

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

UNAN – León

Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria

Departamento de Acuicultura



Tema:

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.

Requisito previo para optar al título de Ingeniero Acuicola

Tutor (a)

Dr. Ariel José Aguilar

Lic. Mariela Prado.

Elaborado por

Br. Eldier Rodolfo Díaz Reyes.

Br. María Luisa Sandoval García.

Br. Erick Javier Aragón Funes.

León Nicaragua, 2018

“A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD”



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.

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 Brs. Eldier Rodolfo Díaz Reyes, María Luisa Sandoval García y Erick Javier Aragón Funes 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 29 días del mes de mayo de 2018.

Dr. Ariel José Aguilar

Lic. Mariela Prado Olivares



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.

Financiamiento

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 segovias y occidente del país"*.



Dedicatoria

Le dedico este trabajo investigativo:

Primeramente, a Dios, a la virgen María, por haberme permitido llegar hasta este punto y darme su infinita bondad, amor y misericordia.

A mis padres:

Luisa García y Julio Sandoval quienes me dieron la vida, educación, apoyo y consejos en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar.

A mis hermanos:

Cesar, Lydia y Daniel por estar siempre presente apoyándome.

¡Familiares y Amigos!

Br. María Luisa Sandoval García.

Le dedico este trabajo investigativo:

Primeramente, a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y darme sabiduría salud, amor y deseos de salir adelante.

A mis padres:

Quienes me apoyaron en este largo proceso de mi formación profesional, educación, apoyo y consejos en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar.

Br. Erick Javier Aragón Funes.



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.

Le dedico este trabajo investigativo:

A Dios: por permitirme tener la fuerza para terminar mi carrera.

A mi Madre: por su esfuerzo en concederme la oportunidad de estudiar hasta culminar mi carrera, por su constante apoyo a lo largo de mi vida.

A mis parientes y amigos: por sus consejos, paciencia y toda la ayuda que me brindaron para concluir mis estudios.

Br. Eldier Rodolfo Díaz Reyes.



Agradecimiento

Primeramente, a Dios por la inteligencia, sabiduría, constancia y paciencia que nos das en nuestro diario vivir, por ser quien se encarga de darnos las fuerzas que requerimos para lograr todo lo que nos proponemos en la vida. A nuestros padres por darnos la vida y hacernos merecedores de este logro que considero nuestro.

A nuestra tutora Lic. Mariela Prado por su apoyo incondicional en todo el transcurso de nuestra investigación por su esfuerzo su gran ayuda y colaboración en cada momento de consulta y soporte en este trabajo de investigación, al Dr. Ariel Aguilar por hacernos parte de su equipo de investigación.

A nuestros profesores que en el transcurso del estudio de nuestra carrera nos compartieron sus conocimientos.

A Fundación Líder por habernos ofrecido su apoyo incondicional para la elaboración de esta investigación y facilitarnos todos los recursos.

A Sr. Ramón por facilitarnos la lancha y brindarnos su ayuda desinteresada.

A todas las personas que de una u otro modo ayudaron a la realización de este trabajo investigativo.

A nuestros amigos, Johana reyes, Diana Montalván, Miguel Argeñal, Cristhian Cuadra, Fulvio Sánchez y compañeros con los que compartimos buenos momentos en el transcurso de nuestra carrera.

¡A todos muchas gracias!



Índice

Certificación	II
Financiamiento	III
Dedicatoria	IV
Agradecimiento	VI
Abreviaturas	XII
Índice de tablas	XIV
Índice de figuras	XVI
Resumen	XVIII
1. Introducción	1
2. Objetivos	2
Objetivo General:	2
Objetivo Específicos:	2
3. Literatura Revisada	3
3.1 Sistema Estuarinos	3
3.2 Generalidades del estero Salinas Grandes	3
3.2.1. Clima.	4
3.2.2. Sistema hidrológico.	4



3.3	Generalidades del plancton	5
3.4	Principales grupos de fitoplancton	5
3.4.1.	Diatomeas.	5
3.4.2.	Cianofíceas.	6
3.4.3.	Clorofitas.....	7
3.4.4.	Dinoflagelados.	7
3.5	Composición de las microalgas	8
3.6	Alimentación de las microalgas	9
3.7	Reproducción de las microalgas	10
3.8	Características adaptativas de las microalgas	10
3.9	Importancia del fitoplancton	11
3.10	Factores que intervienen en la composición y abundancia del fitoplancton	11
3.10.1.	Factores químicos.	12
3.11	Propiedades particulares de las microalgas	13
3.12	Principales usos de las microalgas	14
3.13	Eutrofización	14
3.14	Floraciones algales	14
3.15	Organismos que desarrollan floraciones algales	17



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.

3.16 Floraciones Cianobacterias	18
3.17 Causas que favorecen y controlan el desarrollo de floraciones de Cianobacterias	20
3.17 Consecuencias de las floraciones de cianobacterias	23
3.18 Floraciones toxicas.....	25
4. Materiales y Métodos	26
4.1 Área de muestreo ubicación:	26
4.2 Metodología experimental para la toma de muestras	27
4.3 Identificación de grupos de algas y conteo celular	28
4.3.1 Cámara Neubauer o Hematocitometro.....	28
4.3.2 Cámara sedgwick-rafter (S/R)	28
4.4 Análisis estadísticos:	29
5. Resultados	30
5.1 Parámetros Físicos-químicos	30
5.1.1. Salinidad.	30
5.1.2. Valores de pendiente de salinidad.....	31
5.1.3. Oxígeno Disuelto (OD).	32
5.1.4. Valores de pendiente de oxígeno disuelto	33
5.1.5. pH	34
5.1.6. Disco de secchi.	35



5.1.7.	Temperatura.	36
5.2	Identificación y conteo de micro algas	37
5.2.1.	Concentración de Clorofitas.	37
5.2.2	Concentración de Diatomeas.	38
5.2.3	Concentración de dinoflagelados	39
5.2.4	Concentración de clorofitas	40
5.2.5	Concentración de Diatomeas	40
5.2.6	Concentración de Dinoflagelados	42
5.3	Correlaciones entre concentraciones de microalgas y parámetros físicos-químico (Guasimo).....	43
5.4	Correlaciones entre concentraciones de microalgas y parámetros físicos/químico (La Flor).....	44
5.5	Correlaciones entre concentraciones de microalgas y parámetros físicos/químico (calzoncillo)	45
6.	Discusión.....	46
6.1	Caracterización preliminar del estudio	46
6.2	Parámetros físicoquímicos	46
6.2.1.	Salinidad.	46
6.2.2.	Oxígeno.	47



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.

6.2.3.	pH, Disco de Secchi, Temperatura.	47
6.3	Dinámica Fitoplanctónica	48
6.3.1.	Clorofitas.....	48
6.3.2.	Diatomeas.	49
6.3.3.	Dinoflagelados.	49
6.4	Principales Géneros	50
6.5	Relación entre parámetro físico químicos y los grupos fitoplanctónicos	51
7.	Conclusiones.	53
8.	Recomendaciones	55
9.	Bibliografía	56



Abreviaturas

ADN: Acido desoxirribonucleico ANOVA:

Análisis de varianza

C: Carbono.

Cel/ml: células por mililitros Cm:

centímetros.

Co₂: dióxido de carbono.

DIE-OFF: La eliminación de una especie, población o comunidad de plantas o animales, como resultado de causas naturales.

G: gramos.

H: Hidrogeno.

Km/h: kilómetros por hora.

Km: kilómetros.

M: metro.

Mm: milímetros.

N: Nitrógeno.

N₂: Nitrógeno molecular.

O: oxígeno.

O₂: Oxígeno diatomico.

OD: Oxígeno disuelto.

ONG: organización no gubernamental.



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.

P: Fosforo.

PH: potencial de Hidrogeno.

Ppm: partes por millón.

SH₂: gas sulfhídrico.

μM: unimicrometros.



Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Géneros de bacterias que producen floraciones algales.....	19
Tabla 2. Coordenadas geográficas de puntos de muestreo en la Isla Juan Venado, Nicaragua.....	28
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.	31
Tabla 4. Se muestran los valores promedios de salinidad para cada uno de los meses estudiados. Tras el análisis de varianza.....	32
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.....	33
Tabla 6. Se muestran los valores promedios de oxígeno para cada uno de los meses estudiados. Tras el análisis de varianza.....	34
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.....	35
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.....	36
Tabla 9. Valores promedio de temperatura en cada punto de muestreo, en el periodo junio-noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León.....	37



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.

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.....40

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.....41

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.....42

Tabla 13. 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.....43



Índice de figuras

Figura 1. 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.....	20
Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo del área de estudio.....	28
Figura 3. 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). Guácimo Punto 1 (GUAS), La flor Punto 2 (FLOR), Calzoncillo Punto 3 (CALZO).....	38
Figura 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). Guacimo Punto 1 (GUAS), La flor Punto 2 (FLOR), Calzoncillo Punto 3 (CALZO).....	39



Abstract

The study was conducted in the Salinas Grandes estuary, department of León, from June to November 2017. The aim consisted in evaluating the fluctuations of the main groups of microalgae and relating them to the fluctuation of the physicochemical parameters. The water sample was taken once a month, the physical-chemical parameters were measured (salinity, oxygen, temperature, pH and turbidity). In general, our results show the presence of three of the four groups (Diatoms, Chlorophytes and Dinoflagellates) being Diatoms and Chlorophytes the groups that presented higher concentrations. With respect to salinity, the month of July has the highest concentration with (35 ppm) decreasing over time in the whole area. The dissolved oxygen ranged between 5.9-1.8mg / L in the entire study period. The maximum temperature values were presented in the month of August (30.5 ° C), without significant changes in time and between sampling points. With regard to turbidity, readings ranged between 43-180 cm, with June being the month with the lowest readings. Throughout the study period, the pH value of the water presented a range of 7.06-8.56. Diatoms and dinoflagellates showed a positive correlation in Guasimo and La Flor. Likewise, no positive correlation was observed between dissolved oxygen levels and turbidity. Guasimo presented the best values of dissolved oxygen during the study period. However, its are not optimal for animal welfare.



