-Fosfato AIIAA	0.089848245	0.05	Sitios con concentraciones de fosfato diferentes

Fuente: datos experimentales.

¹AIDAA: área de influencia directa de actividad antropogénica.²AIIAA: área de influencia indirecta de actividad antropogénica.

D. CÁLCULO DE COEFICIENTES DE CORRELACION

Tabla 5. Coeficientes de correlación entre la biomasa de plantas acuáticas libres flotadoras y las concentraciones de amonio (NH₄⁺), nitrato (NO₃⁻) y fosfato (PO₄³⁻).

Área	Sitio	Biomasa-NH ₄ ⁺	Biomasa-NO ₃ ⁻	Biomasa-PO ₄ ³⁻
AIDAA	Monterrico	+0,996330845	----- ¹	-0,414570093
AIDAA	La Avellana	-0,958942407	-0,779231200	-0,991466640
AIIAA	Área de Pesca	-0,776252856	-0,643126672	-0,999516511
AIIAA	Área Turística	-0,666677109	+0,354444341	-0,485512342

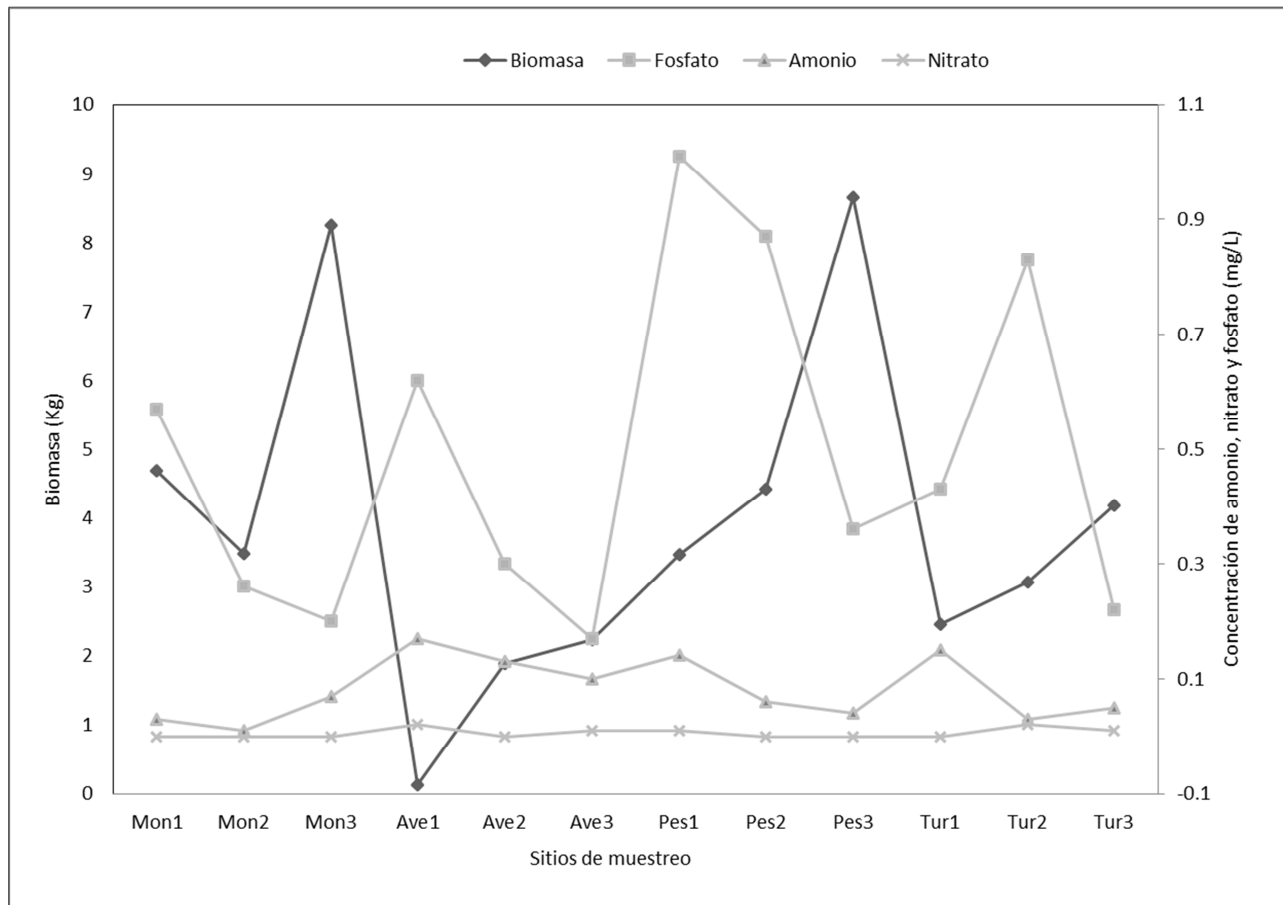
Fuente: datos experimentales.

