



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

UNAN-LEÓN

Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria

Departamento de Ingeniería Acuícola

Carrera de Ingeniería Acuícola



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas, dinoflagelados) y su relación con los parámetros físicos-químicos presentes en las aguas, estero de Salinas Grandes, en el periodo comprendido junio-noviembre de 2017.

Requisito previo para optar el título de Ingeniería Acuícola

Autores:

Cristhian José Cuadra Sánchez, Br.

Johanna Patricia Reyes Mendoza, Br.

Fulvio Morlan Sánchez Amaya

Tutor:

Ariel José Aguilar, Ph. D.

Mariela Prado, Lic.

León, Nicaragua

Mayo-2018



Dedicatoria

Le dedico este trabajo investigativo a:

Primeramente, a **Dios** y luego a mis padres **Carlos Cuadra** y **Marcia Sánchez** por estar conmigo apoyándome y dando palabras de aliento para llevar a cabo este trabajo investigativo y con él la culminación de mi carrera.

¡A mis familiares y amigos!

Br. Cristhian José Cuadra Sánchez

Le dedico este trabajo investigativo:

Primeramente, a **Dios**, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de mis estudios, permitiéndome culminar este trabajo investigativo.

A mis padres:

Luis Reyes y Paula Mendoza, por su amor y apoyo incondicional, quienes me guiaron y motivaron día con día, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por sus sacrificios para mi desarrollo moral y profesional

¡A mis familiares y amigos!

Bra. Johanna Patricia Reyes Mendoza



Le dedico este trabajo investigativo:

A Dios por darme la vida, sabiduría y la fortaleza para alcanzar este logro tan importante en mi vida.

A mis padres:

Fulvio Sánchez y Verónica Amaya, Por ser mis guías, por su apoyo incondicional en todos los momentos, también por sus consejos de ánimo brindados a lo largo de la vida.

¡A mis familiares y amigos!

Br. Fulvio Morlan Sánchez Amaya



Certificación

ARIEL JOSÉ AGUILAR, Profesor Titular del Departamento de Acuícola, Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria y Mariela Prado Olivares, Profesor Adjunto del Departamento de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua- León, (UNAN-León).

CERTIFICAN:

Que la presente memoria titulada “Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos: Cianofitas, Clorofitas, Diatomeas, y Dinoflagelados y su relación con los parámetros fisicoquímicos, en las aguas del Estero Salinas Grandes, periodo junio-noviembre 2017” presentada por los Br. Miguel Alejandro Argeñal Fabilena y Diana de los Ángeles López Montalván para optar al grado de Ingeniero Acuícola por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, ha sido realizada bajo nuestra dirección y que hallándose concluida autorizamos su presentación para que pueda ser juzgada por el tribunal correspondiente.

Y para que así conste y surta los efectos oportunos, firmamos la presente en León, a 20 días del mes de mayo de 2018.

Dr. Ariel José Aguilar

Lic. Mariela Prado Olivares



Financiación

La presente Tesis de grado ha sido realizada en el Laboratorio de Fisiología Animal, Departamento de Biología, Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, bajo la dirección del Doctor Ariel José Aguilar y la Lic. Mariela Prado. La investigación desarrollada en esta Tesis, ha sido subvencionada por Fundación LIDER, Amigos de la Tierra y ECODES a través del proyecto de la Unión Europea denominado *"fortalecimiento al desarrollo económico de cooperativas y mipymes que participan en 7 cadenas de valor incluyentes, aplicando enfoques de sostenibilidad y adaptación al cambio climático y de igualdad de género de la producción agropecuaria y pesquera en las zonas vulnerables ante la sequía de las segovías y occidente del país"*.



Agradecimiento

A Dios por darnos la bendición de la vida, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad, por haber puesto en nuestros caminos a aquellas personas que han sido soporte y compañía durante todo el periodo de nuestros estudios, por permitirnos llegar a culminar esta etapa de nuestra vida.

A nuestro tutor Ph, D Ariel Aguilar, por habernos dado la oportunidad de trabajar nuestra tesis, por su ayuda prestada en todo momento, por brindarnos sus conocimientos y consejos.

A Lic. Mariela Prado Olivares, por habernos apoyado y acompañado en nuestros muestreos, por guiarnos, y brindarnos su apoyo en todo momento a pesar de las dificultades.

A fundación Líder por su financiación, apoyo y paciencia para la realización de este trabajo investigativo.

A nuestros padres por apoyarnos en todo momento, aconsejándonos, guiándonos, alentándonos a seguir adelante en los buenos y malos momentos, y por el esfuerzo otorgado a lo largo de todos los años de estudios. A hermanos, familiares que nos acompañaron en este proceso de forma incondicional, comprendiéndonos, apoyándonos, en los buenos y malos momentos.

A nuestros amigos y compañeros tesistas, Miguel Argeñal, Diana López, Erick Aragón, María Sandoval, Eldier Díaz, por las experiencias compartidas, por el aporte que cada uno realizo para llevar a cabo este trabajo investigativo.



iiiA Todos Muchas Gracias!!!

Índice

Dedicatoria	2
Certificación	4
Financiación	5
Agradecimiento	6
Abreviaturas	10
Lista de tablas	12
Lista de figuras	13
1. Introducción	15
2. Objetivos	16
3. Literatura revisada	17
3.1. Sistemas Estuarinos	17
3.2. Generalidades del estero Salinas Grandes	17
3.2.1. Ubicación geográfica.....	17
3.2.2. Condiciones climáticas.....	18
3.2.3. Sistema hidrológico.....	19
3.3. Generalidades del plancton	19
3.4. Principales grupos de microalgas	20
3.4.1. Cianofitas.....	20
3.4.2. Clorofitas.	21
3.4.3. Diatomeas.....	22
3.4.4. Dinoflagelados.	23
3.5. Generalidades de las microalgas	24
3.5.1. Clasificación de las microalgas.	24
3.5.2. Composición de las microalgas.	24
3.5.3 Contenido Nutricional de las Microalgas.....	25



3.5.4. Alimentación de las microalgas.	26
3.5.5. Reproducción de las microalgas.	27
3.5.6. Características adaptativas de las microalgas.	27
3.5.7. Importancia Biológica y Económica de las Algas.	28
3.5.8. Principales usos de las microalgas.	28
3.6. Factores que determinan el crecimiento de las microalgas	29
3.7. Eutrofización.....	32
3.8. Floración algal.....	34
3.8.1. Floraciones de cianobacterias.	34
3.8.2. Principales causas y consecuencias que favorecen y controlan el desarrollo de floraciones de cianobacterias.	35
4. Materiales y Métodos.....	39
4.1. Área de estudio.....	39
4.2 Metodología experimental para la toma de muestras.	40
4.3. Identificación de los grupos de fitoplancton y conteo celular.	41
4.3.1. Cámara Neubauer o Hematocitómetro.	41
4.3.2. Cámara Sedgwick-Rafter (S/R).	42
4.4. Análisis estadísticos.	42
5. Resultados.....	43
5.1. Parámetros Físicos-Químicos.....	43
5.1.1. Salinidad.	43
5.1.2. Valores de pendiente de salinidad (ppm).	44
5.1.3. Oxígeno Disuelto (OD).	45
5.1.3. Valores de pendiente de oxígeno (mg/L).	46
5.1.4. pH.	47
5.1.5. Disco de secchi.	48
5.1.6. Temperatura.	49
5.2. Identificación y conteo de los grupos fitoplanctónicos entre los meses muestreados.....	50
5.2.1. Concentración de Clorofitas.	50
5.2.2. Concentración de Diatomeas.	51
5.2.3. Concentración de dinoflagelado.	52
5.2.5. Géneros de diatomeas.	54
5.2.6. Géneros de dinoflagelados.	55



5.2.7. Correlaciones entre concentraciones de microalgas y parámetros físico-químicos (Nacascolo).	56
5.2.8. Correlaciones entre concentraciones de microalgas y parámetros físico-químicos (Navajas).	57
5.2.9. Correlaciones entre concentraciones de microalgas y parámetros físicos-químico (Corcovado).	58
6. Discusión	59
6.1. Caracterización preliminar del estudio.	59
6.2. Parámetros físico-químico	59
6.2.1. Salinidad.	59
6.2.2. Oxígeno.	60
6.2.3. pH, Disco de Secchi, Temperatura.	61
6.3. Dinámica Fitoplanctónica	62
6.3.1. Clorofitas.	62
6.3.2. Diatomeas.....	62
6.3.3. Dinoflagelado.....	63
6.4. Principales Géneros	63
6.5. Relación entre parámetro físico químicos y los grupos fitoplanctónicos	64
7. Conclusión	66
8. Recomendaciones	68
9. Referencias bibliográficas	69



Abreviaturas

ADN: Acido desoxirribonucleico

ARN: Ácido ribonucleico

ANOVA: Análisis de Varianza

Cl: Clorofita

Cel/mL: Célula por mililitro

Cm: Centímetro

CO₂: Dióxido de Carbono

D: Diatomea

Di: Dinoflagelado

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación.

FUNCOD: Fundación Nicaragüense para la conservación y desarrollo.

FUNDENIC: Fundación Nicaragüense para el desarrollo sostenible.

gr: gramo

Hr: Horz

IETC: Centro Internacional de Tecnología Ambiental

kg: Kilogramo

Km: Kilómetro

Ltr: Litro



MARENA: Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales

Mg/L: miligramo/ Litro

mL: Mililitro

mm: Milímetro

N₂: Nitrógeno atmosférico

OD: Oxígeno disuelto

pH: Medida de acidez o alcalinidad de una disolución

Ppm: partes por mil

S/R: Sedgwick- Rafter

μM: Unimicrómetro

μl: Microlitro

UNEP: Programa de las naciones unidas para el ambiente



Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Géneros de cianobacterias que producen floraciones toxicas.....	35
Tabla 2. Coordenadas de puntos de muestreo en el estero de Salinas Grandes.....	40
Tabla 3. Valores promedio de salinidad (ppm) en cada punto de muestreo.....	43
Tabla 4. Valores de pendiente de salinidad (ppm) en cada punto de muestreo.....	44
Tabla 5. Valores de pendiente de oxígeno disuelto (mg/L).....	45
Tabla 6. Valores promedio de oxígeno disuelto (mg/L) en cada punto de muestreo.....	46
Tabla 7. Valores promedio de pH en cada punto de muestreo.....	47
Tabla 8. Valores promedio de lectura de disco de secchi (cm) en cada punto de muestreo.....	48
Tabla 9. Valores promedio de temperatura (°C) en cada punto de muestreo.....	49
Tabla 10. Concentración de Dinoflagelados (cel/ml).....	52
Tabla 11. Valores promedios de los géneros de Clorofitas (cel/ml).....	53
Tabla 12. Valores promedios de los géneros de Diatomeas (cel./ml).....	54
Tabla 13. Valores promedio de los géneros de Dinoflagelado (cel./ml).....	55
Tabla 14. Valores promedio de los géneros de Cianofitas (cel./ml).....	56



Lista de figuras

	Pag.
Figura 1. Diagrama de los principales factores en la generación del proceso de eutrofización en sistemas acuáticos.....	33
Figura 2. Diagrama simplificado de los factores que determinan las causas de las floraciones de cianobacterias y los efectos de estas sobre los sistemas acuáticos, su biota y sus potenciales usos.....	38
Figura 3. Mapa de puntos de muestreo en el área de estudio.....	39
Figura 4. Concentración de Clorofitas.....	50
Figura 5. Concentración de Diatomeas.....	51



Abstract

The present investigation was carried out in Salinas Grandes estuary, department of León, in the period June-November 2017. The aim was to evaluate the fluctuations of the concentrations of the groups, Chlorophytes, Cyanophytes, Diatoms and Dinoflagellates and relate them to the variation of physical-chemical parameters. The water samples were taken once a month, the physical-chemical parameters were measured (salinity, oxygen, temperature, pH and turbidity). In general, our results show the presence of the four groups of microalgae, being Diatoms and Chlorophytes the groups that presented higher concentrations. With regard to salinity, the month of July shows the highest concentration (34.66 ppm), decreasing over time in the whole area. Dissolved oxygen ranged between 4.53-0.72 mg / L throughout the study period. The maximum temperature values were presented in the month of August (30.23 °C), without significant changes in time and between sampling points. With regard to turbidity, readings ranged between 31.66-120 cm, with June being the month with the lowest readings. Throughout the study period, the pH value of the water presented a range of (7-8.83). There is no correlation between the fluctuations of the main physicochemical parameters; therefore, this area of study does not present conditions that guarantee animal welfare for the development of fish culture in floating cages.



Resumen

La presente investigación, se realizó en el Estero de salinas grandes, departamento de león, en el periodo junio-noviembre 2017, el objetivo consistió en evaluar las fluctuaciones de las concentraciones de los grupos, Clorofitas, Cianofitas, Diatomeas y Dinoflagelados y relacionarlas con la variación de los parámetros físicos-químicos. La toma de las muestras de agua se realizó una vez al mes, se midieron los parámetros físicos-químicos (salinidad, oxígeno, temperatura, pH y turbidez). De manera general, nuestros resultados muestran la presencia de los cuatros grupos de microalgas, siendo, Diatomeas y Clorofitas los grupos que presentaron mayores concentraciones. Con respecto a la salinidad el mes de julio presenta la mayor concentración (34.66 ppm) disminuyendo en el tiempo en toda el área. El oxígeno disuelto osciló entre 4.53-0.72 mg/L en todo el periodo de estudio. Los valores máximos de temperatura se presentaron en el mes de agosto (30.23 °C), sin cambios significativos en el tiempo y entre puntos de muestreo. Con respecto a la turbidez, las lecturas oscilaron entre 31.66-120 cm, siendo junio el mes con las menores lecturas. En todo el periodo de estudio el valor de pH del agua presentó un rango de (7-8.83). No existe correlación entre la fluctuación de los principales parámetros fisicoquímicos, por consiguiente, esta área de estudio no presenta condiciones que garanticen el bienestar animal para el desarrollo del cultivo de peces en jaulas flotantes.



1. Introducción

El Estero Salinas Grandes está ubicada en la región occidental de Nicaragua, en el Departamento de León, situada en el kilómetro 77 de la carretera Managua-León, De tal forma que el área, representa grandes posibilidades de desarrollo, debido a las diferentes actividades económicas que realizan los pobladores de la zona aledaña tales como: la recolección de larvas de camarón, huevos de tortugas, crustáceos y moluscos, así como la pesca artesanal para autoconsumo y comercio. De tal forma que esto se debe de realizar de una manera sostenible (Gonzales, 2014).