Resumen

El estudio se realizó en el estero de Salinas Grandes, departamento de León, en el periodo de junio a noviembre del 2017. El objetivo consistió en evaluar las fluctuaciones de los principales grupos de microalgas y relacionarlos con la fluctuación de los parámetros fisicoquímicos. La toma de muestra de agua se realizó una vez al mes, se midieron los parámetros físico-químicos (salinidad, oxígeno, temperatura, pH y turbidez). De manera general, nuestros resultados muestran la presencia de tres de los cuatro grupos (Diatomeas, Clorofitas y Dinoflagelados) siendo Diatomeas y Clorofitas los grupos que presentaron mayores concentraciones. Con respecto a la salinidad, el mes de julio presenta la mayor concentración con (35 ppm) disminuyendo en el tiempo en toda el área. El oxígeno disuelto oscilo entre 5.9-1.8mg/L en el todo el periodo de estudio. Los valores máximos de temperatura se presentaron en el mes de agosto (30.5°C), sin cambios significativos en el tiempo y entre puntos de muestreo. Con respecto a la turbidez, las lecturas oscilaron entre 43-180 cm, siendo junio el mes con las menores lecturas. En todo el periodo de estudio el valor del pH del agua presento un rango de 7.06-8.56. Las diatomeas y los dinoflagelados mostraron una correlación positiva en Guasimo y La Flor. Asimismo, no se observó correlación positiva entre los niveles de oxígeno disuelto y la turbidez. Guasimo presentó los mejores valores de oxígeno disuelto durante el periodo de estudio. Sin embargo, no son óptimos para el bienestar animal.



1. Introducción

La comunidad Salinas Grandes pertenece geográficamente al Municipio de León, departamento de León se encuentra ubicada en el Km 77 carretera León-Managua, actualmente el área de Salinas Grandes se constituye como zona de amortiguamiento de la Reserva Natural Isla Juan Venado, extenso territorio de manglares, playas vírgenes, anidamiento de aves locales y migratorias, venados, riachuelos donde cohabitan diferentes especies de seres vivos (Gómez, 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, Elliot y Ovríe, 2002). La descarga puede provenir de fuentes puntuales como efluentes domésticos e industriales, con aportes orgánicos y detergentes ricos en polifosfatos, de agua residuales de plantas de tratamientos o de fuentes difusas como las escorrentías provenientes de la agricultura con fertilizantes ricos en nitrógeno y fosforo (de Jonge et al., 2002). Entre los probables efectos negativos están las floraciones algales que pueden propiciar intoxicaciones masivas de organismo marinos y de personas debido al consumo de organismos marinos (molusco o peces) contaminados por las toxinas generadas por algunos dinoflagelados y diatomeas (Epstein et al, 1993; Hallegraeff y Fraga, 1998, Anderson et al, 1988; Yasumoto, Murata, Oshima. Matsumoto, y Clardy, 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 la dinamica 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 Guácimo, la flor y calzoncillo del estero de Salinas Grandes y determinar si esta zona presenta las condiciones óptimas para el bienestar animal.



2. Objetivos

Objetivo General:

Determinar la fluctuación de las concentraciones de microalgas cianofitas, clorofitas, diatomeas y dinoflagelados y relacionarlos con los parámetros físicos químicos en las aguas del Estero Salinas Grandes León, en el periodo comprendido de junio a noviembre 2017.

Objetivo Específicos:

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



3. Literatura Revisada

3.1 Sistema Estuarinos

El sistema estuario, es un cuerpo de agua donde la desembocadura de un río se abre a un ecosistema marino, con una salinidad intermedia entre dulce y salada, en los que la acción de las mareas es un importante regulador biofísico. Los estuarios y las aguas inter costeras se encuentran entre las aguas más fértiles del mundo, en las que la micro y macro flora mantienen un alto nivel de producción, sustentando una red alimentaria que permite el rápido crecimiento de juveniles de especies de peces y crustáceos que usan los estuarios como criaderos y habitat (Tapia, 2012).

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; se debe marcar también la importancia de los límites que controlan la distribución de las propiedades, el movimiento y la mezcla del agua (Pritchard, 1967)

3.2 Generalidades del estero Salinas Grandes

La comunidad Salinas Grandes pertenece geográficamente al Municipio de León, Departamento de León se encuentra ubicada en el Km 79 carretera Managua León, propiamente en el empalme del mismo nombre Salinas Grandes tomando el margen izquierdo. Desde la carretera se toma un camino de unos 15 Km de tierra, que se encuentra en mal estado, lo que le tomaría en un vehículo particular de 30 a 40 minutos. (Gómez, 2014)



3.2.1. Clima.

El clima del estero salinas grandes es tropical de sabanas y su zona de vida es representativa para bosque tropical seco, presentando una estación seca de seis meses de duración entre los meses de noviembre a abril (Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente, IRENA 1992). Por otra parte Cortes (2013) menciona que los vientos son fuertes en el período seco intensificándose entre febrero y abril, alcanzando velocidades hasta 30 km/h. Asimismo, se cuenta con un período lluvioso correspondiente a seis meses, de mayo a octubre con una precipitación total anual promedio, entre los 1,150 y 1,300mm. Las temperaturas medias en general son uniformemente elevadas a través del año, oscilando entre 26.7 y 36°C.

3.2.2. Sistema hidrológico.

El área protegida es denominada en su red hídrica por ríos que drenan de la vertiente del pacífico, ofreciendo una red de esteros navegables durante la marea alta y tiene como principales afluentes el río Viejo hacia el noreste y el río Chiquito el noroeste. Por otro lado, presenta en su hidrología buenas condiciones hidráulicas (Cortes, 2013). Asimismo, se identifican 18 corrientes intermitentes que transportan agua durante una parte del año coincidiendo con la época lluviosa y esporádicamente con la época seca, 5 corrientes perennes que conducen agua todo el tiempo como los ríos Chiquito, Salinas Grandes o Viejo, Mosquito, Quebrada Las Mulas, Estero del Toro o Las Playitas y el Estero Principal o Estero Real según el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARENA, 2002)



3.3 Generalidades del plancton

El fitoplancton es el primer eslabón de la cadena trófica y es el conjunto de organismos acuáticos autótrofos que tiene capacidad fotosintética. Siendo así, que existen importantes implicaciones fisiológicas y ecológicas producto del tamaño de la especie.

El plancton se puede clasificar en diversas categorías:

- I. Megaplancton: son los grandes organismos flotantes que superan los 20 cm de longitud y están representados por grandes medusas, salpas, y sus familiares.
- II. Macroplancton: El tamaño promedio está entre 2 y 20 cm e incluyen grandes organismos visibles como el krill, flecha gusanos, medusas.
- III. Microplancton: El tamaño promedio está entre 20 y 200 μm e incluyen diatomeas, dinoflagelados, rotalinidos, ciliados, nauplios (etapas tempranas de crustáceos como los copépodos y los percebes).
- IV. Nanoplancton: El tamaño promedio está entre 2 y 20 μm e incluyen fitoplancton pequeño, en su mayoría unicelulares como diatomeas, flagelados (tanto fotosintéticos y heterótrofa), pequeño ciliados, radiolarios y otros.
- V. Picoplancton: El tamaño promedio está entre 0,2 a 2 μm , son en su mayoría bacterias (llamado bacterioplancton) (Peters 1983).

3.4 Principales grupos de fitoplancton

3.4.1. Diatomeas.

Las diatomeas son un grupo de microalgas unicelulares y eucarióticas pertenecientes a la Clase Bacillariophyceae. Estos microorganismos presentan un rango de tamaño que fluctúa entre 50 y



500 μm (Microplancton). Son estrictamente autótrofas, presentan pigmentos fotosintéticos como la clorofila a y c, betacarotenos, fucoxantina, diatoxantina y diadinoxantina. Una característica especial de este tipo de algas es que se encuentran rodeadas por una pared celular única hecha de sílice (dióxido de silicio hidratado) llamada frústula. Siendo así que la célula se encuentra 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 (Álvarez, F., Hernández, M., Rueda, J., Gutiérrez, M. y Villa, M., 2010)

Las diatomeas constituyen el grupo más importante del fitoplancton debido a que contribuyen con cerca del 90% de la productividad de los sistemas. Estas microalgas predominan por sobre otros grupos fitoplanctónicos, ya que se ven especialmente favorecidas por los eventos de surgencia que aportan aguas frías y ricas en nutrientes hacia la superficie (Tomas, 1997)

3.4.2. Cianofíceas.

Las cianofíceas, también llamadas cianófitas o cianobacterias, son microorganismos procarióticos, puesto que carecen de membrana nuclear. Estos microorganismos presentan pigmentos fotosintéticos como la clorofila, carotenos como las xantofilas (mixoxantina, flavacina, luteína y zeaxantina) y ficocianina, un pigmento de color azulado por el cual se les debe su nombre como algas verdes azuladas. Las cianobacterias son en general organismos fotosintetizadores, pero algunas viven heterotróficamente. Estas microalgas comparten con algunas otras bacterias la capacidad de usar N_2 atmosférico como fuente de nitrógeno. Las cianobacterias son organismos unicelulares o pluricelulares. La reproducción de las algas verde azules se lleva a cabo por división celular por fragmentación de colonias o de filamentos, y por



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.

esporas. Tienen una pared celular similar a la de las bacterias. En el citoplasma se distingue una zona central o centroplasma, donde se halla el ADN, y otra periférica o cromoplasma, donde están los corpúsculos con los pigmentos (Álvarez et al., 2010).