¹No se obtuvieron concentraciones de nitrato para realizar los cálculos. La sonda utilizada no era sensible a cifras menores a milésimas de número.

El signo negativo en los valores denota una relación inversamente proporcional. Por otro lado un signo positivo indica una relación directamente proporcional.

E. GRÁFICAS DE BIOMASA VERSUS CONCENTRACIÓN DE AMONIO, NITRATO Y FOSFATO.

Figura 4. Datos de Biomasa y concentraciones de amonio, nitrato y fosfato en los cuatro puntos de muestreo dentro de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico.



Fuente: datos experimentales.

F. MARCHAS ANALÍTICAS UTILIZADAS PARA MEDIR AMONIO, NITRATO Y FOSFATO RESPECTIVAMENTE.

a. Nitrato

Method 8192

NITRATE, Low Range (0 to 0.50 mg/L NO₃⁻-N)


For water, wastewater and seawater*


Cadmium Reduction Method

PRGM
7

TIME
5 TIME
5

ENTER

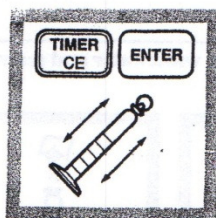




- 1.** Enter the stored program number for low range nitrate nitrogen (NO₃⁻-N).
Press: **PRGM**
The display will show:
PRGM ?
Note: For most accurate results, perform a Reagent Blank Correction using deionized water (see Section 1).
- 2.** Press: **55 ENTER**
The display will show **mg/L, NO₃-N** and the **ZERO** icon.
Note: For alternate forms (NO₃), press the CONC key.
- 3.** Fill a 25-mL graduated mixing cylinder to the 15-mL mark with sample.
Note: Adjust the pH of stored samples before analysis.
- 4.** Add the contents of one NitraVer 6 Nitrate Reagent Powder Pillow to the cylinder. Stopper.
Note: It is necessary to remove all the powder from the foil pillow. Tap the pillow until no more powder pours out. Be sure to remove powder from the corners of the pillow.

* Seawater requires a manual calibration; see Interferences.

NITRATE, Low Range, continued

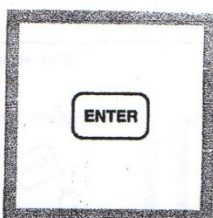


5. Press:

TIMER ENTER

A 3-minute reaction period will begin. Shake the cylinder vigorously throughout this three minute period.

Note: Shaking time and technique influence color development. For most accurate results, analyze a standard solution several times and adjust the shaking time to obtain the correct result.



6. When the timer beeps, the display will show: **2:00 TIMER 2**

Press: **ENTER**

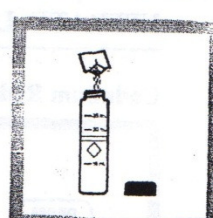
A 2-minute reaction period will begin.

Note: A deposit will remain after the powder dissolves and will not affect results.



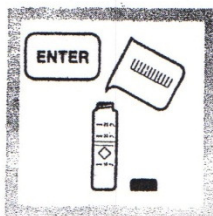
7. When the timer beeps, pour 10 mL of the sample into a sample cell.