Con el aumento de la densidad poblacional las actividades del hombre se intensifican, consecuentemente la entrada de nutrientes a los sistemas acuáticos aumenta. (Nixon, 1995; Jonge, Elliott, Ovríe, 2002). La descarga puede provenir de fuentes puntuales como efluentes domésticos e industriales, con aportes orgánicos y detergentes ricos en polifosfatos, de aguas residuales de plantas de tratamientos o de fuentes difusas como las escorrentías provenientes de la agricultura con fertilizantes ricos en nitrógeno y fósforo (de Jonge et al., 2002). Entre los probables efectos negativos están las floraciones algales que pueden propiciar intoxicaciones masivas de organismos marinos y personas, debido al consumo de organismos marinos (molusco o peces) contaminados por las toxinas generadas por algunos dinoflagelados o diatomeas (Epstein et al., 1993; Hallegraeff y Fraga, 1998, Anderson, Jacobson, Bravo y Wrenn, 1988; Yasumoto et al, 1984). Algunas microalgas producen toxinas tan potentes que pueden resultar dañinas, aunque no alcancen concentraciones celulares elevadas que decoloren el agua (Sar, Ferrario y Reguera, 2002).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio consiste en la evaluación de las concentraciones de los principales grupos de microalgas y relacionarlo con la fluctuación de los parámetros fisicoquímicos a lo largo de seis meses de estudio, para poder evaluar la salud del cuerpo de agua en las zonas Nacasclo-Navajas-Corcovado del estero de Salinas Grandes.



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

2. Objetivos

Objetivo general

- Determinar la fluctuación de las concentraciones de microalgas, clorofitas, cianofitas, diatomeas, dinoflagelados y relacionarlos con los parámetros físicos-químicos en las aguas del estero salinas grandes, en el periodo comprendido de Junio a Noviembre del 2017.

Objetivos específicos

- Medir los valores de los parámetros físicos-químicos (oxígeno disuelto, pH, temperatura, salinidad y turbidez) desde el sector Nacasclo hasta Corcovado.
- Evaluar la dinámica fitoplanctónica de los grupos clorofitas, cianofitas, diatomeas, dinoflagelados desde el sector Nacasclo hasta Corcovado.
- Relacionar las concentraciones de microalgas clorofitas, cianofitas, diatomeas, dinoflagelado con las fluctuaciones de los parámetros físicos químicos.



3. Literatura revisada

3.1. Sistemas Estuarinos

Un sistema Estuarino se define como un cuerpo de agua costero semicerrado el cual tiene una conexión libre con el mar abierto, dentro del cual el agua de mar es diluida con agua dulce derivada del drenaje terrestre. Desde un punto de vista físico la definición de un estuario debe reconocer ciertas similitudes básicas en la distribución de la salinidad y la densidad, así como el patrón de circulación y los procesos de mezclado (Pritchard, 1967). No obstante, los valores de salinidad pueden fluctuar de 0 ppm a 40 ppm (Levinton, 1982).

Cambios estacionales y a veces impredecibles en los patrones del clima ejercen efectos particularmente fuertes en los estuarios debido a su acople incompleto con la circulación en el mar abierto. Un intercambio restringido permite que ocurran rápidos cambios en salinidad temperatura nutrientes y carga de sedimentos (Levinton, 1982).

3.2. Generalidades del estero Salinas Grandes

3.2.1. Ubicación geográfica.

El área está ubicada en la región occidental de Nicaragua, en el departamento de León. La entrada está ubicada en el kilómetro 77 de la carretera Managua-León, entre las coordenadas 12°25'94" de latitud norte y entre -86 ° 83'91" de longitud oeste. Salinas Grande es una zona de amortiguamiento de la reserva isla Juan Venado, que es un extenso territorio de manglares y playas vírgenes, (Gonzales, 2014).

El área protegida comprende la Isla propiamente dicha y el Estero de Las Peñitas, Estero la Gasolina, Estero Real, La Garita, Estero El Mosquitillo. Por lo que La isla Juan Venado ocupa una barrera arenosa orientada de noroeste a sureste paralela al litoral del Pacífico. Mide unos 18 km de



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

longitud, con una anchura que varía de 30 metros las partes más angostas, hasta 250 metros la más ancha hacia tierra firme, limitado por el estero de Las Peñitas que se prolonga en esa misma dirección hasta unirse con el de la Garita. La isla en sí no tiene otro atractivo que sus playas donde anidan tortugas marinas, pero sí el alargado estero que la confina tierra adentro. El estero emite cortas ramificaciones hasta tocar tierra firme y en sus orillas crece una asociación de manglares con su fauna asociada (Ministerio ambiental de los recursos naturales. MARENA, 2002).

3.2.2. Condiciones climáticas.

El clima del área protegida, es Tropical de Sabana y su zona de vida es representativa para Bosques Tropical Seco, presentando una estación seca de 4 a 6 meses de duración entre los meses de noviembre a abril. Además, las temperaturas oscilan entre 26.7 y 29.3°C, aunque existen ligeras variaciones durante el año, por lo que la precipitación promedio oscila entre 1,150 y 1,300 mm anuales (Instituto Nicaragüense de recursos naturales y del ambiente. IRENA, 1992).

Entre los meses de septiembre y octubre el territorio sufre frecuentes inundaciones por las fuertes lluvias, formándose escorrentías sobre las áreas de pie de monte del Municipio, que escurren a las zonas planas, lo que ocasiona el desborde de ríos, con el deterioro de la infraestructura productiva, vial, social, viviendas y plantíos, arrasando los bosques de galería y sedimentando las zonas costeras y los esteros, afectando la vida acuática de los humedales costeros (MARENA, 2002).



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

3.2.3. Sistema hidrológico.

El estero ocupa la costa de inmersión que se extiende desde Cosigüina hasta Puerto Sandino. El estero que está detrás no tiene mayores ramificaciones, como es el caso del Estero Real y Padre Ramos, próximo a la costa se levantan los cerros del Ópalo que no permiten alejarse tierra adentro del estero. Por esa misma razón, salvo por el Río Chiquito que penetra por el extremo occidental y el de Salinas Grandes por el oriental, no existen más corrientes, grandes aportadoras que dulcifiquen o enturbien sus aguas (Fundación Nicaragüense para el desarrollo sostenible, FUNDENIC-SOS, 1999).

El área es dominada en su red hídrica por poseer ríos que drenan de la vertiente del Pacífico. La cual presenta en su hidrología buenas condiciones hidráulicas debido a que se encuentran 0.47 cauces por km² y 1.17 km de cauce por km² del territorio. Esto indica la capacidad de evacuar el agua proveniente de la precipitación que recibe el área, esta capacidad está inducida por la gran cantidad de (43) drenajes de primer orden encontrados (Fundación Nicaragüense para la conservación y desarrollo, FUNCOD, 2002).

3.3. Generalidades del plancton

El fitoplancton son los seres vivos de origen vegetal que viven flotando en la columna de agua, cuya capacidad natatoria no logra nunca superar la inercia de las mareas, olas y corrientes. Son organismos autótrofos capaces de realizar la fotosíntesis, por lo que su importancia es fundamental dado que son los productores primarios de los océanos (Becker, 1994).

El fitoplancton se puede subdividir en las siguientes categorías:

- a) **Megaplancton:** son los grandes organismos flotantes que superan los 20 cm de longitud.



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

- b) **Macroplancton:** El tamaño promedio está entre 2 y 20 cm e incluyen grandes organismos visibles como el krill, flecha gusanos, medusas.
- c) **Microplancton:** El tamaño promedio está entre 20 y 200 μm e incluyen diatomeas, dinoflagelados, rotalinidos, ciliados.
- d) **Nanoplancton:** El tamaño promedio está entre 2 y 20 μm e incluyen fitoplancton pequeño, en su mayoría unicelulares como diatomeas, flagelados.
- e) **Picoplancton:** El tamaño promedio oscila entre 0,2 a 2 μm , son en su mayoría bacterias, denominadas bacterioplancton (Peters, 1983)

3.4. Principales grupos de microalgas

3.4.1. Cianofitas.

Son organismos procariotas de gran tamaño que se caracterizan por contener carotenoides, clorofila a y ficobiliproteínas y que son capaces de utilizar el glucógeno como sustancia de reserva (Margalef, 1983). Además, este grupo de algas son conocidas también como “algas verde-azuladas” por su particular coloración. Esta característica viene dada por la presencia de ficocianina y ficoeritrina que junto a la clorofila proporciona dicha tonalidad. Sin embargo, sus características metabólicas les permiten el almacenamiento de glucógeno intracelularmente y en términos estructurales por lo que su pared celular está compuesta de peptidoglicano con una capa externa de liposacáridos (Tomaselli, 2004). Así mismo varias especies de cianobacterias presentan estructuras de resistencias, acinetos que se forman durante un periodo de estrés laboral. Los acinetos son de gran tamaño en relación a las células ya que poseen pared celular engrosada y una alta acumulación de reservas de energía como almidón y lípidos, así como gránulos de cianofina como una fuente de nitrógeno (Castenholz y Waterbury, 1989).



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

Las cianobacterias son en general organismos foto-sintetizadores, pero algunas viven heterotróficamente. Estas microalgas comparten con algunas otras bacterias la capacidad de usar N_2 atmosférico como fuente de nitrógeno y pueden ser unicelulares o pluricelulares. La reproducción de las algas verde azules se lleva a cabo a través de división celular por fragmentación de colonias o de filamentos y por esporas. Presentan una pared celular similar a la de las bacterias, en el citoplasma, se distingue una zona central o centroplasma donde se encuentra el ADN y otra periférica o cromoplasma donde están los corpúsculos con los pigmentos. Pueden vivir en ambientes acuáticos, sobre rocas y árboles, en aguas termales soportando temperaturas de hasta 90°C (Lee, 2008).

3.4.2. Clorofitas.

Son algas verdes que se encuentran distribuidas por todo el mundo y su tamaño comprende desde las microscópicas, unicelulares, hasta las grandes algas formadas por filamentos de considerable longitud. Todas contienen clorofila, lo que les permite sintetizar sustancias alimenticias a partir de minerales, adicionalmente tienen carotenoides como la luteína y su alimento lo almacenan en forma de almidón (Lee, 2008).

Su reproducción puede ser sexual o asexual, incluso algunas especies presentan una reproducción con alternación de generaciones. El 90% de las Clorofitas son de hábitat de agua dulce y el 10% de hábitat marino. Las especies de agua dulce son cosmopolitas y las marinas tienden a estar en aguas tropicales (Lee, 2008).

De otro modo, tanto *Chlorella* como *Scenedesmus* se han reportado como especies de alta capacidad de adaptación en aguas residuales y notable eliminación de los nutrientes disueltos en el medio (Sun, Wang, Wu, Dong, y Wan, 2011). Sin embargo, estudios más específicos indican que el género *Scenedesmus* representa una mejor opción frente a *Chlorella* al disponer de un mejor



rendimiento de eliminación tanto de nitrógeno como de fósforo en aguas de composición esencialmente urbana (Ruiz y Mendoza, 2010).

3.4.3. Diatomeas.

Las diatomeas son un grupo de microalgas unicelulares pertenecientes a la clase *Bacillariophyceae*. El tamaño de estas algas va desde menos de 10 micras de longitud hasta 1 mm de diámetro para las especies mayores, e incluso dentro de una misma especie la diferencia de tamaños puede alcanzar hasta unas treinta veces más su tamaño normal, como resultado de un característico método de reproducción. Son estrictamente autótrofas, presentan pigmentos fotosintéticos como la clorofila a y c y betacarotenos. Una característica especial de este tipo de algas es que se encuentran rodeadas por una pared celular única, hecha de sílice (dióxido de siliciohidratado) llamada frústula y que se pueden encontrar solitarias o conformando cadenas. En este último caso las diferentes especies presentan distintas estrategias o formas de unión entre las células. La taxonomía de este grupo se basa en dos aspectos principales: la simetría y las características de su pared celular, por lo que constituyen el grupo más importante del fitoplancton debido a que contribuyen con cerca del 90% de la productividad de los sistemas acuícolas. Además, estas microalgas predominan por sobre otros grupos fitoplanctónicos debido a que se ven especialmente favorecidas por los eventos de turgencia (Tomas, 1997) y se encuentran en todas las aguas marinas de los ecosistemas costeros. (Moreno, Liceo y Santoyo, 1996). Debido a la elevada disponibilidad de compuestos inorgánicos (silicatos, nitratos y fosfatos) que estimulan su desarrollo (Hasle y Syvertsen, 1996). Gran número de diatomeas mueren como consecuencia de los cambios estacionales, como por ejemplo aquellos que provocan el empobrecimiento local del material nutritivo, alteraciones medioambientales, su transporte por movimientos verticales del agua o bien al encontrarse localizadas por debajo de la zona eufótica, etc. El resultado de estas



incidencias lleva a una acumulación de diatomeas muertas en el fondo del mar y ello a su vez provoca que en determinadas zonas constituyan el principal componente del fango marino. La mayoría de las diatomeas acumulan aceites o ácidos grasos en vez de azúcares como producto final de la fotosíntesis, por lo que bajo condiciones excepcionales un crecimiento particularmente de diatomeas puede producir suficiente aceite como para llegar a formar una capa oleosa en la superficie del mar de varias millas de extensión (Werner, 1997).

3.4.4. Dinoflagelados.

Los dinoflagelados son organismos unicelulares, los cuales se distribuyen en función a la temperatura, salinidad y profundidad, por otra parte, sus características morfológicas y requerimientos nutritivos los hacen exitosos desde el punto de vista reproductivo, donde la estabilidad en la columna de agua es mayor y la concentración de nutrientes más baja (Tomas, 1997).

Además, estos organismos vivientes son protistas, principalmente planctónicos que se mueven en el agua gracias a dos flagelos desiguales y estos contienen pigmentos rojo-anaranjados. Muchos de ellos poseen cromatóforos fotosintéticos en el protoplasma y celulosa en la pared tecal. Sin embargo, otras formas son heterotróficas y por su capacidad de desplazamiento se parecen más a los animales. De acuerdo a esto la mayoría se distinguen por la presencia de un núcleo especial, entre otras características tiene cromosomas fibrilares que se mantienen condensados y visibles durante todo el ciclo mitótico.