Las algas cianofíceas viven en ambientes acuáticos. En algunos casos viven sobre rocas y árboles, y las hay también que habitan en aguas termales, soportando temperaturas de hasta 90°C. También pueden vivir en simbiosis con hongos, formando líquenes (Lee, 2008)

3.4.3. Clorofitas.

Son algas verdes, las cuales presentan clorofila a y clorofila b cuyo tamaño comprende desde las microscópicas, unicelulares, hasta las grandes algas formadas por filamentos de considerable longitud. Sus especies se hallan profundamente distribuidas por todo el mundo. Todas contienen clorofila, lo que les permite sintetizar sustancias alimenticias a partir de minerales, adicionalmente tienen carotenoides como la luteína. Los alimentos sobrantes los almacenan en forma de almidón. Su reproducción puede ser sexual como asexual; incluso algunas especies presentan una reproducción con alternación de generaciones (Álvarez, et al., 2010)

Las Clorofitas son principalmente de agua dulce, con 90%, el 10% restante son organismos marinos. Las especies de agua dulce son cosmopolitas, las marinas tienden a estar en aguas tropicales (Lee, 2008).

3.4.4. Dinoflagelados.

Los dinoflagelados son organismos unicelulares, los cuales corresponden a un grupo del fitoplancton marino de carácter cosmopolita. Sus poblaciones se distribuyen en función de la temperatura, salinidad y profundidad. Sus características morfológicas y requerimientos



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.

nutritivos los hacen exitosos desde el punto de vista reproductivo y de crecimiento, en aguas tropicales, donde la estabilidad en la columna de agua es mayor y la concentración de nutrientes es más baja (Álvarez et al., 2010). El tamaño de los dinoflagelados fluctúa entre 50 y 500 μm , por lo que se les ubica dentro del microplancton, y pueden ser divididos en dos grandes grupos diferenciados por la presencia o ausencia de placas de naturaleza celulósica en su pared celular o anfiesma, de acuerdo a esta característica se les denomina tecados o atecados respectivamente

(Álvarez et al., 2010)

Presentan cloroplastos en forma de discos o varillas con clorofilas a y c y algunas xantofilas específicas como la *peridininina*. Las distintas combinaciones de pigmentos les proporcionan una coloración amarilla, pardo amarillenta, parda, verde azul, entre otros (Tomas, 1997).

3.5 Composición de las microalgas

Las microalgas están compuestas generalmente por lípidos, carbohidratos y proteínas, las cuales pueden ser variables debido a la manipulación de 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:

$\text{C}_{106}\text{H}_{181}\text{O}_{45}\text{N}_{16}\text{P}$, de donde se deduce que un kilogramo de microalgas contendría:

- 523,9 g de carbono
- 74,5 g de hidrógeno
- 296,5 g de oxígeno
- 92,2 g de nitrógeno
- 12,76 g de fósforo



Además, se señala que el tamaño de las algas eucarióticas varía entre 0,5-30 μm , mientras que las cianobacterias pueden llegar a medir hasta 200 μm (Ruiz, 2011).

3.6 Alimentación de las microalgas

Por lo general, las microalgas son organismos fotosintetizadores y son considerados como los productores primarios de biomoléculas sintetizadas a partir de la transformación de la energía luminosa a energía química. No obstante, no todas las especies de microalgas son fotoautotróficas (Romo, 2002).

Ruiz, (2011) señala los siguientes tipos de alimentación para las microalgas:

- I. Fotoautótrofa: Donde las microalgas obtienen la energía del Sol y el carbono de compuesto inorgánico (Ruiz, 2011).
- II. Fotoheterótrofa: Estas microalgas obtienen la energía del sol y emplean compuesto orgánico como fuente de carbono (Ruiz, 2011).
- III. Mixotrófica: Son microalgas capaces de crecer bajo procesos tanto autótrofos como heterótrofos, de manera que la fuente de energía es tanto la luz como la materia orgánica y el carbono lo obtienen tanto de compuesto orgánico como inorgánico (Ruiz, 2011).
- IV. Heterótrofa: Los compuestos orgánicos proporcionan tanto la energía como la fuente de carbono. Es decir, existen algas que pueden desarrollarse bajo ausencia de luz, como por ejemplo *Chlorella protothecoides* (Ruiz, 2011).

Según Romo (2002), algunas microalgas fotoautótrofas tienen la capacidad de obtener la energía heterotróficamente dependiendo de sus necesidades, alternando en la utilización de la energía lumínica y la transformación a la energía química utilizando dióxido de carbono como sustancia orgánica y que, además, algunas han sido etiquetadas como “fotoautótrofa



obligadas”. Por tanto, algunas de estas especies pueden transformarse en heterótrofas cuando los niveles de nutrientes se encuentran sustancialmente arriba o por debajo de las condiciones naturales.

3.7 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. 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 et al., 2005). 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).

3.8 Características adaptativas de las microalgas

Los grupos que conforman a las microalgas presentan individuos con notables similitudes morfológicas como respuesta adaptativa al medio físico en el que habitan. Las características adaptativas que presentan las microalgas están relacionadas con la resistencia al hundimiento y con la habilidad para absorber rápidamente nutrientes cuando estos se encuentran disponibles o para acumularlos intracelularmente cuando escasean. Por ello, a fin de mantenerse en la capa iluminada de las aguas naturales, sólo las formas más pequeñas tienden a ser redondeadas y las medianas y grandes muestran algún grado de alargamiento o poseen apéndices,



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.

prolongaciones, cuernos, espinas y otras estructuras que aumenta tanto la fricción con el agua como la relación superficie/volumen para la absorción de nutrientes (López y Catzim, 2010).

3.9 Importancia del fitoplancton

El fitoplancton se encuentra en la base de la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos, ya que sirve de alimento a organismos mayores; es decir realiza la parte principal de la producción primaria en los ambientes acuáticos, sobre todos los animales marinos (Álvarez, et al., 2010)

Pero además de eso, el fitoplancton es el responsable original de la presencia de oxígeno (O₂) en la atmósfera. La mayor parte de la producción primaria fotosintética de los mares, entonces como ahora, es atribuible al fitoplancton, con una parte menor debida a organismos bentónicos. Las microalgas marinas son utilizadas para consumo humano y para la producción de alginatos, agar y carragenina. Así mismo son de gran interés para la producción de compuestos de alto valor agregado como algunos pigmentos y biodiesel (Bitog et al., 2009).

3.10 Factores que intervienen en la composición y abundancia del fitoplancton

Composición química del agua: nutrientes y materia orgánica, mineralización (compuestos de proporcionalidad constante) y pH, oligoelementos, etc.

Condiciones físicas e hidrológicas: luz, temperatura, turbulencia/estabilidad del agua, tiempo de residencia del agua.

Factores biológicos: depredación por parte de filtradores planctófagos (zooplancton y peces). Toxicidad de algunas especies. Parasitismo fúngico pueden reducir densas poblaciones (Barsanti y Gualtieri, 2006).



3.10.1. Factores químicos.

- I. Salinidad: varía entre 35-38 ppm siendo mayor la concentración de cloruro de sodio. En los estuarios la salinidad del agua es muy variable (mixhalinas) pues se mezclan aguas limnias con aguas salinas, según la salinidad se distinguen aguas eurihalinas y estenohalinas la fuerte presión osmótica del agua del mar solo se compensa acumulando grandes cantidades de sales en las vacuolas (Hernández, 2004).
- II. pH: El agua marina es siempre alcalina siendo un pH de 8.1 – 8.3 debido a los carbonatos y bicarbonatos que posee el agua marina, en algunos lugares (cubetas) se puede alcanzar un pH de 10 que retarda el crecimiento de las algas estenoicas (Hernández, 2004).
- III. Oxígeno: es el factor que solo excepcionalmente es un limitante para las aguas (Hernández, 2004).
- IV. Sales nutritivas: son importantes los oligoelementos y las vitaminas esencialmente nitratos y fosfatos, como factores limitantes cuando hay un exceso de nitratos en aguas residuales abundan ciertas aguas nitrofelas ciertas vitaminas (B12, tiamina, biotina) producidas por bacterias son esenciales para muchas algas auxotrofas, otras algas necesitan ciertos elementos para sus paredes calcificadas o silicificadas (Hernández, 2004)
- V. Factores dinámicos: son los que están ligados a los movimientos del agua del mar la agitación del agua, depende del estado del mar limita la distribución de las algas en función de los métodos de fijación, la emersión que son las oscilaciones del mar (Hernández, 2004).