Note: Do not transfer any cadmium particles.



8. Add the contents of one NitriVer 3 Nitrite Reagent Powder Pillow to the sample cell (the prepared sample). Cap the cell and shake gently for 30 seconds.

Note: A pink color will form if nitrate is present.

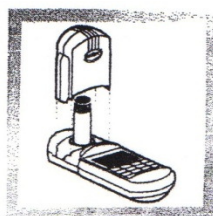


9. The display will show: **15:00 TIMER 3**

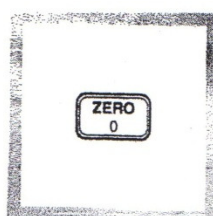
Press: **ENTER**

A 15-minute reaction period will begin.

Fill another sample cell (the blank) with 10 mL of sample.



10. When the timer beeps, place the blank into the cell holder. Tightly cover the sample cell with the instrument cap.

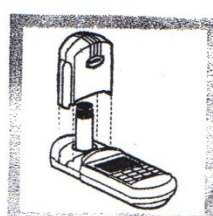


11. Press: **ZERO**

The cursor will move to the right, then the display will show:

0.00 mg/L NO₃-N

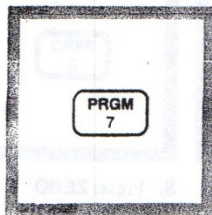
Note: If Reagent Blank Correction is on, the display may flash "limit". See Section 1.



12. Place the prepared sample into the cell holder. Tightly cover the sample cell with the instrument cap.

b. Fosfato

PHOSPHORUS, REACTIVE (0 to 2.50 mg/L PO₄³⁻) For water, wastewater, seawater
(Also called Orthophosphate) **PhosVer 3 (Ascorbic Acid) Method***
(Powder Pillows or AccuVac Ampuls) USEPA Accepted for wastewater analysis reporting**
Using Powder Pillows



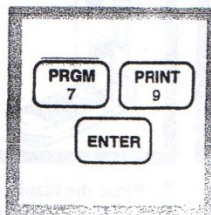
1. Enter the stored program number for reactive phosphorus, ascorbic acid method.

Press: **PRGM**

The display will show:

PRGM ?

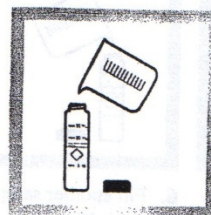
Note: For most accurate results, perform a Reagent Blank Correction using deionized water (see Section 1).



2. Press: **79 ENTER**

The display will show **mg/L, PO₄** and the **ZERO** icon.

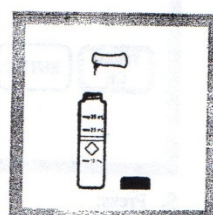
*Note: For alternate forms (P, P₂O₅), press the **CONC** key.*



3. Fill a sample cell with 10 mL of sample.

Note: For samples with extreme pH, see Interferences following these steps.

Note: Clean glassware with 1:1 HCl. Rinse again with deionized water. Do not use detergents containing phosphates to clean glassware.



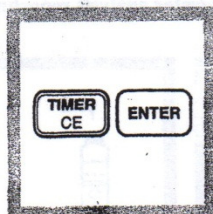
4. Add the contents of one PhosVer 3 Phosphate Powder Pillow for 10-mL sample to the cell (the prepared sample). Shake for 15 seconds.

Note: A blue color will form if phosphate is present.

* Adapted from *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

** Procedure is equivalent to USEPA method 365.2 and Standard Method 4500-PE for wastewater.

PHOSPHORUS, REACTIVE, continued

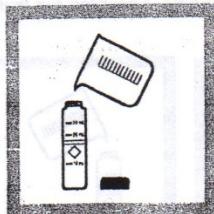


5. Press:

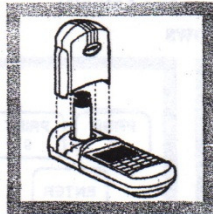
TIMER ENTER

A two-minute reaction period will begin. Perform Steps 6-8 during this period.