De tal forma el ciclo vital de muchas especies de dinoflagelados presenta dos estadios principales. Uno móvil en el cual la célula está envuelta en una membrana llamada anfiesma y ocasionalmente por una estructura celulósica llamada teca, la cual no es fosilizable. Mientras en el otro estadio, la célula es inmóvil y se encuentra dentro de un quiste, el cual en ocasiones está hecho de un material proteínico muy resistente que este si es fosilizable. Además de esto su reproducción se da asexualmente. (Llorente y Cereceda, 2000-2001).

3.5. Generalidades de las microalgas

3.5.1. Clasificación de las microalgas.

Taxonómicamente la gran mayoría de especies de microalgas se encuentran dentro del dominio Eukarkya, reino Plantae. Por esta razón las clases incorporan en su nombre el sufijo - phyceae o - fícea que significa alga. Por lo que tradicionalmente la clasificación ha venido dada por su pigmentación, aunque actualmente se añaden otros criterios como la morfología, la naturaleza química, así como características de la pared celular o bien los productos de almacenamiento intracelulares. (Granhan, Granhan y Wilcox, 2000).

3.5.2. Composición de las microalgas.

El conjunto de contenido de lípidos, carbohidratos y proteínas de las microalgas es variable y puede ser manipulada mediante varios parámetros. En general, las cianobacterias tienen un contenido de hasta 20% en lípidos y la relación C: N puede variar entre 6 y 9 dependiendo de la especie. Para determinar la composición de las microalgas se puede usar la siguiente fórmula $C_{106}H_{181}O_{45}N_{16}P$, en donde se deduce que un kilogramo de microalgas contendría:

- 523,9 gr de carbono
- 74,5 gr de hidrógeno



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

- 296,5 gr de oxígeno
- 92,2 gr de nitrógeno
- 12,76 gr de fósforo

También se señala que los tamaños de las algas eucarióticas varían entre 0,5-30 μm , mientras que las cianobacterias pueden llegar a medir hasta 200 μm (Ruiz, 2011).

3.5.3 Contenido Nutricional de las Microalgas.

Dentro de los niveles nutricionales de las algas que se cultivan con los diferentes medios enriquecidos, consecuentemente el poder alimenticio de una especie algal depende de las condiciones generales de crecimiento dadas en el laboratorio. (Albalbe, Cid, Fidalgo, Torrez y Herrera, 1995).

Además, la nutrición de las larvas y juveniles depende del contenido y naturaleza de los constituyentes bioquímicos de las algas, los que representan la base para la formación de los nuevos tejidos o restauración de aquellos que han sido afectados para el metabolismo normal de los organismos de cría. Por otro lado, una combinación de algas como dieta brinda un mayor valor nutritivo debido a que contienen una gran mayoría de los requerimientos nutricionales necesarios para el crecimiento de las larvas, sean estas de camarón, moluscos y peces. Sin embargo, los componentes químicos de las microalgas no siempre son constantes, refiriéndose a aquellas que se cultivan. Estos niveles dependerán del tipo y contenido de nutrientes usados en el medio enriquecido, de la condición de la cepa de alga cultivada, de las condiciones de iluminación y temperatura, de la fase de crecimiento en que las algas son cultivadas y de la calidad del agua empleada en el cultivo. Por lo que algunos de estos factores pueden alterar significativamente la composición bioquímica de las microalgas cultivadas (Uribe, 1997).



3.5.4. Alimentación de las microalgas.

Por ser organismos que contienen clorofila y otros pigmentos fotosintéticos capaces de realizar el proceso de fotosíntesis, son las que mayormente contribuyen a la producción de biomasa en los océanos, estuarios, lagos y reservorios. Las posiciones de estos organismos dentro de las redes tróficas forman los pilares o bases de estas, debido al aporte de energía, de acuerdo a que son los productores primarios de biomoléculas sintetizadas a partir de la transformación de la energía luminosa a energía química (Hoff y Snell, 2001).

Tipos de alimentación de microalgas:

-Fotoautótrofa: estas tienen la capacidad de obtener la energía directamente del sol dependiendo de sus necesidades alternando así en la utilización de la energía luminosa y su transformación a la química utilizando dióxido de carbono, así como sustancias orgánicas (Droop, 1974).

-Fotoheterótrofas: son microalgas que obtienen como fuente de energía la luz solar para emplear una fuente de carbono como compuestos orgánicos. Por lo tanto, Los organismos adscritos a esta categoría utilizan el carbono orgánico como fuente de carbono. Por lo que no utilizan el agua como donador de electrones en la fotosíntesis y por lo tanto no producen O₂. Por último, son aeróbicos porque utilizan el oxígeno molecular como aceptor final de electrones en el proceso de respiración (Droop, 1974).

-Heterótrofa: estas microalgas son consideradas que pueden desarrollarse bajo ausencia de luz, como por ejemplo *Chlorella protothecoides* (Ruiz, 2011).

-Mixotrófica: microalgas capaces de crecer bajo procesos tanto autótrofos como heterótrofos. Capaces de obtener energía metabólica tanto de la fotosíntesis como de seres vivos. Estos



organismos pueden utilizar la luz como una fuente de energía, o tomarla de compuestos orgánicos o inorgánicos (Ruiz, 2011).

3.5.5. Reproducción de las microalgas.

La multiplicación de las microalgas ocurre generalmente por reproducción asexual (simple división celular). En este tipo de reproducción las microalgas crecen acumulando abundante materia orgánica y cuando ha logrado duplicar su material, se divide en dos microalgas más pequeñas que contiene, cada una, la misma información genética para efectuar de nuevo el ciclo (López y Catzim, 2010).

En condiciones de cultivo, la reproducción de las microalgas se lleva a cabo mediante mitosis y su crecimiento puede ser limitado por los niveles de nutrientes inorgánicos, así como por la deficiente manipulación en las unidades de cultivos. (Prieto, Mogollon, Castro y Sierra, 2005). Por otro lado, los ciclos de vida de las microalgas son cortos, por tanto, pueden desarrollar la formación de esporas de resistencia o de células de reposo para sobrevivir en situaciones desfavorables (López y Catzim, 2010).

3.5.6. Características adaptativas de las microalgas.

Las microalgas poseen excelentes estrategias de supervivencia para aclimatarse a las constantes condiciones de cambios ambientales, a las que están expuestas (Chan y Phag, 2006). De la misma manera estudios recientes han demostrado que existen adaptaciones en la fotosíntesis y respiración, como en su reproducción (Do, 1990). Así mismo en el crecimiento (Humm y Kreuzer, 1975) y en su morfología de distintas especies en función a diversos factores como, la temperatura y la intensidad de luz (Collados, 1999) de igual forma incide la disponibilidad de nutrientes (Durako y Dawes, 1980) como la densidad del cultivo y el soporte a la turbulencia del agua, profundidad y competencia entre especies. (Baghdadli, Tremblin, Pellegrine y Coudret, 1990).



3.5.7. Importancia Biológica y Económica de las Algas.

Las algas juegan un importante rol benéfico en la naturaleza. Ellas representan la productividad primaria de materia orgánica en ambientes acuáticos debido a sus actividades fotosintéticas. Por lo que su desaparición significaría la ausencia de la primera fuente de alimento y energía para los animales acuáticos. Por consiguiente, realizan el proceso de fotosíntesis oxigenando así el agua durante el día, al igual aportan sus productos como polisacáridos, aminoácidos, ADN, ARN, enzimas y otras proteínas al medio que sirven directamente a los organismos asociados a ellas. Así mismo la importancia de la comunidad planctónica en estanques de producción, radica en que son la base de la red trófica sirviendo de alimento a las especies susceptibles de cultivo que interactúan inter-específicamente con ellas como competidoras, parásitas, comensales etc., como también reflejan los cambios fisicoquímicos y biológicos que determinan la calidad del agua en estos sistemas. Otros beneficios de las algas macro y microscópicas es que son usadas como cultivos en gran número de especies, por acuicultores para ser utilizadas como alimento de organismos vertebrados e invertebrados y para la elaboración de alimentos consumidos por el hombre. De modo, que existe gran expectativa por estudiar más profundamente las algas marinas a fin de tener una mayor aplicación en la medicina humana moderna (González, 2000).

3.5.8. Principales usos de las microalgas.

Las algas han sido utilizadas con fines alimenticios y médicos desde la antigüedad, pero durante el último siglo se han descubierto una serie de propiedades y metabolitos con interés industrial como (ficocoloides) que han permitido darles otros usos con un mayor valor económico. Uno de los ficocoloides más comercializado es el agar, utilizado principalmente en los medios de cultivo microbiológico o como gelificante y espesante. Además de esto las algas y sus derivados se utilizan



en cosmética y en biomedicina por sus características gelificantes, como su actividad antitumoral, antifúngica y antivíricas (Mollion, 1977).

De tal manera, su alto contenido en fibra y sales minerales permite utilizarlas como fertilizantes, por lo que recientemente se han comercializado extractos líquidos de algas con esta finalidad (Levring, 1969). Actualmente se investiga la utilización de algas en la depuración de efluentes de piscifactorías cargados con compuestos de nitrógeno (amonio y urea) y fósforo (fosfatos) que al ser asimilados por las algas reducen las posibilidades de eutrofización de las zonas costeras (Biofiltración); desarrollándose sistemas de policultivo integrado en el que las algas cultivadas en estos efluentes sirven como complemento alimenticio para los propios seres vivos del cultivo (Neori et al., 2004).

3.6. Factores que determinan el crecimiento de las microalgas

Entre los distintos ecosistemas acuáticos la presencia de agentes externos o contaminantes de tipo orgánico o inorgánico causa modificaciones en las características físicas y químicas del agua, perturbando la composición y distribución de las comunidades acuáticas. (Roldan, 1992). En ese sentido, las modificaciones ecológicas repercuten en los índices de biodiversidad (Sala et al., 2000) debido a que afectan a las poblaciones de peces, plancton y especies de vida silvestre. (Solís, Atando, Nubes, Castillo y Meraz 2011).

Como organismos fotosintéticos, las microalgas dependen completamente de la luz que reciban. (Assemany, Calijuri, Aguiar, Batalhaa y Silva, 2015). La luz es utilizada para la fotosíntesis esta corresponde con el espectro solar, es decir entre 350 Nm y 700 Nm supone aproximadamente un 40% de la radiación total emitida por el sol. A diferencia del resto de organismos terrestres fotosintéticos que presentan una eficiencia de conversión luz-biomasa de un 1%, las microalgas consiguen llegar a un 4%. Por lo que el crecimiento de los microorganismos fotosintéticos es



proporcional a la intensidad de luz que recibe, siempre y cuando esta intensidad se sitúe por debajo de un valor límite conocido como intensidad óptima. Si el valor está por encima los organismos se ven dañados y por tanto el proceso de fotosíntesis se inhibe, este proceso llamado como fotoinhibición. No obstante, en el caso contrario refleja que los microorganismos que no disponen de suficiente luz para el correcto desarrollo reciben el nombre de fotolimitación. (Stevenson, Bothwel y lowe, 1996).

Salinidad

La salinidad es la cantidad de sales disueltas en un kg de agua de mar por lo que esta variable se mide en ppm. De tal forma la salinidad se debe a un numeroso conjunto de sales inorgánicas muy variadas, que se encuentran disociadas en sus respectivos iones, en cierto modo los iones más abundantes son cloruro, Sodio, Magnesio, sulfato y Potasio. Por consiguiente, este factor regula el crecimiento principalmente en base al proceso de ósmosis, siendo muy variable entre microalgas por lo que puede ocasionar efectos letales (Gonzales, 2000).

Oxígeno

Entre los gases disueltos, el oxígeno (O₂), es un gas de gran importancia biológica y en el agua participa de un sinnúmero de reacciones químicas. Todos los organismos heterotróficos dependen de una forma u otra del oxígeno para mantener los procesos metabólicos de producción de energía y de reproducción. Las principales fuentes de oxígeno para el agua son la atmósfera y la fotosíntesis. Por otro lado, las pérdidas ocurren por el consumo y la descomposición de materia orgánica (oxidación), hacia la atmósfera, por la respiración de organismos acuáticos y por la oxidación de iones metálicos (hierro y manganeso). La solubilidad del oxígeno en el agua está asociada a dos factores: temperatura y presión. De esta manera, con la elevación de la temperatura



y disminución de la presión, se produce la reducción y solubilidad del oxígeno en el agua. (Tundisi y Matsumura, 2008).

pH

El pH se considera la unidad de medida de la concentración de iones de hidrogeno resultantes de cambios en la alcalinidad, es decir la suma de iones que reaccionan para neutralizar hidrogeniones cuando un ácido se agrega al agua (Freís, 2005).

Por otro lado, la mayoría de las microalgas el nivel óptimo de pH oscila entre los valores de 7 a 9, sin embargo, si se presentan valores ácidos podrían causar la muerte, de la misma manera también afecta a la solubilidad de varios compuestos en el medio de cultivo, por lo que a un pH elevado disminuye la asimilación de ciertos metales traza (Richmond, 1986).

Turbidez

La turbidez es la medida de la capacidad del agua de dispersar la radiación solar por la presencia de partículas en suspensión, que pueden o no presentar color propio. En general, la turbidez proviene de la carga de sólidos erosionada en el área de drenaje de los afluentes, Las algas comportándose en el agua como partículas en suspensión, también influyen sobre el parámetro de la turbidez. En los eventos de floración, este parámetro puede alcanzar valores elevados. (Bollmann, Carneiro y Pergorine, 2005).

Temperatura:

La temperatura, es uno de los factores principales que afecta críticamente a diferentes especies, de modo, que tiene influencia sobre el metabolismo del organismo, por lo que, influye en la velocidad de descomposición de la materia orgánica, afectando al mismo tiempo la cantidad de



oxígeno disuelto presente en el agua. (Pereira y trinidad 1992). Además, el efecto de la temperatura en las reacciones bioquímicas es también otro factor de relevancia por lo que influye tanto en la composición como en la actividad de las microalgas. (Ruiz, Serralto y Ferrero, 2015). así como también la composición de la biomasa y la velocidad de crecimiento, siendo el rango óptimo para la mayoría de microalgas, entre 18 y 22° C (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación FAO, 2009).