- VI. Factores bióticos: algunas algas son epifitas, otras son hemiparasitas *polysifonia lanosa* sobre *Ascophyllum nodosum*, algunas *rodófitas* son totalmente parasitas de otras *rodófitas*, algunas algas son epizoicas, ciertas (clorófitas y rodófitas) se enrollan en la envuelta o esqueleto quitinoso de ciertos invertebrados (Hernández, 2004)

3.11 Propiedades particulares de las microalgas

Son seres principalmente fotoautotróficos (en menor medida heterótrofos), estimándose que el 90 % de la fotosíntesis total de la tierra es realizada por estos vegetales acuáticos. Son organismos con gran capacidad de producción de biomasa; a pesar de que la biotecnología de microalgas es similar a la agricultura convencional, las microalgas tienen muchas ventajas sobre las plantas terrestres. Ellas crecen con mayor rapidez por su facilidad de división, tienen mayor productividad que los cultivos tradicionales y pueden obtenerse en condiciones climáticas y regiones donde los cultivos no pueden hacerlo, tales como los desiertos o zonas costeras. Una de las principales ventajas de las microalgas es que agarran el exceso del CO₂ atmosférico y producen O₂, que ayudan a reducir el efecto invernadero. Por un lado, contienen pigmentos útiles tales como clorofilas y carotenoides (xantofilas, carotenos y astaxantina), pertenecientes a las especies *Chlorella vulgaris*, *Haematococcus pluvialis*, *Dunaliella salina*, *Isochrysis galbana* y *Diacronema vlkianum* (García, 2013).

Además, contienen sustancias de alto valor biológico, tales como ácidos grasos poliinsaturados, proteínas, antioxidantes, vitaminas y minerales. Por otro lado, recientes estudios indican que las microalgas podrían ser usadas para producir biodiesel e hidrogeno (García, 2013)..



3.12 Principales usos de las microalgas

Las algas son de gran importancia ambiental ya que fijan más del 40% del carbón de la tierra, además de ofrecer a la biósfera una considerable proporción de oxígeno (Bitog et al., 2009). Las microalgas marinas son utilizadas para consumo humano y para la producción de alginatos, agar y carragenina. Asimismo, son de gran interés para la producción de compuestos de alto valor agregado como algunos pigmentos y biodiesel (Bitog et al., 2009).

3.13 Eutrofización

Los nutrientes esenciales que más influyen en el proceso de eutrofización son el fosforo y el nitrógeno sin embargo los ríos, lagos o un embalse sufren eutrofización cuando sus aguas se enriquecen con nutrientes. Los nutrientes aumentan la productividad de los sistemas acuáticos. Sin embargo, el aporte constante de nutrientes estimula el crecimiento de productores primarios (algas y plantas), que van acumulando biomasa (y disminuyendo la biodiversidad) en niveles excesivos. Cuando esta alta biomasa muere y se degrada, consume el oxígeno del agua, con las conocidas consecuencias de mal olor y sabor, mortandad de organismos y pérdida de la calidad (León, 2002). En este escenario, es frecuente la aparición de floraciones de cianobacterias, en muchos casos constituidas por géneros nocivos, con todos los problemas y riesgos sanitarios que esto trae aparejado. El consumo de gran cantidad del oxígeno disuelto hace que las aguas dejen de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos, resultando un sistema acuático empobrecido (León, 2002).

3.14 Floraciones algales

Las aguas con alto contenido de nutrientes (eutrofizadas) u otros residuos químicos (contaminadas) alteran la composición de la biota (Hallegraeff, 1992; Paerl, 1988), donde una



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.

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 (Hallegraeff, 1992; Paerl, 1996). 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*, *Cryptophyceae* o *Cyanophyceae* (cianobacterias) (Hallegraeff, 1992; Paerl, 1996).

Las especies fitoplanctónicas se desarrollan muy rápidamente, algunas de ellas ante condiciones favorables se dividen varias veces al día y responden fácilmente a los cambios de las condiciones ambientales, lo que provoca explosiones de fitoplancton (Bayard y McConnaughey, 1975). Este fenómeno puede suceder en cualquier tiempo y lugar siempre que se den las condiciones locales favorables, con frecuencia existen varios afloramientos entre la primera y última manifestación primaveral; en algunas localidades costeras, en condiciones especiales, se producen también floraciones invernales (Bayard y McConnaughey, 1975). Durante estos afloramientos la cantidad de fitoplancton puede duplicarse en el día, produciendo grandes acumulaciones de billones de células hasta que el empobrecimiento del material nutritivo de las plantas y la disminución del crecimiento a causa de las poblaciones zooplanctónicas que se desarrollan con mayor lentitud, disminuyen paulatinamente el aumento de la población, provocando un equilibrio o un fuerte descenso del fitoplancton total en la zona, que es reemplazado por zooplancton (Bayard y McConnaughey, 1975).

Durante las floraciones se incrementan las interacciones entre las algas y otros microorganismos de su entorno. Algunos de éstos pueden ser patógenos y están representados por bacterias, hongos, ciliados y ameboides que se sitúan dentro de las colonias, en las vainas



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.

de los filamentos, en las cápsulas o en los microambientes formados por la agrupación de organismos. Las floraciones de algunos géneros algales (*Microcystis*, *Anabaena* y *Aphanizomenon*) se caracterizan porque se agrupan formando grandes unidades coloniales. Las interacciones pueden ser azarosas e inespecíficas como en el caso de bacterias y amebas encontradas en el mucílago de *M. aeruginosa* (Paerl, 1988). Pueden ser muy específicas como la asociación entre *Pseudomonas aeruginosa* y los heterocistos (células especializadas para la fijación de nitrógeno atmosférico) de *Anabaena oscillarioides*. Si bien estas asociaciones son mutuamente beneficiosas entre los organismos planctónicos, pueden tornarse nocivas para organismos de niveles superiores, ya sea por consumo o contacto. Un bloom puede ser muy favorable a la producción piscícola si la especie que lo provoca constituye una buena fuente de alimento, como, por ejemplo, los bloom de Clorofíceas, o bien, por el contrario, pueden ser muy desfavorables si están producidos por algas no asimilables para los organismos consumidores y que a su vez desvían una cantidad importante de materia que no es aprovechada por la cadena trófica (es el caso del bloom de Cianofíceas) (Paerl, 1988).

Tras la aparición de un bloom se observa generalmente una fase de crecimiento seguida de una desaparición casi total de fitoplancton, llamada *die-off* (Paerl, 1988). Existen varias hipótesis que justifican las causas de esta desaparición brutal, entre otras, Smith (1988) ha observado en ciertos casos de *die-off*, la presencia de agentes patógenos, bacterias y virus que provocan la destrucción de las células. Este mismo autor atribuye la aparición de estos fenómenos a la respuesta ante acontecimientos como deficiencias de nutrientes que pueden paralizar la formación de las proteínas y entrañar una fotólisis de las células, o bien reducir sus defensas quedando más susceptibles a un ataque bacteriano o viral. (Boyd et al., 1978). explican los *die-off* como alteraciones debidas a variaciones en las condiciones meteorológicas, tales como la sucesión de períodos de fuertes ensolamientos, con vientos al inicio, seguidos de



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.

algunos días de calma, etc. Por tanto, podemos decir que los *die-off* pueden ser provocados o estar favorecidos por alguno de estos factores, actuando solos o bien en combinación unos con otros.

3.15 Organismos que desarrollan floraciones algales

Las floraciones pueden ser desarrolladas por diversas especies de fitoplancton pertenecientes a las Clases *Bacillariophyceae* (*diatomeas*), *Chlorophyceae* (algas verdes), *Dinophyceae* (*dinoflagelados*), *Chrysophyceae* y *Cryptophyceae* dentro de las algas eucariotas, y *Cyanophyceae* (*cianobacterias*) como procariota (De León, 2002).

Son muchas las especies de cianobacterias que desarrollan floraciones en ambientes de agua dulce, salobre o marina. En la tabla se mencionan los géneros de cianobacterias de aguas continentales (dulce y salobre), que han registrado floraciones tóxicas con mayor frecuencia a nivel mundial. 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* (De León, 2002).



Tabla 1. Géneros de cianobacterias que producen floraciones tóxicas

Géneros de cianobacterias que producen floraciones tóxicas	
<i>Anabaena</i>	<i>Microcystis</i>
<i>Anabaenopsis</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

3.16 Floraciones Cianobacterias

Las cianobacterias son frecuentes formadoras de floraciones en aguas continentales eutrofizadas (especialmente con altos niveles de nitrógeno y fósforo), siendo indicadores del deterioro de la calidad ambiental (Margalef, 1981; Reynolds y Walsby, 1975; Reynolds, 1987). Algunas cepas de cianobacterias sintetizan metabolitos secundarios que tienen efectos tóxicos sobre la biota (Chorus y Bartram, 1999). Estos metabolitos tóxicos, denominados genéricamente cianotoxinas, comprenden un variado grupo de moléculas de diferentes características. Son básicamente neurotoxinas, dermatotoxinas, gastrotoxinas y hepatotoxinas. En el hombre pueden causar desde ligeros malestares digestivos hasta muerte por asfixia o deshidratación (Carmichael, 1981; Falconer, 1999; Sivonen, 1996).