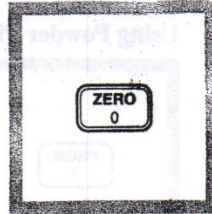
Note: If the acid-persulfate digestion was used, an 8-10 minute reaction period is required.



6. Fill another sample cell with 10 mL of sample (the blank).



7. Place the blank into the cell holder. Tightly cover the sample cell with the instrument cap.

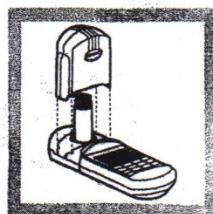


8. Press: **ZERO**

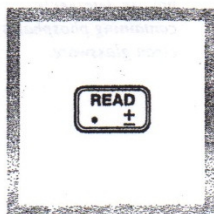
The cursor will move to the right, then the display will show:

0.00 mg/L PO₄

Note: If Reagent Blank Correction is on, the display may flash "limit". See Section 1.



9. After the timer beeps, place the prepared sample into the cell holder. Tightly cover the sample cell with the instrument cap.



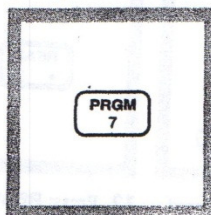
10. Press: **READ**

The cursor will move to the right, then the result in mg/L phosphate (PO₄³⁻) will be displayed.

Note: Standard Adjust may be performed using a 2.0-mg/L PO₄³⁻-standard; see Section 1.

NITROGEN, AMMONIA (0 to 0.50 mg/L NH₃-N) For water, wastewater, seawater

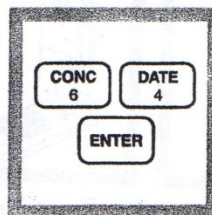
Salicylate Method*



1. Enter the stored program number for ammonia nitrogen (NH₃-N).

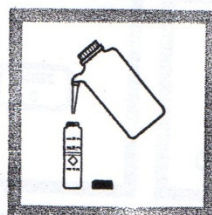
Press: **PRGM**

The display will show:
PRGM ?

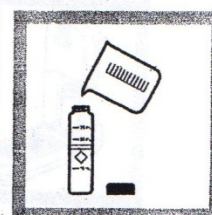


2. Press: **64 ENTER**
The display will show **mg/L, NH₃-N** and the **ZERO** icon.

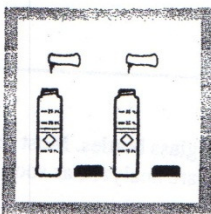
*Note: For alternate forms (NH₃, NH₄), press the **CONC** key.*



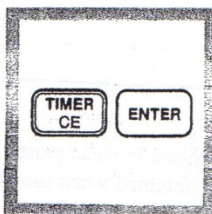
3. Fill a sample cell with 10 mL of deionized water (the blank).



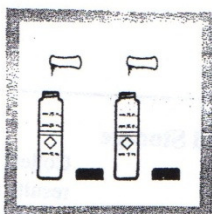
4. Fill a second sample cell with 10 mL of the sample.



5. Add the contents of one Ammonia Salicylate Reagent Powder Pillow to each sample cell. Cap both cells and shake to dissolve.



6. Press:
TIMER ENTER
A three-minute reaction period will begin.



7. After the timer beeps add the contents of one Ammonia Cyanurate Reagent Powder Pillow to each sample cell. Cap the cells and shake to dissolve the reagent.

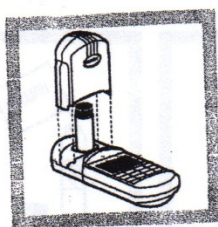
Note: A green color will develop if ammonia nitrogen is present.



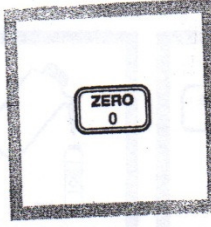
8. The display will show: **15:00 TIMER 2**
Press: **ENTER**
A 15-minute reaction period will begin.