3.7. Eutrofización

El término de eutrofización es el proceso que presentan algunos sistemas acuáticos, dado por el aumento del aporte de fósforo y nitrógeno desde la cuenca de drenaje que se manifiestan en una intensa proliferación y acumulación excesiva de microalgas y plantas superiores (Ryding y Rast, 1992). Por ende, la causa primordial de la eutrofización es el incremento de la carga de nutrientes por diversas vías, fundamentalmente de las diferentes fracciones de fosforo y nitrógeno. El aumento del estado trófico de un sistema puede ser el resultado de aportes externos o internos. Por lo que la carga externa se genera a partir de materiales arrastrados por la acción de la precipitación y erosión de la cuenca (Esteves, 1988), a ello se le suma el vertido de aguas industriales, domésticos y el uso de fertilizante en la explotación agrícola. Sin embargo, la cantidad de nutriente que llega a los sistemas acuáticos varía, de acuerdo al tipo de sistema y a las particularidades de la cuenca de descarga y las características químicas de las propias sustancias que son vertidas. Además, los sistemas de agua con corrientes como ríos y arroyos, constituyen importantes vías de entrada de nutrientes a los sistemas lenticos. Anualmente los ríos y cursos de agua retienen pequeñas cantidades de nutrientes, en relación a la carga que les llega lo que depende de diferentes factores como la forma del lecho, el caudal la litología y la vegetación (Programa de las naciones unidas para el ambiente UNEP-Centro internacional de tecnología ambiental IETC, 2001).



Por otra parte, la eutrofización causa la proliferación del fitoplancton debido a una mayor abundancia de nutrientes. Si bien este proceso se manifiesta de diversas maneras, todas estas incluyen un aumento de la biomasa seguido por cambios de la especie dominantes y disminución de la diversidad. En términos generales la composición específica de los sistemas presenta una marcada diferencia en función al estado trófico. En los oligotróficos denominan Clorofitas, mientras que en los sistemas eutróficos e hipereutrótico se presentan monocultivos de grandes cianobacterias coloniales. En las etapas intermedias mesotrofia denominan las diatomeas. Como todos los fenómenos ecosistémicos, el aumento de la biomasa algal resulta de la interacción de factores externos tales como el aporte de nutrientes y procesos internos como la abundancia y composición de las poblaciones consumidoras del fitoplancton (Carpenter y Pace, 1977).

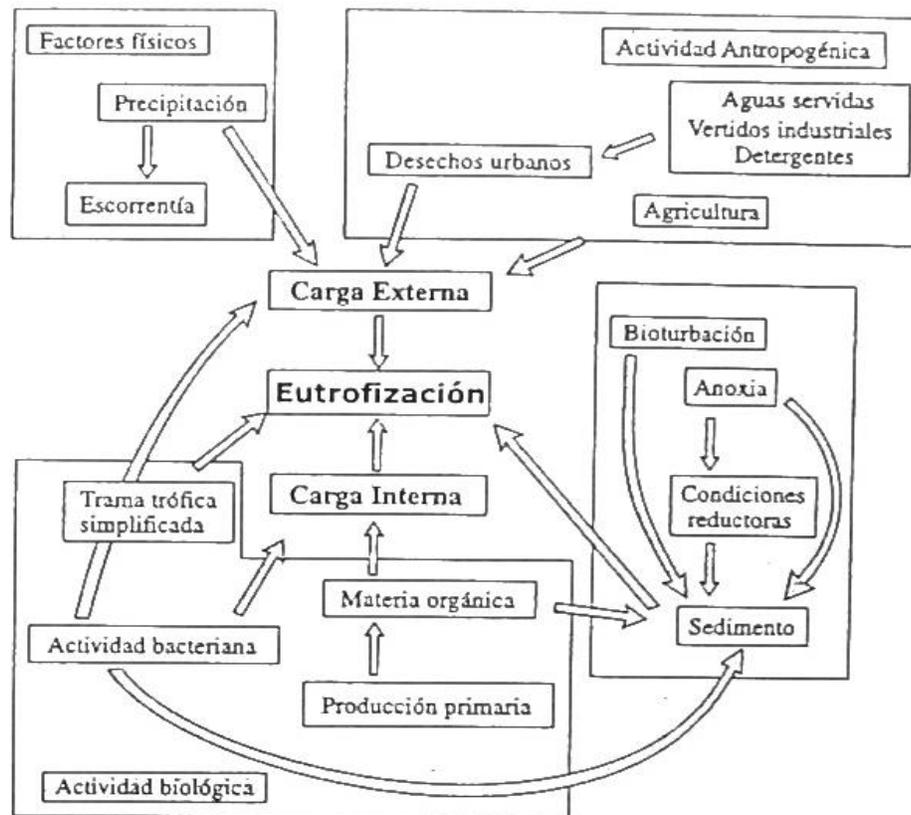


Fig. 1. Diagrama de los principales factores en la generación del proceso de eutrofización en sistemas acuáticos.

Fuente: (Carpenter y Pace 1997).



3.8. Floración algal

Las aguas con alto contenido de nutrientes (eutrofizadas) u otros residuos químicos (contaminadas) alteran la composición de la biota, donde una de las respuestas inmediatas y evidentes es la disminución de la diversidad de las comunidades fitoplanctónicas, lo cual favorece el incremento de las especies más aptas para crecer en estas condiciones especiales (Hallegraef, 1992). Las floraciones algales son una consecuencia de la eutrofización y pueden ser desarrolladas por diversas especies de fitoplancton pertenecientes a las Clases *Bacillariophyceae* (diatomeas), *Chlorophyceae* (algas verdes), *Dinophyceae* (dinoflagelados), *Chrysophyceae*, o *Cyanophyceae* (cianobacterias) (Paerl, 1996).

3.8.1. Floraciones de cianobacterias.

Las cianobacterias son las principales microalgas presentes en aguas continentales eutrofizadas especialmente aquellas que contienen altos niveles de nitrógeno y fósforo por lo que son indicadores del deterioro de la calidad ambiental. Por lo general las especies de cianobacterias desarrollan floraciones en ambientes de agua dulce, salobre o marina. Dentro de las cuales se encuentran los géneros de cianobacterias de aguas continentales (dulce y salobre), que han registrado floraciones tóxicas con mayor frecuencia a nivel mundial. Las que se destacan *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix*, *Cylindrospermopsis* y *Nodularia*, por su amplia distribución y por los efectos sobre otros organismos debido a la presencia de toxinas, denominadas genéricamente cianotoxinas. (Parra, Aviles Becerra, Dellarossa y Montoya, 1986).

Así mismo Algunas especies de este grupo como (*Microcystis spp*, *Anabaena spp*, *Aphanizomenon spp*) desarrollan floraciones fácilmente visibles debido a que las células se acumulan en la superficie de la columna de agua, formando una capa densa de algunos centímetros de espesor y de un color verde flúor característico de esta especie, las cuales ascienden a la



superficie en un lapso de minutos a horas cuando la columna de agua se estabiliza, esto debido a la presencia de vacuolas de gas protoplasmáticas. Dicha estabilidad se da en condiciones de vientos menores a 3 m s⁻¹, de modo que en menos de 24 horas un ambiente turbulento pasa a un estado estable lo que permite la acumulación de la floración en la superficie (Reynolds y Walsby, 1975).

Tabla 1. Genero de cianobacterias que producen floraciones toxicas.

Géneros de cianobacterias que desarrollan floraciones tóxicas

<i>Anabaena</i>	<i>Microcystis</i>
<i>Aphanizomenon</i>	<i>Nodularia</i>
<i>Aphanizomenon</i>	<i>Nostoc</i>
<i>Aphanocapsa</i>	<i>Oscillatoria</i>
<i>Coelosphaerium</i>	<i>Phormidium</i>
<i>Cylindrospermopsis</i>	<i>Planktothrix</i>
<i>Gloeotrichia</i>	<i>Pseudanabaena</i>
<i>Gomphosphaeria</i>	<i>Synechocystis</i>
<i>Lyngbya</i>	<i>Synechococcus</i>

Fuente: (Parra et al., 1986).

3.8.2. Principales causas y consecuencias que favorecen y controlan el desarrollo de floraciones de cianobacterias.

Para el desarrollo de una floración algal basta con que estén presentes algunos y no todos los factores. Por los que esto va en dependencia de las características naturales que puede presentar un sistema acuático que a su vez pueden ocasionar perjuicios con relación a los diversos usos del recurso. (Reynolds, Tundisi y Hino, 1993). Entre los efectos más destacables de estos fenómenos se mencionan:



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

En lo que respecta a la intensidad luminosa generalmente va asociado al incremento de la temperatura y a la duración del día solar. La fuente de luz tiene incidencia directa sobre el metabolismo algal, de modo que al aumentar la intensidad luminosa también aumenta la actividad fotosintética por ende la demanda de nutrientes. De tal manera se produce un incremento de la biomasa de las células algales que ocasiona el incremento de las poblaciones de determinadas especies. Por efecto cuando la floración se acumula en la superficie de la columna de agua, y se produce un sombreado sobre el resto de las especies dispersas en los niveles inferiores y con ello una limitación de su crecimiento. (Parra et al., 1986).

Por otro lado, el contenido de la carga excesiva de nutrientes en el agua, principalmente de nitrógeno (N) y fósforo (P) son, fundamentales para la vida de los organismos, el exceso de alguno de ellos transforma al otro en un nutriente limitante para el crecimiento algal. De modo que solo aquellas especies capaces de desarrollar determinadas estrategias podrán superar esa carencia y alcanzar densidades muy altas. (Parra et al., 1986).

En base a la temperatura del agua, está se da cuando se encuentra por encima de los 20 °C que favorece el desarrollo de las cianobacterias, ya que incrementa las tasas de crecimiento y de reproducción celular.

Por lo tanto, la mayoría de las floraciones de este grupo se registran durante períodos cálidos a excepción de *M. aeruginosaes* que se reporta como una especie que desarrolla floraciones en ambientes con temperatura < 20 °C (Parra et al., 1986).



Además, existe una toxina, microcystina, la cual es una hepatotoxina potente, 100 veces más que el cianuro. Al momento de la ingestión de agua con altas concentraciones de cepas tóxicas de esta alga ocasiona la muerte de animales (Carmichael, 1981).

Así mismo tiene efectos acumulativos crónicos que pueden producir la muerte por la formación de tumores hepáticos. Por lo que se estima que una dosis de efecto letal para el hombre requiere el consumo de 5 litros de agua con una densidad de algas de $2.105 \text{ cel mL}^{-1}$. Si bien esta densidad es fácilmente alcanzable en una floración, el aspecto del agua provoca un natural rechazo que constituye una defensa para el potencial consumidor (Pizzolon, 1996).

Por otra parte, las floraciones de cianobacterias se relacionan con la alta productividad primaria de la comunidad planctónica. Esto determina, por un lado, un incremento en el consumo de oxígeno debido a la respiración de las algas y especialmente de los microorganismos degradadores de esa biomasa (Falconer, 1996).

Al igual también las floraciones de cianobacterias afectan a los organismos acuáticos por efectos mecánicos o bioquímicos, ya sea obstruyendo mecánicamente las agallas de los peces e impidiendo el intercambio gaseoso, intoxicando directamente a los organismos o indirectamente a través de la cadena trófica (Falconer, 1993).

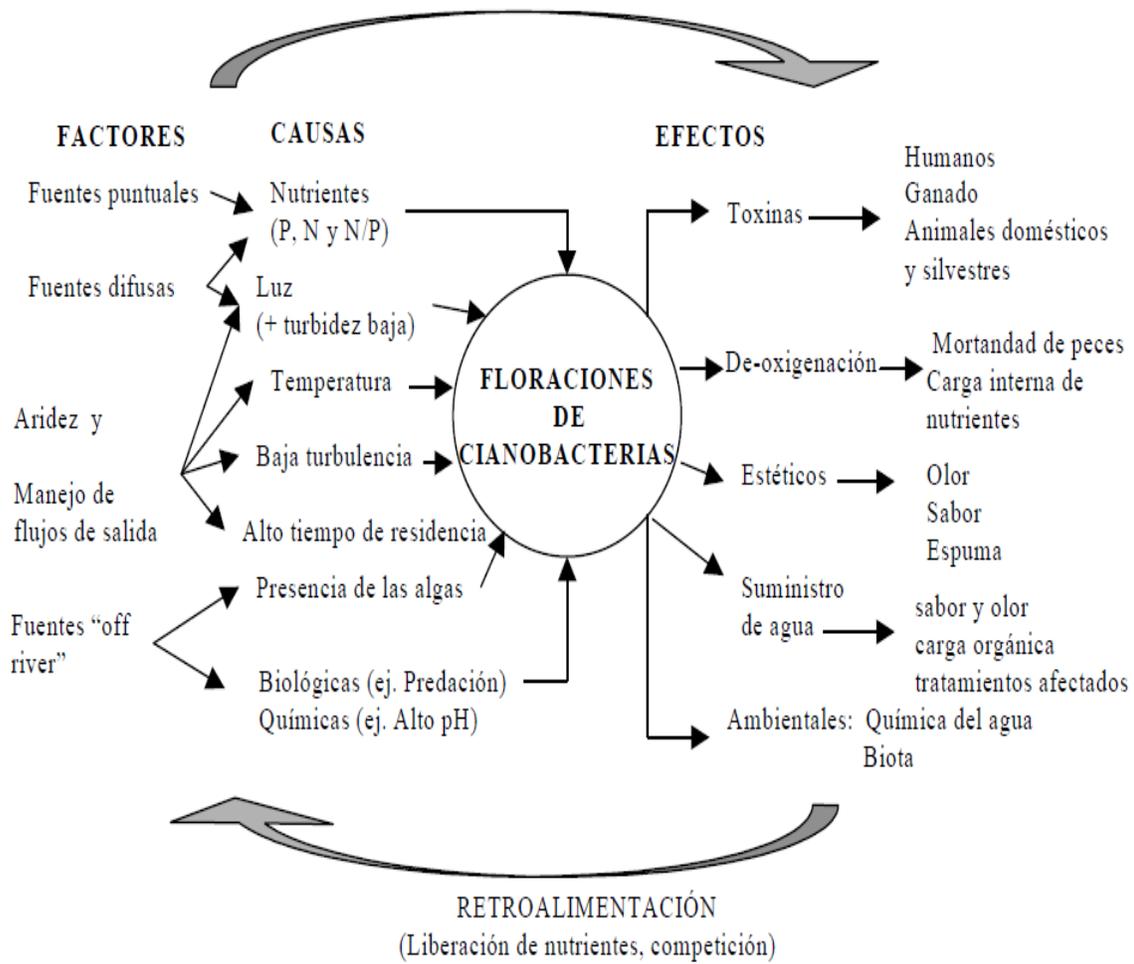


Fig. 2. Diagrama simplificado de los factores que determinan las causas de las floraciones de cianobacterias y los efectos de éstas sobre los sistemas acuáticos, su biota y sus potenciales usos.