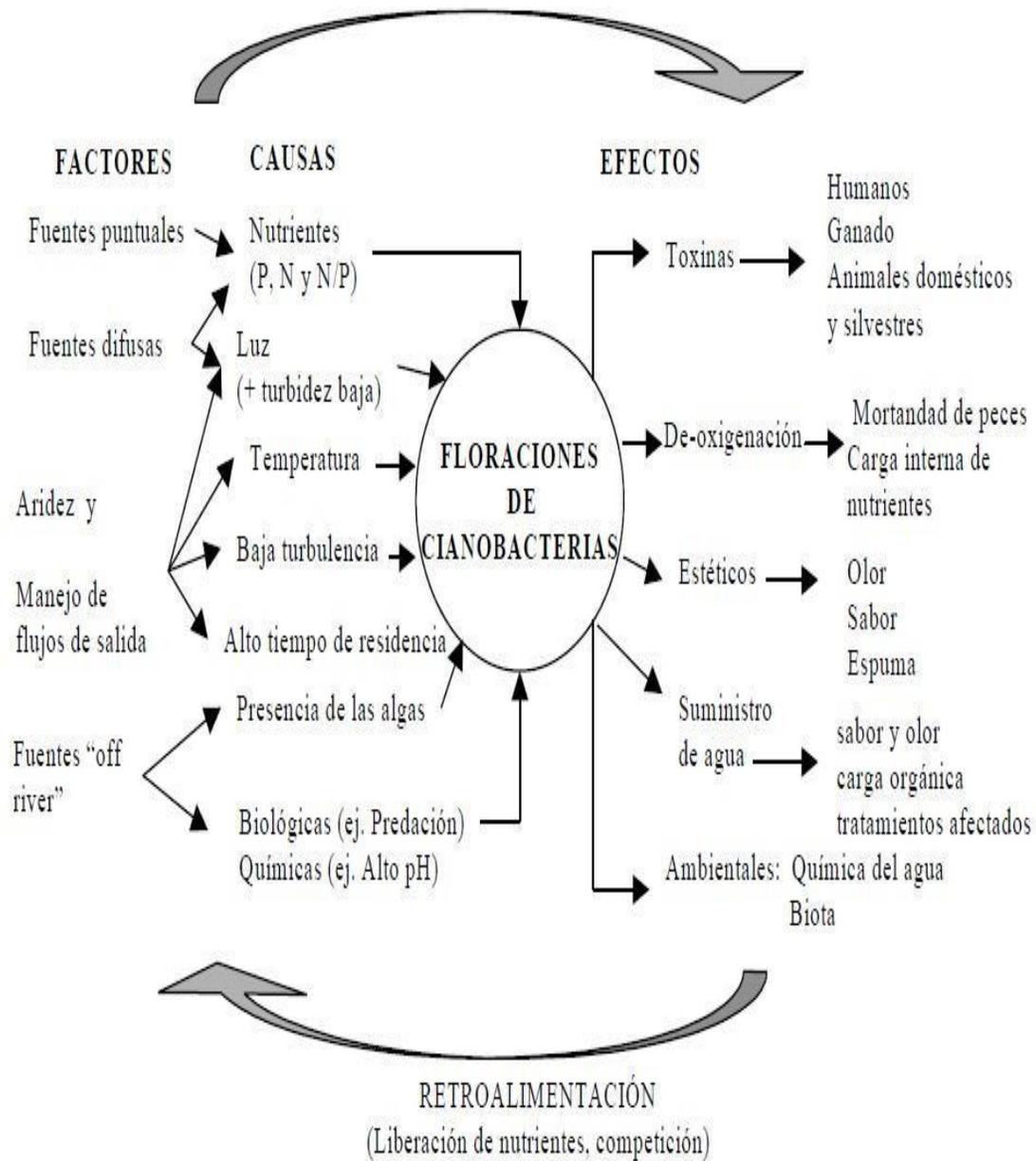


Figura 1. Diagrama simplificado de los factores que determinan las causas de las floraciones de cianobacterias y los efectos de éstas sobre los sistemas acuáticos, su biota y sus potenciales usos. Fuente: (Reynolds et al., 1983)



3.17 Causas que favorecen y controlan el desarrollo de floraciones de Cianobacterias

Son muchos factores que favorecen el desarrollo de floraciones de cianobacterias, así como sus efectos, (Véase figura 1). Para crear las condiciones favorables al desarrollo de una floración basta con que estén presentes algunos y no todos los factores mencionados, dependiendo de las características naturales de los sistemas acuáticos (De León, 2002). La carga excesiva de nutrientes en el agua, principalmente de nitrógeno (N) y fósforo (P) permiten fundamentalmente 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 podrá superar esa carencia y alcanzar densidades muy altas. Cuando estas condiciones no ocurren, la floración desaparece y da lugar a otros organismos. Este proceso de enriquecimiento puede verse acelerado por la participación del hombre mediante aportes debidos a las actividades industriales, rurales y a los residuos domésticos. El control de estos aportes hace posible la disminución de las floraciones y hasta la desaparición del fenómeno (De León, 2002).

El incremento de la intensidad luminosa propia del verano, que generalmente va asociado al incremento de la temperatura y de la duración del día solar, es otro factor determinante. La luz tiene incidencia directa sobre el metabolismo algal, de modo que al aumentar la intensidad luminosa también aumenta la actividad fotosintética y la demanda de nutrientes. Por otra parte, se produce un incremento de la biomasa de las células algales y de la tasa de multiplicación, que ocasiona el incremento de las poblaciones de determinadas especies. Siendo que la alta intensidad luminosa también puede producir fotoinhibición en algunas especies y/o ocasionar la muerte y sedimentación de las algas acumuladas en la superficie. Por otra parte, el aporte de sedimentos mediante fuentes difusas incrementa la turbidez de la columna de agua limitando



el crecimiento algal. En este sentido, las especies de cianobacterias que poseen vacuolas de gas regulan su posición en la columna de agua y permanecen en las capas superiores iluminadas, donde pueden desarrollar floraciones (De León, 2002).

El aumento de la temperatura del agua por sobre los 20 °C favorece el desarrollo de las cianobacterias, ya que incrementa las tasas de crecimiento y de reproducción celular. La mayoría de las floraciones de este grupo se registran durante períodos cálidos. Excepcionalmente *M. aeruginosa* es citada como una especie que desarrolla floraciones en ambientes con temperatura < 20 °C. (Parra et al., 1986).

Otro efecto del aumento de la temperatura está relacionado con la estratificación de la columna de agua. Al incrementarse la temperatura de las capas superficiales, se forma un gradiente vertical de densidad que resulta en la estratificación de la columna de agua. En ausencia de viento o con baja turbulencia (velocidad del viento menor a 3 m s⁻¹), se acelera el proceso de sedimentación de las partículas, incluidas otras especies de algas, el agotamiento de los nutrientes y la acumulación superficial de las cianobacterias (De León, 2002).

Los sistemas acuáticos con altos tiempos de residencia del agua favorecen el desarrollo de floraciones. Esta causa tiene relación directa con la estratificación de la columna de agua, el incremento en la tasa de sedimentación de las partículas, el aumento de la transparencia y la acumulación de las cianobacterias en la superficie. En algunos sistemas, los altos tiempos de residencia determinan la anoxia (ausencia de oxígeno) de los niveles más profundos y con ello la liberación de compuestos químicos reducidos desde el sedimento, constituyendo un incremento de la carga interna de nutrientes al sistema. Los cuerpos de agua con bajo tiempo de residencia (< 10 días), como los sistemas fluviales (ríos), o los embalses con tasas de



renovación altas, impiden el establecimiento de las condiciones ambientales favorables al crecimiento de las cianobacterias (De León, 2002).

La turbulencia, que generalmente está asociada a la presencia del viento, determina una disminución de la transparencia del agua por aumento de la turbidez en ambientes someros (resuspensión), actuando como un factor controlador de las floraciones, ya que ocasiona una disminución de la tasa de fotosíntesis y de la biomasa algal. Cuando la intensidad del viento ocasiona la mezcla de la columna de agua, impide la acumulación de las cianobacterias en la superficie y favorece la resuspensión de los nutrientes. Por otra parte, la distribución y ubicación de una floración en un cuerpo de agua tiene relación también con la dirección del viento antes y/o durante el acontecimiento. Entre las causas no controlables se mencionan la presencia de especies capaces de desarrollar floraciones (tabla 1) y los efectos debidos a las interacciones entre las comunidades planctónicas. Un ejemplo claro es el efecto de la predación del zooplancton sobre las especies de fitoplancton competidoras con las cianobacterias por algún recurso (nutrientes, luz). Cuando esto ocurre, la ausencia del competidor establece un nicho que es rápidamente colonizado por las cianobacterias y permite el desarrollo de la floración (De León, 2002).

Factores adicionales como la disminución en la concentración de carbono inorgánico disuelto en el agua con el consiguiente incremento del pH, también favorece el desarrollo de floraciones. Este incremento del pH puede estar dado por las características naturales del sistema (aguas duras) o por los efectos del crecimiento de la comunidad fitoplanctónica. En este sentido, la incorporación de carbono (C), que las algas toman como CO₂ disuelto en el agua mediante la fotosíntesis, determina un cambio en la concentración de iones debido a la



disminución del C disponible, un aumento del pH y una limitación para el crecimiento de muchas especies de algas, excepto las cianobacterias (De León, 2002).