* Adapted from Clin. Chim. Acta., 14 403 (1966)

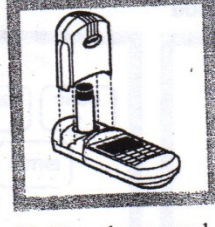
NITROGEN, AMMONIA, continued



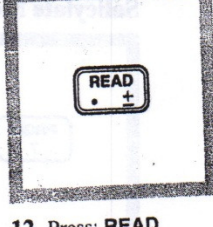
9. After the timer beeps, place the blank into the cell holder. Tightly cover the sample cell with the instrument cap.



10. Press: **ZERO**
The cursor will move to the right, then the display will show:
0.00 mg/L NH₃-N



11. Place the prepared sample into the cell holder. Tightly cover the sample cell with the instrument cap.



12. Press: **READ**
The cursor will move to the right, then the result in mg/L ammonia nitrogen will be displayed.

Note: Standard Adjust may be performed using a prepared standard (see Standard Adjust in Section 1).

Sampling and Storage


Collect samples in clean plastic or glass bottles. Most reliable results are obtained when samples are analyzed as soon as possible after collection.

If chlorine is known to be present, the sample must be treated immediately with sodium thiosulfate. Add one drop of Sodium Thiosulfate Standard Solution, 0.1 N, for each 0.3 mg of chlorine present in a one liter sample.

To preserve the sample, adjust the pH to 2 or less with concentrated sulfuric acid (about 2 mL per liter). Store samples at 4 °C or less. Samples preserved in this manner can be stored up to 28 days. Just before testing the stored sample, warm to room temperature and neutralize with 5.0 N Sodium Hydroxide Standard Solution. Correct the test result for volume additions; see *Correction for Volume Additions*, in Section 1 for more detailed information.

G. BOLETA DE REGISTRO DE DATOS.

Formato utilizado para recabar datos en el campo del proyecto FODECYT 03-2010. Solamente fueron utilizados los datos necesarios. La boleta contenía otros campos que no eran necesarios para el estudio.

Plantas Acuáticas Monterrico					
Sección I			Código _____		
Nombre sitio	_____		Localidad	_____	
Parcela	_____				
Fecha	____/____/____	Hora	____	am	pm
Coordenadas	N _____	O _____	Altitud	_____ msnm	
Clima	_____				
Uso Tierra	Manglar	Arbustos	Poblado	Claro	Cultivo Potrero
Transparencia	_____ m	Profundidad	_____ m		
T° Agua	_____ °C	pH	_____	Salinidad	_____ ‰
O ₂ Disuelto	_____ mg/L	_____ %	TDS	_____ mg/L ; g/L	
Conductividad	_____ μS/cm ; mS/cm	mv	_____		
Observaciones					
Toma Datos	RB	CM	GO	BD	
Colectores	BM	CM	GO	RB	
Sección II					
Colorimetro	Dureza	_____	_____		
	Cl libre	_____	_____		
	Cl total	_____	_____		
	Nitratos	_____	_____		
	Nitritos	_____	_____		
	Amonio	_____	_____		
	Ortofosfato	_____	_____		
	Fosforo Total	_____	_____		
	Sulfatos	_____	_____		
Observaciones					

H. EQUIPO PARA MEDICIÓN DE CONCENTRACIONES DE AMONIO, NITRATO Y FOSFATO

Fotografía 1. Equipo para medir las concentraciones de amonio, nitrato y fosfato.



Crédito: Proyecto FODECYT 03-2010.

- a. Espectrofotómetro (ver letra “a” insertada en la imagen).
- b. Cubetas (6 unidades) (ver letra “b” insertada en la imagen).
- c. Botes plásticos con muestra de agua del canal de Chiquimulilla de los cuatro sitios muestreados: Monterrico, La Avellana, área de pesca y área turística (ver letra “c” insertada en la imagen).
- d. Marchas analíticas (ver letra “d” insertada en la imagen).
- e. Pizeta con agua destilada para limpiar cubetas (ver letra “e” insertada en la imagen).
- f. Reactivos para realizar pruebas (no se observan en la imagen).