Fuente: (Reynolds et al., 1983).



4. Materiales y Métodos

4.1. Área de estudio

El presente estudio se realizó en el Estero de Salinas Grandes, Departamento de León, Nicaragua, en el periodo de junio-noviembre 2017. La zona de estudio tiene un área de 1.8 km, dividido en 3 puntos de muestreos estratégicamente. Existiendo una de distancia, entre Nacascolo (p1) a Navajas (p2) de 725 m y entre el punto dos, a Corcovado (p3) de 1090 km.



Figura 3. Mapa de puntos de muestreo (P1: Nacascolo: 12°17'49.9"N, 86°54'18.8"W, P2 Navajas: 12°18'06.3"N, 86°54'33.1"W, P3 Corcovado 12°17'52.2"N 86°54'56.2"W)



Tabla 2. Coordenadas geográficas de puntos de muestreo en el estero de salinas grandes, Nicaragua.

Punto	Localidad	Latitud	Longitud
P1	Nacascolo	12°17'49.9``N	86°54'18.8``W
P2	Navaja	12°18'06.3``N	86°54'33.1``W
P3	Corcovado	12°17'52.2``N	86°54'56.2``W

4.2 Metodología experimental para la toma de muestras.

Los muestreos se realizaron en un área de 1.8 km, con una duración de 6 meses en el periodo comprendido de junio a noviembre. El área de estudio está dividida en tres puntos de muestreos los cuales fueron georreferenciados por medio de un GPS marca (étrex). Iniciando desde Nacascolo (p1), las Navajas (p2), y Corcovado (p3). Dichos puntos fueron identificados estratégicamente por medio de caletas. Tomando como factor el día de muestreo la marea más alta del mes.

Monitoreo de los parámetros fisicoquímicos (salinidad, oxígeno disuelto (OD), pH, temperatura y turbidez).

Para la toma de temperatura y OD se utilizó un oxígenometro marca (YSI). El cual el dispositivo consta con una membrana que es sumergida a una profundidad 20 cm desde la superficie del agua. La salinidad se obtuvo por medio de un refractómetro marca (J&G SG). Tras cada toma de medida el refractómetro era lavado con agua destilada para realizar las siguientes lecturas e identificar los niveles de salinidad de cada punto de muestreo. El pH se midió con un pH-metro marca (pH EcoTestr) el cual se introduce en la superficie del agua. Previo a la utilización el dispositivo se lava tras cada medida. La turbidez se obtuvo a través de la lectura de un disco de secchi, el cual



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

está graduado con franjas blanca y negra a cada 5cm, La metodología consistía en hacer descender el disco sobre la columna de agua hasta no ser visible. Esta lectura se tomaba siempre en la sombra de embarcación para evitar error por el reflejo del sol. Las lecturas fueron registradas siempre por la misma persona.

La toma de muestra de agua, se realizó usando un tubo PVC de 2 pulgadas de ancho por 1 metro de altura, el tubo muestreador fue sumergido en el centro de la columna de agua, Esta misma era depositada en una cubeta con capacidad de 10 litros de agua, respectivamente se llenaron tres recipientes de 500ml previamente rotulados por cada punto, a las cuales se les agrego 1.5 ml de lugol neutro esto para fijar las muestras, para ser trasladada al Laboratorio de Fisiología Animal de la UNAN-León.

4.3. Identificación de los grupos de fitoplancton y conteo celular.

La identificación de los grupos de microalgas mayormente encontrados en el estero de salinas grandes se realizó mediante un microscopio óptico convencional y cámaras implementadas para la lectura y cuantificación de fitoplancton, con el apoyo del uso de manuales y catálogos de manera que sea más factible su determinación. Previo a la realización de cada una de las lecturas, las muestras fueron agitadas suavemente, de manera que no se fragmentaran las células.

4.3.1. Cámara Neubauer o Hematocitómetro.

Mediante un gotero se agrega 10 μ l de la muestra de agua en la cámara, cubierta con un cubre objeto, luego se coloca en el microscopio enfocando así con el lente 4X para ubicar toda la cámara y una vez ubicada se pasara al lente de 10X para ubicar los cuadrantes, ya seleccionado se utiliza el lente de 40X para proceder a la identificación de fitoplancton, el conteo se realiza desde la parte superior izquierdo llevando así una trayectoria en forma de S. el fitoplancton encontrado en los



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físico-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

cuatros cuadrantes se multiplicaran por 2500. Para obtener el número de concentración de células por mililitros.

4.3.2. Cámara Sedgwick-Rafter (S/R).

Con la utilización de un gotero se colocó un 1 ml de muestra de agua uniformemente para que no se produzcan burbujas de agua y así evitar producir un margen de error. Mediante al microscopio se enfocará con el lente de 10x y se observará cada cuadrante que posee la cámara para realizar la identificación y cuantificación del fitoplancton presente, el conteo se realizó 15 veces por muestra cambiando de muestra cada lectura realizada.

4.4. Análisis estadísticos.

Para todos los experimentos la comparación entre los grupos se realizó usando Sigma Stat (SPSS Inc., Chicago, IL). Los datos fueron analizados mediante una prueba de normalidad (Shapiro-Wilks) y de homogeneidad de varianzas (prueba C de Cochran). Los datos se muestran como media \pm E.E.M. de cada grupo y las diferencias entre ellos se evaluaron mediante un ANOVA de una vía. Tras los análisis de varianza se realizó el test de comparaciones múltiples de Student Newman Keuls. En todos los casos el nivel de significación se estableció con un valor de $P < 0.05$. La relación de la comparación entre los parámetros físico-químicos y la concentración de los grupos de microalgas se determinaron usando el análisis de Correlación de Pearson (R).



5. Resultados

5.1. Parámetros Físicos-Químicos

5.1.1. Salinidad.

En la tabla 3 se muestran los valores promedio con respecto al comportamiento de la concentración salina (ppm), en cada uno de los puntos de muestreo en los 6 meses de estudio. De manera general, se observa tendencia decreciente, iniciando en el mes de julio hasta noviembre y también un decrecimiento de las concentraciones con respecto del primer al último punto de muestreo.

Tabla 3. Valores promedio de Salinidad (ppm) en cada punto de muestreo, en el periodo junio-noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León.

Concentración salina (ppm)

Meses	Nacascolo	Navajas	Corcovado
Junio	12.33	7.33	4.33
Julio	34.66	30	25.33
Agosto	19.66	21.66	14
Septiembre	13.33	14.33	7.66
Octubre	6.66	6.33	2.33
Noviembre	6.33	4.66	1.66



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

5.1.2. Valores de pendiente de salinidad (ppm).

La tabla 4 muestra los valores del comportamiento de la concentración salina a través de los valores de las pendientes (b), durante todo el periodo de muestreo (junio-noviembre), en diferentes intervalos de tiempo. De manera general, nuestros resultados indica un decrecimiento de los valores de pendiente en todo el periodo de estudio en cada uno de los sitios estudiados.

Tabla 4. Valores de pendiente de Salinidad (ppm) en cada punto de muestreo, en el periodo junio-noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León.

Valores de pendiente (salinidad)

Meses	JUN-NOV	JUL-NOV	AGO-NOV	SEP-NOV	OCT-NOV
Nacascolo	-3,4381	-6,9667	-4,6667	-3,5	-03333
Navajas	-2,619	-6,6	-5,9	-4,8333	-1,6667
Corcovado	-2,5333	-5,9	-4,2333	-3	-0,6667



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físico-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

5.1.3. Oxígeno Disuelto (OD).

En la tabla 5 se muestran las concentraciones promedio de oxígeno disuelto encontradas en cada punto de muestreo por mes. Se refleja una tendencia decreciente del primer al último punto de muestreo, exceptuando los meses de agosto y septiembre.

Tabla 5. Valores promedio de Oxígeno disuelto (mg/L) en cada punto de muestreo, en el periodo junio-noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León.

Concentración de oxígeno disuelto(mg/L)

Meses	Nacascolo	Las navajas	Corcovado
Junio	2.32	1.16	0.72
Julio	4.53	4.16	2.4
Agosto	3.56	3.8	2.33
Septiembre	1.33	1.7	1.36
Octubre	3.2	3.13	2.86
Noviembre	1.76	1.33	1



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

5.1.3. Valores de pendiente de oxígeno (mg/L).

La tabla 6 muestra los valores del comportamiento de la concentración de oxígeno a través de los valores de las pendientes (b), durante todo el periodo de muestreo (junio-noviembre), en diferentes intervalos de tiempo. De manera general, nuestros resultados indica un decrecimiento de los valores de pendiente en todo el periodo de estudio en cada uno de los sitios estudiados.

Tabla 6. Valores de pendiente de Oxígeno disuelto (mg/L) en cada punto de muestreo, en el periodo junio-noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León.

Valores de pendiente (oxígeno)

Meses	JUN-NOV	JUL-NOV	AGO-NOV	SEP-NOV	OCT-NOV
Nacascolo	-0,2576	-0,59	-0,3533	0,2167	-1,4333
Navajas	-0,1248	-0,6333	-0,5967	-0,1833	-1,8
Corcovado	0,0524	-0,2267	-0,25	-0,1833	-1,8667



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

5.1.4. pH.

La tabla 7 muestra las concentraciones promedio de pH encontradas en cada punto de muestreo por mes, donde los valores máximos se presenta en el mes de noviembre en los tres puntos.

Tabla 7. Valores promedio de pH (ppm) en cada punto de muestreo, en el periodo junio-noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León. Noviembre.

Concentración de pH			
Meses	Nacascolo	Navajas	Corcovado
Junio	7.41	7.48	7.51
Julio	7.33	7	7.1
Agosto	7	7.4	7
Septiembre	8.13	8.06	8.13
Octubre	8	7.93	8.033
Noviembre	8.6	8.56	8.83



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

5.1.5. Disco de secchi.

La tabla 8 muestra los valores promedio de lectura de Disco de Secchi en cada punto de muestreo por mes, donde se refleja que en el mes de junio se dieron las lecturas más bajas en los tres puntos, lo que indica que fue el mes con mayor turbidez en todo el periodo de estudio.

Tabla 8. Valores promedio de lectura de Disco de Secchi en cada punto de muestreo, en el periodo junio-noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León.

Valores de disco de secchi (cm)

Meses	Nacascolo	Navajas	Corcovado
Junio	35	31.66	33.33
Julio	120	100	105
Agosto	106.66	106.66	98.33
Septiembre	66.66	58.33	56.66
Octubre	76.66	66.66	55
Noviembre	76.66	78.33	61.66



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

5.1.6. Temperatura.

La tabla 9 muestra los valores promedios de temperatura encontradas en cada punto de muestreo por mes. Se refleja que no hay variación significativa a lo largo del tiempo.

Tabla 9. Valores promedio de temperatura en cada punto de muestreo, en el periodo junio noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León.

Valores de temperatura (°C)

Meses	Nacascolo	Navajas	Corcovado
Junio	28.3	27.9	27.9
Julio	29.16	29.3	29.46
Agosto	30.6	30.23	30.2
Septiembre	29.3	29	29.03
Octubre	30.16	29.6	29.16
Noviembre	29.16	28.66	28.4



5.2. Identificación y conteo de los grupos fitoplanctónicos entre los meses muestreados

5.2.1. Concentración de Clorofitas.

La figura 4 muestra los valores de la concentración de Clorofitas por punto y mes de muestreo. De manera general, nuestros resultados indican que no hubo diferencias significativas entre puntos de muestreo ni el en tiempo.

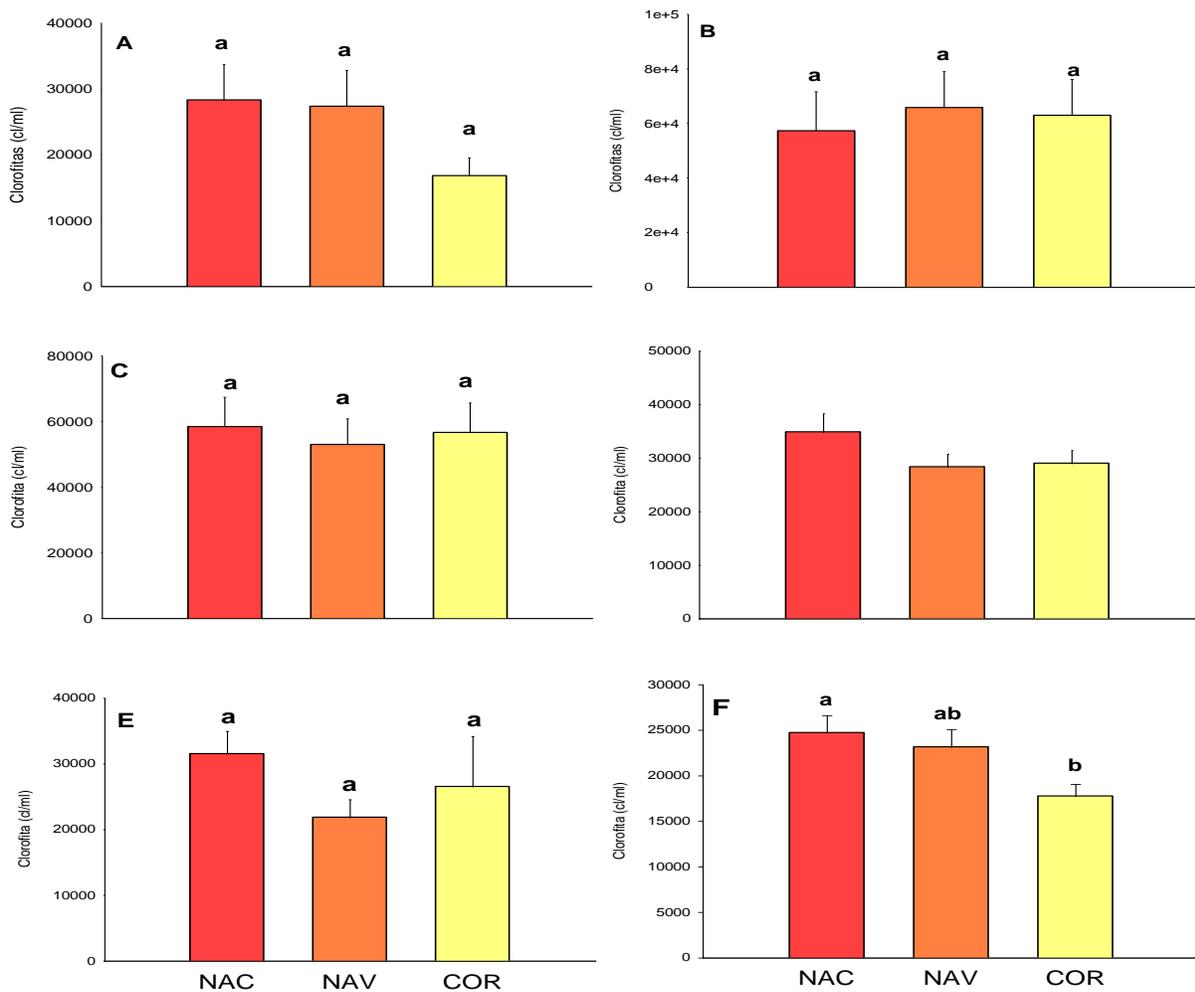


Fig.4. Valores promedio de la concentración de Clorofitas en el periodo junio-noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León. Junio (A), Julio (B), Agosto (C), Septiembre (D), Octubre (E) y Noviembre (F). Nacascolo Punto 1 (NAC), Las Navajas Punto 2 (NAV), Corcovado Punto 3 (COR).