3.17 Consecuencias de las floraciones de cianobacterias

En aguas dulces y estuarinas, las floraciones son indicadoras de un proceso de eutrofización acelerada, a la vez que ocasionan perjuicios con relación a los diversos usos del recurso. Entre los efectos más destacables de estos fenómenos se mencionan:

- I. La presencia de cianotoxinas y el consiguiente riesgo de intoxicación de los seres vivos en contacto con el fenómeno. Como ejemplo: las floraciones de *M. aeruginosa*, especie cosmopolita que también desarrolla floraciones tóxicas en Uruguay, producen efectos negativos sean o no tóxicas. Cuando estos fenómenos se dan en cuerpos de agua destinados a usos humanos, como fuente de agua potable, recreación, baños, etc., ocasionan importantes perjuicios desde el punto de vista sanitario y estético (Falconer y Humpage, 1996). La toxina de esta especie, microcystina, es una hepatotoxina potente, 100 veces más que el cianuro (Pizzolón, 1996). La ingestión de agua con altas concentraciones de cepas tóxicas de esta alga ocasiona la muerte de animales (desde pequeñas aves hasta ganado) (Carmichael, 1981; Falconer, 1993, 1996; Frazier et al., 1998; Neering, 1993; Vasconcelos, 1999) y/o efectos acumulativos crónicos que pueden producir la muerte por la formación de tumores hepáticos (Chorus y Bartram, 1999). Se estima que una dosis de efecto letal para el hombre requiere el consumo de 5 L de agua con una densidad de algas de $2.105 \text{ cel ml}^{-1}$ (Pizzolón, 1996). 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. Sin embargo, los animales no hacen ninguna distinción, por lo



que constituyen las víctimas mortales más numerosas por intoxicación con cianotoxinas.

También se han registrado efectos nocivos de diferente gravedad en seres humanos

(Carmichael, 1981; Chorus y Bartram, 1999; Falconer, 1996; Falconer y Humpage, 1996;

Pizzolón, 1996) a causa del contacto, ingestión o inhalación de la microcystina. Se

consideran de mayor riesgo los efectos debidos a la ingestión de dosis subletales de toxina,

ya sea en forma disuelta dada su presencia en cuerpos de agua destinados a potabilización

y/o recreación, o por consumo de organismos acuáticos en contacto con floraciones

tóxicas (Falconer, 1996; Freitas et al., 2001; Laurén-Mättä et al., 1995; Neehring, 1993;

Williams et al., 1997).

- II. Otro efecto de las floraciones de cianobacterias se relaciona 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. Por otra parte, se produce una alteración de las propiedades químicas del agua, especialmente del pH, debido al consumo del carbono que puede volverse limitante para el desarrollo de otras microalgas. Esto favorece la disminución de la diversidad de la biota del sistema (De León, 2002).
- III. El mayor consumo de oxígeno que se produce cuando la floración sedimenta, frecuentemente ocasiona la anoxia en los niveles más profundos del cuerpo de agua. Este efecto puede determinar la muerte de la fauna ictícola (peces), especialmente los que viven próximos al sedimento. También está asociado a la liberación de nutrientes reducidos desde el sedimento, junto al desarrollo de bacterias sulfactantes y la liberación de SH₂ (gas sulfhídrico) (De León, 2002).



- IV. La liberación de SH_2 determina que el agua tenga un olor y sabor desagradable, además de resultar un compuesto tóxico para la biota del sistema. El fuerte olor y sabor del agua y de los organismos acuáticos, puede también estar asociado a la presencia de compuestos volátiles (Geosmina y 2-methyl-isoborneol o 2MIB) sintetizados por algunas especies de cianobacterias y/o hongos (actinomicetes). Estos productos dificultan y encarecen los tratamientos de potabilización del agua, que conjuntamente con las toxinas disueltas, deben ser totalmente removidos del sistema. También pueden ser causantes de mal sabor en los productos de pesca, limitando su consumo (De León, 2002).
- V. Las floraciones de cianobacterias afectan a los organismos acuáticos por algunas de las causas antes mencionada o por otros efectos mecánicos o bioquímicos, ya sea colmatando mecánicamente las agallas de los peces e impidiendo el intercambio gaseoso, intoxicando directamente a los organismos o indirectamente a través de la cadena trófica (De León, 2002).

3.18 Floraciones toxicas

Algunas cepas de cianobacterias sintetizan metabolitos secundarios que tienen efectos tóxicos sobre la biota (Chorus y Bartram, 1999). Estos metabolitos tóxicos, denominados genéricamente cianotoxinas, comprenden un variado grupo de moléculas de diferentes características (Tabla 2). Son básicamente neurotoxinas, dermatotoxinas, gastrotoxinas y hepatotoxinas. En el hombre pueden causar desde ligeros malestares digestivos hasta muerte por asfixia o deshidratación (Carmichael, 1981; Falconer, 1999; Sivonen, 1996).



4. Materiales y Métodos

4.1 Área de muestreo ubicación:

El presente estudio se realizó en el río Estero Salinas Grandes, Departamento de León, Nicaragua. La zona de estudio tiene un área de 1.35 km; divididos en 3 puntos de muestreo (P), el periodo de muestreo es de 6 meses de junio- noviembre 2017.

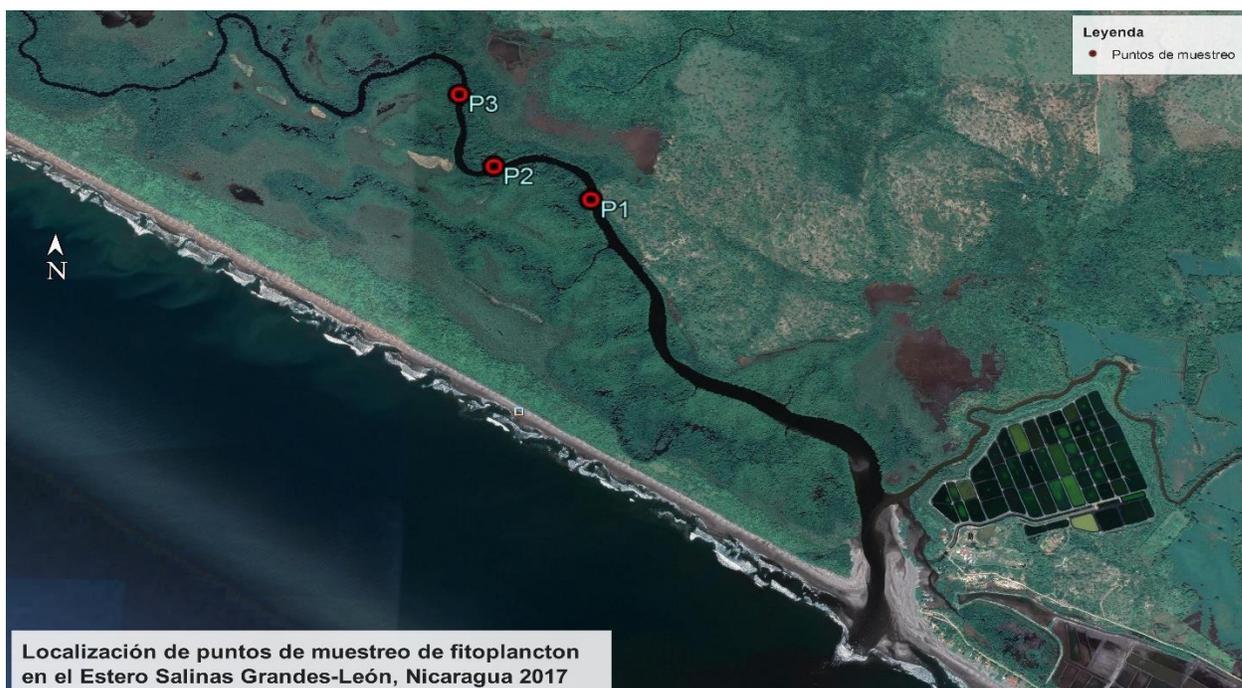


Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo del área de estudio.

Tabla 2. Coordenadas geográficas de puntos de muestreo en el estero de Salinas Grandes, Nicaragua.

Punto	Localidad	Longitud	Latitud
P1	Guácimo	-86.892153	12.291644
P2	La flor	-86.896852	12.293453
P3	Calzoncillo	-86.898664	12.297619



4.2 Metodología experimental para la toma de muestras

Los muestreos se realizaron en un área de 1.35 km, una vez al mes, en el período junio noviembre (6 meses). El área de estudio se dividió en tres puntos de muestreo Guácimo, La flor, El calzoncillo. Los puntos fueron georreferenciados con un GPS marca (Garmin eTrex 10). La toma de las muestras se realizó siempre entre las 9-12 de la mañana y en marea alta.

Los parámetros fisicoquímicos (salinidad, oxígeno disuelto (OD), pH, temperatura y turbidez) se midieron en la superficie y en 30cm de profundidad, a excepción de la turbidez.