5.2.2. Concentración de Diatomeas.

La figura 5 muestra los valores de la concentración de Diatomeas por punto y mes de muestreo. De manera general, nuestros resultados indican que no hubo diferencias significativas entre puntos de muestreo en los meses de julio, septiembre y octubre, mostrando diferencias en los meses de junio, agosto y noviembre, donde Corcovado presenta diferencias con respecto a los otros puntos.

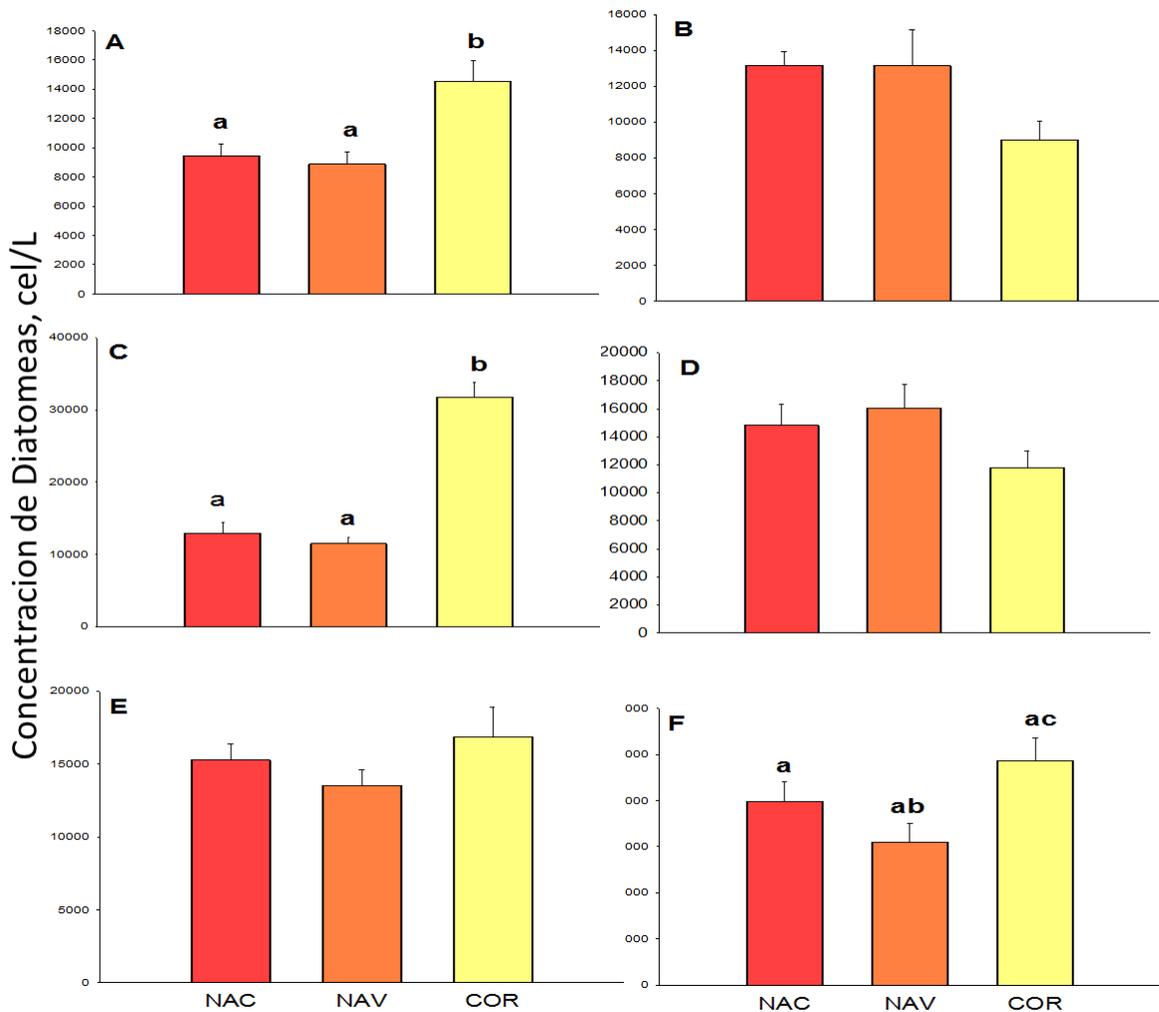


Fig.4. Valores promedio de la concentración de Diatomeas en el periodo junio-noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León. Junio (A), Julio (B), Agosto (C), Septiembre (D), Octubre (E) y Noviembre (F). Nacascolo Punto 1 (NAC), Las Navajas Punto 2 (NAV), Corcovado Punto 3 (COR).



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

5.2.3. Concentración de dinoflagelado.

La tabla 10 muestra los valores promedio de la concentración de Dinoflagelados por punto y mes de muestreo. De manera general, nuestros resultados reflejan que entre los meses de junio a septiembre las concentraciones fueron relativamente bajas.

Tabla 10. Valores promedio de concentración de Dinoflagelados en cada punto de muestreo, en el periodo junio noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León.

Concentración de Dinoflagelados (cel/L)

Meses	Nacascolo	Navajas	Corcovado
Junio	0.00	0.00	0.00
Julio	0.00	0.00	0.00
Agosto	0.00	133.33	600
Septiembre	140	66.66	0.00
Octubre	4933.33	2400	3533.33
Noviembre	1533.33	2800	4400



5.2.4. Géneros de clorofitas.

La tabla 11 muestra la suma del valor promedio de las concentraciones de los géneros de Clorofitas encontrados en cada de los seis meses de estudio, en los tres puntos de muestreo. Los resultados señalan que el género *Chlorella sp.* fue el único encontrado en todo el periodo de estudio. La mayor concentración fue en el mes de julio con 186,167 (cel/mL) y la menor en el mes de noviembre con 65,566.66 (cel/mL).

Tabla 11. Valores promedios de los géneros de Clorofitas presentes en toda el área de estudio en el periodo junio-noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León.

Concentración de Clorofitas(cel/ml)

Genero	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
Chlorella.	72,533	186,167	168,133.33	92,166.66	79,833.33	65,566.66



5.2.5. Géneros de diatomeas.

La tabla 12 muestra la suma de valores promedio de las concentraciones de los géneros de diatomeas en los tres puntos a lo largo de seis meses de estudios. Los resultados reflejan que el género *Navícula* fue el más predominante en el tiempo, sin embargo, el género *Nitzchia* presentó la mayor concentración en el mes de agosto con 27,200 cel/L.

Tabla 12. Valores promedios de los géneros de Diatomeas presentes en toda el área de estudio en el periodo junio-noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León.

Concentración de Diatomeas (cel/L)						
GENEROS	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
<i>NITZCHIA</i>	7466.66	7666.66	27200	5600	11866.66	10400
<i>PLEUROSIGMA</i>	3066.66	1866.66	3200	2266.66	2266.66	1600
<i>COSCINODISCUS</i>	6733.33	4400	4533.33	11733.33	7266.67	16133.33
<i>CYCLOTELLA</i>	200	0	66.666	133.33	400	1000
<i>NAVICULA</i>	9800	9533.33	7800	14666.66	14866.66	12800
<i>BIDDULPHIA</i>	133.33	0	0	0	66.66	0
<i>THALLASIONEMA</i>	0	1133.33	4133.33	133.33	400	400
<i>GYROSIGMA</i>	3000	1333.33	2733.33	1800	2047.61	2866.66
<i>DIPLONEIS</i>	1933.33	2333.33	2333.33	3806.66	3695.23	4400
<i>SKELETONEMA</i>	466.66	3333.33	2466.66	200	66.66	866.66
<i>AMPHORA</i>	66.66	0	0	0	66.66	0
<i>CHAETOCEROS</i>	0	3180.95	133.33	466.67	466.66	4466.66
<i>ODONTELLA</i>	0	400	133.33	0	0	71.42
<i>ASTERIONELLA</i>	0	133.33	666.66	0	0	0
<i>SURIRELLA</i>	0	0	0	466.66	666.66	666.66
<i>ACHNANTHES</i>	0	0	0	947.61	133.33	0
<i>RHIZOLENIA</i>	0	0	0	0	400	1000
<i>PINNULARIA</i>	0	0	0	0	466.66	0
<i>AULACODISCUS</i>	0	0	0	0	0	1866.66
<i>FRAGILARIA</i>	0	0	0	0	0	66.66
<i>BACTERIASTRUM</i>	0	0	0	0	0	66.66
<i>GYNARDIA</i>	0	0	400	0	533.33	400
<i>MELOSIRA</i>	0	0	266.66	0	0	0
TOTAL	32866.66	35314.28	56066.66	42220.95	45676.19	59071.42



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

5.2.6. Géneros de dinoflagelados.

La tabla 13 muestra la suma de valores promedio de las concentraciones de los géneros de Dinoflagelados en los 3 puntos a lo largo de seis meses. Los resultados reflejan que en el mes de octubre se dio la mayor concentración total de todo el periodo de estudio, siendo el género *Prorocentrum* el que predominó en este mes con una concentración 10733.33 (cel/L).

Tabla 13. Valores promedios de los géneros de Dinoflagelados presentes en toda el área de estudio en el periodo junio-noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León.

Concentración de Dinoflagelados (cel/L)

GENEROS	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
<i>PROROCENTRUM</i>	0	0	733.33	206.66	10,733.33	8,733.33
<i>DICTYOCHA</i>	0	0	0	0	133.33	0
TOTAL	0	0	733.33	206.66	10,866.66	8,733.33



5.2.7. Correlaciones entre concentraciones de microalgas y parámetros físico-químicos (Nacascolo).

Pearson Product Moment Correlation

Data source: Correlaciones Nacascolo

Cell Contents:
Correlation Coefficient
P Value
Number of Samples

	DIAT	CL	OD	pH	TUR	SAL	TEMP
DINO	0.397 0.378 7	-0.418 0.351 7	0.0153 0.974 7	0.449 0.312 7	-0.0881 0.851 7	-0.557 0.194 7	0.382 0.397 7
DIAT		-0.508 0.244 7	-0.455 0.305 7	0.876 0.00967 7	0.0141 0.976 7	-0.524 0.227 7	0.0679 0.885 7
CL			0.781 0.0382 7	-0.773 0.0415 7	0.830 0.0207 7	0.853 0.0146 7	0.473 0.284 7
OD				-0.693 0.0844 7	-0.736 0.0595 7	0.740 0.0572 7	0.354 0.435 7
pH					-0.339 0.457 7	-0.661 0.106 7	-0.197 0.672 7
TUR						0.695 0.0830 7	0.582 0.171 7
SAL							-0.00936 0.984 7
TEMP							

The pair(s) of variables with positive correlation coefficients and P values below 0.050 tend to increase together. For the pairs with negative correlation coefficients and P values below 0.050, one variable tends to decrease while the other increases. For pairs with P values greater than 0.050, there is no significant relationship between the two variables.



5.2.8. Correlaciones entre concentraciones de microalgas y parámetros físico-químicos (Navajas).

Pearson Product Moment Correlation

Data source: Correlaciones Navajas.

Cell Contents:
Correlation Coefficient
P Value
Number of Samples

	DINO	CL	OD	pH	TUR	SAL	TEMP
DIAT	0.447 0.315 7	0.403 0.371 7	-0.0734 0.876 7	0.625 0.133 7	0.237 0.609 7	-0.0614 0.896 7	0.201 0.666 7
DINO		0.611 0.145 7	-0.219 0.637 7	0.743 0.0556 7	0.0124 0.979 7	-0.646 0.117 7	0.00123 0.998 7
CL			-0.288 0.531 7	0.559 0.192 7	0.246 0.595 7	-0.254 0.583 7	0.176 0.706 7
OD				-0.665 0.103 7	-0.796 0.0322 7	0.776 0.0401 7	0.818 0.0247 7
pH					-0.290 0.529 7	-0.778 0.0393 7	0.232 0.616 7
TUR						0.688 0.0877 7	0.801 0.0304 7
SAL							0.498 0.255 7
TEMP							

The pair(s) of variables with positive correlation coefficients and P values below 0.050 tend to increase together. For the pairs with negative correlation coefficients and P values below 0.050, one variable tends to decrease while the other increases. For pairs with P values greater than 0.050, there is no significant relationship between the two variables.



5.2.9. Correlaciones entre concentraciones de microalgas y parámetros físicos-químico (Corcovado).

Pearson Product Moment Correlation

Data source: Correlaciones Corcovado.

Cell Contents:
Correlation Coefficient
P Value
Number of Samples

	DINO	CL	OD	pH	TUR	SAL	TEMP
DIAT	0,346 0,448 7	0,0543 0,908 7	0,0564 0,904 7	0,0178 0,970 7	0,211 0,649 7	-0,240 0,604 7	0,347 0,446 7
DINO		-0,479 0,276 7	0,0722 0,878 7	0,754 0,0502 7	-0,228 0,623 7	-0,608 0,147 7	-0,213 0,646 7
CL			0,638 0,123 7	-0,769 0,0434 7	0,946 0,00126 7	0,928 0,00254 7	0,843 0,0172 7
OD				-0,416 0,353 7	0,599 0,155 7	0,427 0,339 7	0,786 0,0360 7
pH					-0,554 0,197 7	-0,744 0,0550 7	-0,545 0,205 7
TUR						0,847 0,0161 7	0,834 0,0198 7
SAL							0,599 0,155 7
TEMP							

The pair(s) of variables with positive correlation coefficients and P values below 0,050 tend to increase together. For the pairs with negative correlation coefficients and P values below 0,050, one variable tends to decrease while the other increases. For pairs with P values greater than 0,050, there is no significant relationship between the two variables



6. Discusión

6.1. Caracterización preliminar del estudio

Un sistema Estuarino se define como un cuerpo de agua costero semicerrado el cual tiene una conexión libre con el mar abierto, dentro del cual el agua de mar es diluida con agua dulce derivada del drenaje terrestre. Desde un punto de vista físico la definición de un estuario debe reconocer ciertas similitudes básicas en la distribución de la salinidad y la densidad, así como el patrón de circulación y los procesos de mezclado (Pritchard, 1967). El presente estudio tiene como finalidad hacer un estudio de la dinámica fitoplanctónica y las variaciones de los parámetros fisicoquímicos en los meses de invierno (junio a noviembre) para evaluar las condiciones del cuerpo de agua del estero de Salinas Grandes en los sectores Nacascolo, Las Navajas y Corcovado.

6.2. Parámetros físicoquímicos

6.2.1. Salinidad.

Los estuarios son interfaces inestables los cuales tienen una conexión libre con el mar abierto, dentro del cual el agua de mar es diluida con agua dulce derivada del drenaje terrestre (Pritchard, 1967). Por lo que los valores de salinidad en estos cuerpos de agua pueden fluctuar de 0 ppm a 40 ppm (Levinton, 1982). Nuestros resultados coinciden con lo reportado por otros investigadores donde muestran que hay una tendencia decreciente de la concentración salina con respecto de la entrada de agua del estero hacia el continente y de igual forma en el tiempo durante el periodo de invierno (López y Méndez, 2014; Osorio y Prado, 2014). Cabe señalar que nuestra área de estudio tiene una distancia de 7.02 km desde la entrada del mar hasta el punto final de muestreo, debido a esto, se observan diferencias significativas entre la concentración salina del cuerpo de agua de



Nacascolo con respecto al sector de Corcovado, en casi todo el periodo de estudio, con una tendencia decreciente de las concentraciones salinas.

Al analizar los valores de la concentración salina en el tiempo, los resultados muestran que la mayor pendiente decreciente en los valores de las concentraciones salinas ocurrió en los meses de julio-noviembre y agosto-noviembre, en los 3 puntos de muestreo, probablemente debido al mayor volumen de agua proveniente de las escorrentías (periodo lluvioso) (Levinton, 1982). Denotando, que los valores mínimos de concentración de la salinidad se observaron en el mes de noviembre en los tres puntos (Nacascolo 6.33 ppm, Las Navajas 4.66ppm y Corcovado 1.66 ppm).

Por tanto, tomando en cuenta la distancia desde la entrada principal del estero de Salinas grandes hasta el área de estudio y la confluencia entre el agua dulce proveniente de las escorrentías producidas por la lluvia, es de esperarse que el valor de la concentración salina sea bajo, similar a lo observado por algunos investigadores en otros cuerpos de agua, como es el caso del rio Estero Real (UCA-MARENA, 2001; Curie, 1994).

6.2.2. Oxígeno.

Nuestros resultados reflejan que las concentraciones de oxígeno disuelto presentan una tendencia decreciente entre los meses de julio y septiembre, aumentando un poco los valores en octubre, pero retomando de nuevo la tendencia a decrecer, es decir, se mantuvo un comportamiento discontinuo en las fluctuaciones de las concentraciones en toda el área de estudio. Los valores mínimos se observaron en el mes de septiembre en el sector de Nacascolo con 1.33 mg/L y en el mes de junio para los sectores de Las Navajas con 1.16 mg/L y Corcovado con 0.72 mg/L). Por tanto, los niveles de oxígeno disuelto encontrados son menores a los definidos para considerarse dentro de los



niveles óptimos para el bienestar animal (Boyd, 2000), lo cual podría estar siendo propiciado por un alto nivel de sedimentación que causa la reducción del proceso de fotosíntesis y una mayor respiración bacteriana, deteriorando la salud del cuerpo de agua (Curie, 1994).

6.2.3. pH, Disco de Secchi, Temperatura.

Con respecto a los valores de pH, nuestros datos concuerdan con lo reportado para cuerpos de agua que presentan condiciones óptimas para el bienestar animal, se observa que todos los valores de pH están dentro del rango 7.-8.83, similar a lo reportado por otros autores en el Estero Padre Ramos (datos no publicados por Laboratorio de Fisiología Animal), concordando con lo observado en la mayoría de las aguas epicontinentales (pH fluctúan entre 6.5 y 9) (Arredondo y Ponce, 1998).

En el caso de la turbidez, esta constituye un indicador general de la calidad de las aguas, aunque no ofrece resultados sobre un contaminante específico (Lenntech, 2009; Moreira *et al.*, 2009). Los valores de turbidez encontrados en nuestro estudio, presentaron fluctuaciones que van desde los 31.66 cm hasta 120 cm de lectura de disco de Secchi, valores que están dentro de los rangos para aguas estuarinas, con concentraciones de microalgas que están dentro de lo normal para la buena salud de un cuerpo de agua. La temperatura, no indico cambios significativos en el tiempo ni entre áreas de muestreo, teniendo un rango entre 27.9-30.6 °C, similar a lo reportado por investigadores de nuestro laboratorio, en el Estero Padre ramos (datos no publicados) y por estudios realizados en el Estero Real con rangos de temperatura entre 29.1-32.8 °C (López y Méndez, 2014; Osorio y Prado, 2014).



6.3. Dinámica Fitoplanctónica

6.3.1. Clorofitas.

De manera general, se observa que no hay diferencias significativas entre las concentraciones de Clorofitas en los diferentes puntos de muestreo en los meses entre junio y octubre. No obstante, en el mes de noviembre se observa diferencias significativas con una leve tendencia decreciente con respecto entre Nacascolo y Corcovado de. El 90% de las Clorofitas son de hábitat de agua dulce y el 10% de hábitat marino. (Lee, 2008). Por tanto, cabe señalar que la concentración de cel/ml máxima fue de 66,000 cel/ml, manteniendo un rango entre 16,833 cl/ml y 66,000 cel/ml, lo que no es común en este tipo de especie, debido a que predomina más en agua dulce.

6.3.2. Diatomeas.

Estas microalgas predominan por sobre otros grupos fitoplanctónicos debido a que se ven especialmente favorecidas por los eventos de turgencia (Tomas, 1997) y se encuentran en todas las aguas marinas de los ecosistemas costeros. (Moreno, Liceo y Santoyo, 1996). Debido a la elevada disponibilidad de compuestos inorgánicos (silicatos, nitratos y fosfatos) que estimulan su desarrollo (Hasle y Syvertsen, 1996). Nuestros resultados muestran que en el mes de junio la concentración de diatomeas presenta una tendencia decreciente de las concentraciones con respecto de Nacascolo hacia Corcovado, no obstante, en los meses de agosto y noviembre, presenta comportamiento inverso siendo Corcovado el sector de mayores concentraciones. Asimismo, en los meses de julio, septiembre y octubre no se presentaron diferencias significativas entre puntos de muestreo, manteniendo concentraciones bajas entre 8,800-31,800 cel/L, situación razonable debido a que las diatomeas son microalgas de ambiente marino (Moreno et al., 1996).



6.3.3. Dinoflagelado.

Los dinoflagelados son organismos unicelulares, los cuales se distribuyen en función a la temperatura, salinidad y profundidad (Tomas, 1997). Las aguas con alto contenido de nutrientes (eutrofizadas) u otros residuos químicos (contaminadas) alteran la composición de la biota (Hallegraeff, 1992; Paerl, 1996). Nuestros resultados muestran la presencia de dinoflagelados a medida que se intensifica el periodo lluvioso, apareciendo a partir de agosto solo en Las Navajas y siendo en los meses de octubre y noviembre donde se dieron las mayores concentraciones en las tres áreas de estudio, situación que pudiera deberse a la incidencia de la lluvia que podría estar trasladando sedimentos con altos contenidos nutritivos que podrían propiciar el crecimiento de este tipo de microorganismos..

6.4. Principales Géneros

Por el grupo de las Clorofitas solamente encontramos *Chlorella* sp., siendo los meses de julio y agosto los más relevantes con concentraciones de 186,167 cel/ml y 168,133.33 cel/ml, respectivamente, siendo esta cifra la suma total de los tres puntos. Cabe señalar que la concentración salina en el mes de julio se encontraba en rango de 25-34 ppm lo cual resulta contradictorio con el ambiente en que generalmente se desarrollan este tipo de microalgas, que es más que de agua dulce (Lee, 2008).

En el caso de las diatomeas, los géneros que más prevalecieron fueron *Nitzschia* sp y *Navicula* sp, con sus mayores concentraciones 27,200 cel/L en el mes de agosto y 14,866.66 cel/L en el mes de octubre, respectivamente (valor total de la suma de los tres puntos de muestreo). Cabe señalar que la concentración promedio total de todos los géneros encontrados, se dio en el mes de noviembre con 59,071.42 cel/L, no concordando con lo definido para el grupo de las diatomeas



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físico-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

debido a que la concentración salina se encontraba en los menores valores del periodo de estudio, en los tres puntos de muestreo, con un intervalo de 1.66-6.33 ppm (Tomas, 1997).

Con respecto a los dinoflagelados se identificaron solo los géneros *Prorocentrum sp* y *Dictyocha*, siendo *Prorocentrum sp* el de mayor relevancia, lo cual concuerda con lo reportado por otros autores en aguas del río Estero Real que presentaban similares condiciones a las aguas de nuestra zona de estudio (López y Méndez, 2014). Por tanto, con lo que respecta a posibles daños de la salud animal y humana, aunque se encontraron concentraciones altas, no podríamos determinar problemas de marea roja, debido a que se sabe que existen aproximadamente 60 especies de *Prorocentrum sp*. y que solo 8 de ellas son las que pueden liberar toxinas. Sin embargo, es urgente que se realicen investigaciones a nivel de especie de esta microalga debido al alto riesgo de intoxicación, en el caso de encontrarse alguna especie liberadora de toxinas (Delmail *et al.*, 2011).

6.5. Relación entre parámetro físico químicos y los grupos fitoplanctónicos

Evaluamos la dinámica de las concentraciones de las divisiones Cianofitas, Clorofitas, Diatomeas y Dinoflagelados con las variaciones de los parámetros fisicoquímicos salinidad, temperatura, pH, OD y turbidez en el ambiente acuático del estero de Salinas Grandes.

Nuestros resultados muestran que en el estero de Salinas Grandes en nuestro periodo de estudio, las concentraciones de diatomeas y dinoflagelados no presentaron relaciones significativas con respecto a la salinidad, situación que concuerda con lo reportado para estos grupos de microalgas, los cuales son predominantes en habitas marino (Hasle y Syvertsen, 1996; Lara et al., 1996). En cuanto a la fluctuación de las concentraciones de Clorofitas y la salinidad, estas presentan una correlación positiva ($P < 0.05$) en toda el área de estudio, situación que no concuerda con lo habitual



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

para este género donde el 90% de las Clorofitas son de hábitat de agua dulce y el 10% de hábitat marino (Lee, 2008). Situación que pudiera deberse a la presencia de especies que toleren rangos más amplios de salinidad.

En cuanto a la relación entre las concentraciones de oxígeno disuelto y los niveles de turbidez, se presenta una correlación positiva, lo cual indica que la turbidez no está siendo factor en la fluctuación de oxígeno. Bajo este contexto, podemos afirmar que la turbidez se relaciona más con la presencia de la concentración de sedimento o material coloidal que con la de microalgas (Queralt, 2003).



7. Conclusión

1. De manera general, nuestros resultados muestran que los valores de salinidad presentaron comportamiento decreciente de la concentración a medida que nos adentramos sobre el río del estero en el sentido Nacascolo-Las Navajas-Corcovado en los meses de junio, julio, octubre y noviembre, mientras que, en los meses de agosto y septiembre, Las Navajas presentó diferencias con los demás puntos. Al evaluar el comportamiento de la salinidad en el tiempo, los intervalos de julio-noviembre son los que presentaron las pendientes de decrecimiento más definidas.
2. El oxígeno disuelto, en las tres áreas de estudio, presenta concentraciones muy bajas, hasta cercanas a cero, lo cual no es considerado óptimo para el bienestar animal. De igual manera, se observó tendencia decreciente de la concentración de oxígeno disuelto en el sentido Nacascolo-Las Navajas-Corcovado.
3. Los valores de pH fluctuaron entre 7 y 8.83 lo cual es razonable para aguas epicontinentales.
4. Los valores de disco de Secchi fluctuaron entre 31.66 cm y 120 cm lo cual denota alto nivel de turbidez para un cuerpo de agua estuarino.
5. Los valores de temperatura no presentaron diferencias significativas entre puntos de muestreo ni entre meses de estudio.
6. La concentración de microalgas del grupo Clorofitas no presentó diferencias significativas, entre puntos de muestreo en el tiempo, a excepción del mes de noviembre que se observó decrecimiento



de la concentración con respecto de Nacascolo hacia Corcovado. El género que prevaleció fue *chlorella sp.*

7. El grupo de diatomeas no presentó diferencias significativas a lo largo del tiempo, exceptuando los meses de junio, agosto y noviembre, donde las concentraciones en Corcovado fueron mayores a los demás puntos. Prevalciendo los géneros *Nitzchia sp* y *Navicula sp.*

8. Para el grupo de dinoflagelados, los géneros *Dictyocha sp* y *Prorocentrum sp* fueron los únicos encontrados, siendo este último el que presentó las mayores concentraciones con 10,733.33 células/litro y 8,733.33 células/litro en los meses de octubre y noviembre, respectivamente.