Para la toma de temperatura y OD se utilizó un YSI, este equipo consta con un electrodo el cual introducimos al río a una profundidad de 30cm para determinar el OD y los grados de temperatura del lugar. La salinidad se obtuvo por medio de un refractómetro marca Grand Índex, previo a la utilización, el electrodo del dispositivo fue lavado con agua destilada para calibrarlo tras cada toma. El pH se midió con un pH-metro marca (pH Testr 20) y el procedimiento se realizó de manera similar de la salinidad. La turbidez se midió con un disco de secchi el cual estaba graduado cada 5cm la metodología consistía en hacer descender el disco sobre la columna de agua del agua hasta que este no sea visible. Esta lectura se tomó siempre en la sombra de la embarcación para evitar error por el reflejo del sol. Las lecturas fueron realizadas siempre por la misma persona.

La muestra de agua se tomó, se realizó utilizando un tubo PVC de 2 pulgadas de ancho por 1 metro de largo, introduciéndolo en la columna de agua. La muestra era depositada en una cubeta de la cual se llenaban tres recipientes de 500ml previamente rotuladas, a las cuales se les agrego 1.5ml de lugol neutro para fijar la muestra, para ser trasladadas al Laboratorio de Fisiología Animal de la UNAN-León.



4.3 Identificación de grupos de algas y conteo celular

Se identificaron los grupos de fitoplancton en el Estero de Salinas Grandes mediante el uso de microscopio óptico usando manual de algas facilitado por el Laboratorio de Fisiología Animal, Unan León. Previo a la realización de cada una de las lecturas las muestras fueron agitadas suavemente, de manera que no se fragmentaran las células. Y para la identificación y cuantificación de los organismos fitoplanctónicos se utilizaron dos tipos de cámaras de conteo celular:

4.3.1 Cámara Neubauer o Hematocitometro.

Se colocaron 10 μ l de la muestra con un gotero. Con el lente de 10X se ubicaron los cuadrantes y una vez seleccionado se utilizó el lente de 40X para proceder a la identificación y conteo de los organismos, iniciando de la parte superior derecha llevando una trayectoria en forma de S. Una vez contados los organismos de los 4 cuadrantes se multiplican por 2500 para obtener número de células por mililitros.

4.3.2 Cámara sedgwick-rafter (S/R)

Con un gotero se colocó 1 ml de la muestra en la cámara distribuyéndola de manera uniforme para evitar que produzcan burbuja de agua y tener menor margen de error, se identificaron y contaron con un microscopio óptico convencional utilizando el lente de 10x, el conteo se hizo en forma de S, se contó el número de organismos encontrados en toda la cámara. Se realizaron 15 repeticiones por muestra. (5 por integrante)



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 entre los parámetros fisicoquímicos y las concentraciones de los grupos de microalgas se determinó 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 punto de muestreo en los meses estudiados. De manera general, se observa una tendencia decreciente del primer al último punto de muestreo, en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre.

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.

MESES	Concentración Salina (ppm)		
	GUASIMO	LA FLOR	CALZONCILLO
JUNIO	17.0000	7.6667	15.0000
JULIO	34.3333	34.6667	35.0000
AGOSTO	25.3333	24.3333	19.3333
SEPTIEMBRE	20.6667	19.6667	17.3333
OCTUBRE	22.3333	16.0000	12.0000
NOVIEMBRE	17.3333	13.0000	10.3333



5.1.2. Valores de pendiente de salinidad.

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 indican una pendiente decreciente más marcada en el intervalo julio-noviembre.

Tabla 4. Se muestran los valores promedios de salinidad para cada uno de los meses estudiados. Tras el análisis de varianza

MES	Valores de pendiente (salinidad)				
	JUN-NOV	JUL-NOV	AGO-NOV	SEP-NOV	OCT-NOV
GUASIMO	-1,1143	-3,7	-2,2333	-1,6667	-5
FLOR	-0,9714	-5,1667	-3,7667	-3,3333	-3
CALZONCILLO	-2,6952	-5,6667	-3,2333	-3,5	-1,667



5.1.3 Oxígeno Disuelto (OD).

En la tabla 5 se muestran las concentraciones promedio de oxígeno disuelto, por mes, encontradas en cada punto de muestreo. Se observa tendencia decreciente del primer al último punto de muestreo, en todo el periodo de estudio.

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	GUASIMO	LA FLOR	CALZONCILLO
JUNIO	5.4133	3.7467	4.3433
JULIO	5.9000	5.5333	5.0333
AGOSTO	4.9000	4.6333	4.2333
SEPTIEMBRE	2.3000	2.4000	1.8000
OCTUBRE	4.3000	3.4667	2.4667
NOVIEMBRE	3.7333	3.1000	2.3333



5.1.4. Valores de pendiente de oxígeno disuelto

Tabla 6. Se muestran los valores promedios de oxígeno para cada uno de los meses estudiados. Tras el análisis de varianza

MES	Valores de pendiente (oxígeno)				
	JUN-NOV	JUL-NOV	AGO-NOV	SEP-NOV	OCT-NOV
GUASIMO	-0,4514	-0,4933	-0,15	0,7167	-0,5667
FLOR	-0,3333	-0,6033	-0,3533	0,35	-0,3667
CALZONCILLO	-0,5767	-0,7167	-0,5033	0,2667	-0,1333



5.1.5 pH

La tabla 7 muestra las concentraciones promedio de pH encontradas en cada punto de muestreo por mes, se refleja que no hay variación significativa a lo largo del tiempo.

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

Concentración de pH			
MESES	GUASIMO	LA FLOR	CALZONCILLO
JUNIO	7.7733	7.3833	7.4667
JULIO	7.2667	7.3667	7.2667
AGOSTO	7.1000	7.1333	7.0667
SEPTIEMBRE	8.1333	8.1000	7.9667
OCTUBRE	8.1667	7.9667	8.0667
NOVIEMBRE	8.2667	8.0000	8.5667



5.1.6. Disco de secchi.

La tabla 8 muestra los valores promedio de lectura de Disco de Secchi de cada punto de muestreo por mes, donde se refleja que el mes de junio presenta valores menores, por consiguiente, una mayor turbidez, con respecto a las lecturas entre julio y noviembre.

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.

MESES	Valores de disco de secchi (cm)		
	GUASIMO	LA FLOR	CALZONCILLO
JUNIO	53.3333	53.3333	43.3333
JULIO	180.0000	150.0000	140.0000
AGOSTO	121.6667	126.6667	110.0000
SEPTIEMBRE	93.3333	81.6667	78.3333
OCTUBRE	106.6667	93.3333	85.0000
NOVIEMBRE	148.3333	111.6667	91.6667



5.1.7. Temperatura.

La tabla 9 muestra los valores promedios de temperatura encontradas en cada punto de muestreo por mes. Se observa 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

MESES	Valores de temperatura (°C)		
	GUASIMO	LA FLOR	CALZONCILLO
JUNIO	29.1667	28.7667	28.7667
JULIO	29.2667	29.1667	29.2000
AGOSTO	30.3667	30.5000	30.2333
SEPTIEMBRE	30.1667	30.0000	29.5333
OCTUBRE	30.0333	30.7000	30.1667
NOVIEMBRE	29.5667	30.0667	29.6000

de Salinas Grandes, León.



5.2. Identificación y conteo de micro algas

5.2.1 Concentración de Clorofitas.

La figura 3 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 los tres puntos en los seis meses de estudio.