9. Diatomeas, dinoflagelados y clorofitas mostraron correlación con el pH, siendo positiva o paralela para los dos primeros grupos y negativa o inversa para las Clorofitas, correlación -0.773 con probabilidad (P=0.0415) para el sector de Nacascolo y correlación -0.769 con probabilidad (P=0.0434) para el sector de Corcovado. De igual manera se observó una correlación positiva entre la salinidad y la concentración de Clorofitas

En resumen, los resultados presentados en este trabajo de investigación proporcionan evidencias sobre la dinámica de los parámetros físico-químicos y la fluctuación de la concentración fitoplanctónica en el cuerpo de agua del estero de Salinas Grandes. De igual forma, mostramos la relación entre cada uno de los parámetros de estudio. Por lo antes expuesto, nuestros resultados muestran que Nacascolo, Las Navajas y Corcovado, presentan un comportamiento variable de sus parámetros, no concordando a lo reportado para un cuerpo de agua sano. Por consiguiente, nuestros resultados indican condiciones desfavorables para el bienestar animal y el uso acuícola para el cultivo de pargos en jaulas flotantes.



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

8. Recomendaciones

1. Realizar monitoreo permanente en las aguas del Estero de Salinas grandes para evitar cualquier “Bloom” de floración algal nociva ya sea debido a poblaciones de dinoflagelados o cianofitas, para generar alertas tempranas a los pobladores y acuicultores del sector.
2. el gobierno, a través de sus instituciones MINSA, MARENA, MAGFOR y las Universidades deben proponer proyectos estratégicos que lleven a la realización de una evaluación general de la salud de los cuerpos de agua, para la disminución en enfermedades de origen renal, hepático, gástrico, muscular o del sistema nervioso central.
3. Brindar conferencias y asesoramiento a los productores de camarón y pueblo en general sobre el riesgo de intoxicación producto del contacto o ingesta de agua y de animales que fueron capturados en aguas contaminadas con toxinas de dinoflagelados o cianofitas.



9. Referencias bibliográficas

- Albalbe, A., Cid, A., Fidalgo, P., Torres, E. y Herrero, C. (1995). *Microalgas: Cultivos y Aplicaciones*. Universidad Da Coruña. España, Coruña.
- Anderson, D. Jacobson, I. Bravo, y Wrenn, J. (1988) the unique, microreticulate cyst of the naked dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* J. Phycol. 24:255-262.
- Assemany, P., Calijuri, M., Aguiar, E., Batalha, M. y Silva, N. (2015). Algae/bacteria consortium in high rate ponds: Influence of solar radiation on the phytoplankton community. *Ecological Engineering*, 77, pag.154-162.
- Baghdadli, D., Tremblin, G., Pellegrini, M. y Coudret, A. (1990). Effects of environmental parameters on net photosynthesis of a free-living seaweed *Cystoseira barbata* f. *repens*; determination of optimal photosynthetic culture conditions. *Journal of Phycology* 2, pp 281-287.
- Becker, E. (1994). *Microalgae biotechnology and microbiology*, Cambridge University Press. Reino Unido.
- Bollmann, H, Carneiro, C. y Pergorini, E. (2005). Calidad del Agua y Dinámica de los nutrientes. En: Andreoli, C.V, Aries. *Gestión Integrada de Manantiales de Abastecimiento Eutrofizado*. Curitiba: Gráfica Capital, LTDA, 2005. 500p. cap. 7, p. 213-270.
- Carmichael, W. (1981). *The water environment. Algal toxins and health*. PlenumPress, New York.
- Carpenter, S. y Pace, M. (1977). Distrophy and eutrophy of fluctuating inputs oikos.
- Castenholz, J. y Waterbury, R. (1989). *Cyanobacteria in bergeys manual of systematic, bacteriology staley*. The journal of microbiology.
- Chan, C. y Phag, S. (2006). Trends in seaweeds research. *Trends in Plant Science*.
- Collados, V. (1999). Morphology and Photosynthesis of *Caulerpa* (Chlorophyta) in relation to Growth formo *Journal of Phycology*.
- Curie, D. (1994). Ordenamiento de la Camaronicultura Estero Real, Nicaragua. Programa Regional de Apoyo al Desarrollo de la Pesca en el Istmo Centroamericano (PRADEPESCA).



- de Jonge, V., Elliott, M. y Ovríe, E. (2002). Causes historical development, effects and challenge of a common environmental problema: *Hydrobiologia* 475-476., 1-19.
- Do, R. (1990). Reproductive characteristics of *Gigartina teed*; (Roth) Lamouroux (Rhodophyta, Gigartinales), a Turfforming species: Field and Laboratory Culture studies. *Botánica Marina*, 33, 401-409.
- Droop, M. (1974). Herterotrophy of carbono, *Algae physiology and Biochemistry Botanical Monographs*. University of California Press.
- Durako, M. y Dawes, C. (1980). Seasonal study of two populations of *Hypnea musciformis* from the East and West Coast of Florida. Growth and chemisáy. *Mar.Biol. USA, Florida*.
- Esteves, F. (1988). *Fundamentos de limnología*. Interciencia. Brazil, Rio de Janeiro.
- FAO. (2009). *Cultivo de Microalgas*. Departamento de Pesca. La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación.
- Falconer, I. (1993). *Algal toxins in seafood and drinking water*. Academic Press. 209 pp.
- Falconer, I. (1996). Potential impact on human health of toxic cyanobacteria. *Phycologia* 35 (6 Suppl.): 6-11.
- Freís C. (2005). *Los Problemas de las Aguas Contaminadas*, Argentina, Buenos Aires.
- FUNCOD. (2002). *Plan de manejo de reserva natural isla Juan Venado*. Fundación Nicaragüense para la conservación y desarrollo. Nicaragua. 860p.
- FUNDENIC-SOS. (1999). *Evaluación y redefinición del sistema de área protegida de las regiones pacífico centro-norte Managua-Nicaragua*. Fundación Nicaragüense para el desarrollo sostenible, Nicaragua.
- Gonzales, M. (2014). *Salinas grandes a la espera*. Periódico la prensa, págs. 34-35.
- González, M. (2000). *Alternativas en el Cultivo de Microalgas*. (Tesis de Grado.) Universidad Politécnica del Litoral. Ecuador, Guayaquil.



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

- Granhan, L., Granhan, J. y Wilcox, L. (2000). "Algae 2n ed. Pearson Benjamin Cummings."
- Hallegraeff, G. (1992). A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia* 32(2): 79-99.
- Hallegraeff, G. y Fraga, S. (1998). Bloom dynamics of the dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*, with emphasis on Tasmanian and Spanish coastal waters. In Anderson, D., Cembella A. y Hallegraeff G. (eds.), *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*. NATO ASI Series, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, G (41): 59-80.
- Hasle, G. y Syvertsen, E. (1996). Marine diatoms. In C Tomas. (Ed.), *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. San Diego: Academic Press. 5-385 p.
- Hoff, F. y Snell, T. (2001). *Plankton culture manual* Aquafarm Inc USA. Florida.
- Humm, H. y Kreuzer, J. (1975). On the growth rate of the red algae *Hypnea musciformis*, in the Caribbean Sea. 15, 1-7.
- IRENA. (1992). Estudio faunístico, Isla Juan venado. Instituto Nicaragüense de recursos naturales y del ambiente. Departamento de fauna silvestre. Nicaragua. 28 p
- Lee, E. (2008). *Phycology*. Cambridge University Press. 547 páginas. 4 edición. 2008
- Levring, T. (1969). Fertilization experiments with *Horinosira Banksii* *Physiology plantarium*.
- Levinton, J. (1982). *Marine ecology*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 526 p
- Llorente, I. y Cereceda O. (2000- 2001). *Dinoflagelado, micropaleontología*.
- López, S. y Catzim, L. (2010), Capítulo 4: Microalgas Dulceacuícolas, Encontrado en "Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán", Centro de Investigación Científica de Yucatán, PPD-FMAM, Conabio, Seduma. México, pp. 165-166.
- Lopez, J. y Mendez, A. (2014). Evaluación de la concentración de los grupos de fitoplancton: Diatomeas, Clorofitas, Cianofitas, Dinoflagelados y su relación con los parámetros físicos-químicos en las aguas del Rio Estero Real, periodo junio-noviembre 2013. Nicaragua. 94 pag.



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

- MARENA. (2002). Plan de manejo del área protegida reserva natural del estero isla Juan Venado, dirección general de áreas protegidas. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Nicaragua.
- Margalef, R. (1983). Limnología. Omega. Barcelona. 1010 pp.
- Mollion, M. (1977). Seasonal variations in caegeeana from *Hypnea musciformis* in Senegal. *Journal of Phycology*.
- Moreno, J., Licea, S. y Santoyo, H. (1996). Diatomeas del Golfo de California Sur (pp. 272). México: Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Neori A., Chopin T., Troell, M., Buschmann A., Kraemern G., Halung, C., Shpigel M. y Yarish C. (2004). Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture* 231,361-391.
- Nixon, S. (1995). Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia* 41, 199-219.
- Osorio, K y Prado, M. (2014). Evaluación de la concentración de proteína y metabolitos libres (glucose y aminoácidos) en el Rio Estero Real y su relación con los parámetros físicos y químicos. Period Mayo-Octubre 2013. Nicaragua. 99pag
- Paerl, H. (1996). A comparison of cyanobacterial bloom dynamics in freshwater, estuarine and marine environments. *Phycologia* 35(6): 25-35.
- Parra, O., Avilés, D., Becerra, J., Dellarossa, V. y Montoya, R. (1986). First toxic blue-green algal bloom recorder for Chile: A preliminary report. *Gayana Bot.* 43(1-4): 15-17.
- Pereira, O. y Trinidad, J. (1992). Estudio Sobre Cultivo de Camarón de dos Especies *Litopenaeus vannamei*, (Boone 1931) y *Litopenaeus stylirostris*, (Stimpson, 1871) en estanque de Tierra, Tesis, UNAN- León.
- Peters, R. (1983). *The Ecological Implications of Body Size*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Pizzolón, L. (1996). Importancia de las cianobacterias como factor de toxicidad en las aguas continentales. *Inter ciencia* 21(6): 239-245.



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físicos-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

- Prieto, M., Mogollón, M., Castro, A. y Sierra, L. (2005). Efecto del medio y condiciones de cultivos en la reproducción de tres diatomeas marinas con potencial acuícola, Revista "MVZ. Córdoba", Vol.10, n, 1, pp. 544-554.
- Pritchard, D. (1967). What is an Estuary: Physical View point. Chesapeake Bay Institute. The Johns Hopkins University, Baltimore Maryland. American Assoc. Advant. Science. 83: 3-5.
- Reynolds, C. y Walsby. (1975). Water blooms. Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc. 50: 437-481.
- Reynolds, C., Tundisi, J. y Hino, K. (1983). Observations on a metalimnetic Lyngbya population in a stably stratified tropical lake (Lago Carioca, Eastern Brazil). Arch. Hydrobiol. 97 (1): 7-17.
- Richmond, A. (1986). Microalgae of economic potential. In CRC Handbook of Microalgal Mass Culture, Richmond (Ed), CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 199-243
- Roldan, G. (1992). Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. 529.
- Ruiz, M., Serralta, J. y Ferrer, J. (2015). Effect of temperature on ammonium removal in *Scenedesmus* sp. Bioresource Technology.
- Ruiz, M. y Mendoza, L. (2010). Crecimiento y eliminación de nutrientes en algas verdes libres e inmovilizadas en cultivos discontinuos y semicontinuos que tratan aguas residuales reales. Tecnología Bioambiental.
- Ruiz, A. (2011). Puesta en marcha de un cultivo de microalgas para la eliminación de nutrientes de un agua residual urbana previamente tratada anaeróbicamente. Trabajo para optar al "Máster Universitario en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente", Universidad Politécnica de Valencia. España, 96pp.
- Ryding, S. y Rast, W. (1992). El control de la eutrofización, ediciones pirámide. España, Madrid.
- Sala, O. Chapin, F., Armesto, J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., HuberSanwald, E., Huenneke, L., Jackson, R., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D., Mooney, H., Oesterheld,



Evaluación de la dinámica fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelado) y su relación con los parámetros físico-químicos en estero de Salinas Grandes, en el periodo junio-noviembre 2017.

- M., Poff, N., Sykes, M., Walker, B., Walker, M. y Wall, D. (2000). Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100, *Science*. 287:1770-1774
- Sar, E., Ferrario, N. y Reguera B. (2002) Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano (Eds.) Instituto Español de Oceanografía.
- Stevenson J., Bothwell, M. y Lowe, R. (1996). Algal Ecology: Fresh water Benthic Ecosystems. USA: Elsevier.
- Solís, G. Atondo, A., Nubes, O., Castillo, A. y Meraz, A. (2011). Físicoquímica del agua superficial y sedimento en el río santa cruz, sonora, México. Universidad de Sonora, México. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. Biotecnia. Volume XIII N°1:3-9.
- Sun, C., Wang, Y., Wu, M., Dong, J., Wang, Y. y Sun, F. (2011). Seasonal Variation of Water Quality and Phytoplankton Response Patterns in Daya Bay, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8. 2951-2966
- Tomas, C. (1997). Identificación del fitoplancton marino. Prensa Académica. Nueva York. Pag 858
- Tomaselli. (2004). La célula de microalgas. En *Handbook of Microalgal culture: biotecnología y psicología aplicada*. Publicación de Blackwell.
- Tundisi, J. y Tundisi M. (2008). *Limnología*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.
- UNEP-IETC. (2001). planeamiento y generación de lagos, un abordaje integrado al problema de eutrofización. IETCH publicación tecnica. Sao Pablo.
- Uribe, E. (1997). Tecnología del cultivo de microalgas. En *Curso internacional en cultivo de moluscos*. Universidad del Norte. JICA. Chile, Coquimbo.
- Werner, D. (1997). *The biology of diatoms*. Botanical Monographs. 13 (pp.498). Berkeley. University of California Press. California.
- Yasumoto, T., Murata, M., Oshima, Y., Matsumoto, G. y Clardy, J. (1984). Diarrhetic, shellfish poisoning. In Ragelis, E.P. (ed.), *Seafood toxins*. Am. Chem. Soc, Washington D.C.: 207-214.