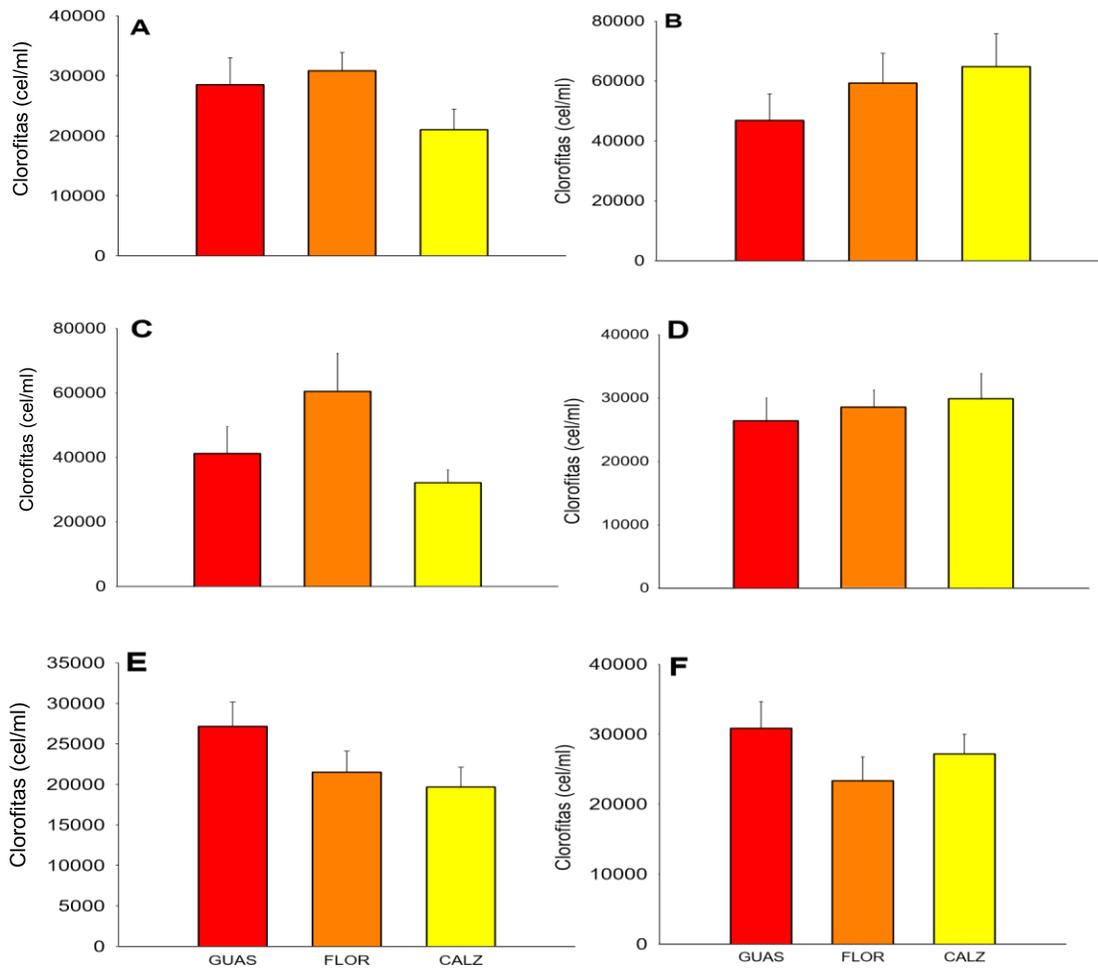


Fig. 3. Valores promedio de la concentración de Clorofitas en el periodo junio-noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León. Junio (A), Julio (B), Agosto (C), Septiembre (D), Octubre (E) y Noviembre (F). Guácimo Punto 1(GUAS), La flor Punto 2 (FLOR), Calzoncillo Punto 3 (CALZO). Cada valor se corresponde a la media \pm EEM, N=15.



5.2.2 Concentración de Diatomeas.

La figura 4 muestra los valores de la concentración de Diatomeas por punto y mes de muestreo. De manera general, nuestros resultados reflejan que entre los meses de junio a septiembre no hubo diferencias significativas en toda el área, solo en los meses de octubre y noviembre con respecto a los demás puntos.

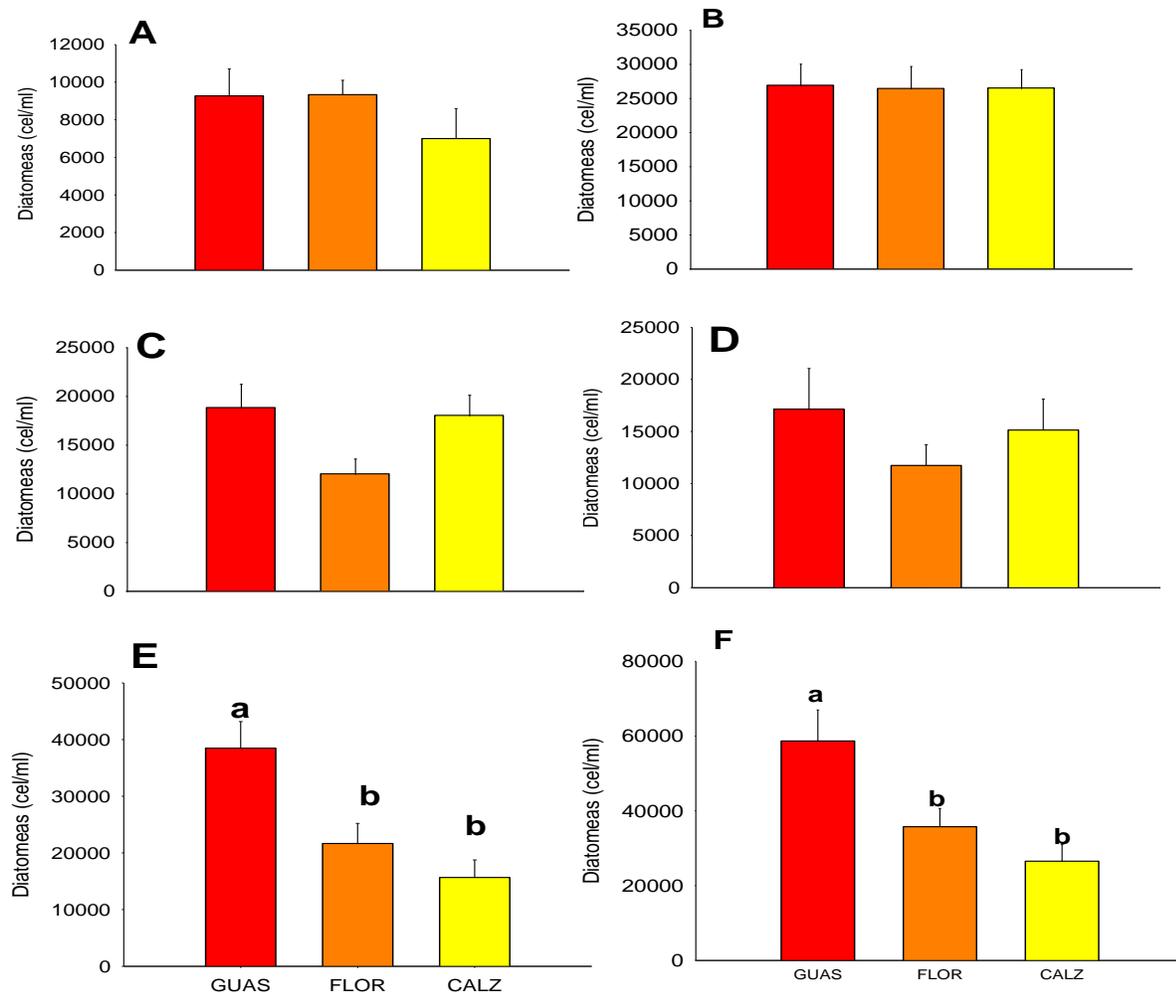


Fig.4. Valores promedio de la concentración de Diatomeas en el periodo junio-noviembre 2017 en el Estero de Salinas Grandes, León. Junio (A), Julio (B), Agosto (C), Septiembre (D), Octubre (E) y Noviembre (F). Guasimo Punto 1 (GUAS), La flor Punto 2 (FLOR), Calzoncillo Punto 3 (CALZO). Cada valor se corresponde a la media \pm EEM, N=15. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$) entre puntos.



5.2.3 Concentración de dinoflagelados

En la tabla 10 Se muestra los valores promedio de la concentración de Dinoflagelados por punto y mes de muestreo. De manera general, se refleja que los meses de octubre y noviembre presentaron las mayores concentraciones en toda el área en los 6 meses de estudio.

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

MESES	Concentración de dinoflagelados (cel/mL)		
	GUASIMO	LA FLOR	CALZONCILLO
JUNIO	0.00	0.00	0.00
JULIO	133.33	266.66	266.66
AGOSTO	66.66	0.0000	0.00
SEPTIEMBRE	466.66	0.0000	0.00
OCTUBRE	1333.33	733.33	12866.66
NOVIEMBRE	4933.33	3400	11600



5.2.4 Concentración de clorofitas

La tabla 11 Muestra la suma del valor promedio de las concentraciones de los géneros de clorofitas encontrados en cada uno de los seis meses de estudio en los tres puntos de muestreo. Se observa que *chlorella sp.* fue el único género encontrado en todo el periodo de estudio. La mayor concentración fue en el mes de julio 170,966.66cel/ml y la menor en el mes de octubre 68,333.33 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.

CONCENTRACION DE CLOROFITAS (cel/ml)						
GENERO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
CLORELLA	80,333.33	170,966.66	133,833.33	84,666.66	68,333.33	81,333.33

5.2.5 Concentración de Diatomeas

La tabla 12 Muestra la suma de valores promedio de las concentraciones de los géneros de diatomeas en los 3 puntos a lo largo de seis meses. Los resultados reflejan que el género *Chaetoceros* presenta la mayor concentración en los meses de estudio, teniendo el mayor valor en el mes de noviembre con 55400 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.

GENEROS	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
<i>NITZCHIA</i>	13,200	28,261.90	6000	6,666.66	10,933.33	14,420
<i>PLEUROSIGMA</i>	1,866.66	866.66	1,666.66	3,533.33	733.33	1,800
<i>COSCINODISCUS</i>	400	1,643.95	800	3,600	3,066.66	5,600
<i>CYCLOTELLA</i>	66.66	333.33	200	600	466.66	1,333.33
<i>NAVICULA</i>	8,933.333	6,066.66	3,800	13,000	6,000	4,200
<i>BIDDULPHIA</i>	0	466.66	10,600	0	600	666.66
<i>THALLASIONEMA</i>	133.33	14,085.71	4,666.66	1,066.66	2,533.33	4,866.66
<i>GYROSIGMA</i>	266.66	0	1,533.33	466.66	200	266.66
<i>DIPLONEIS</i>	533.33	400	533.33	1,400	1,466.66	1,447.61
<i>SKELETONEMA</i>	266.66	9,504.76	4,533.33	0	600	14,800
<i>FRAGILARIA</i>	133.33	0	0	0	0	66.66
<i>SURIELLA</i>	66.66	0	0	0	0	0
<i>PINNULARIACEA</i>	533.33	333.33	933.33	600	0	0
<i>CHAETOCEROS</i>	0	11,733.33	133.33	2,200	32,200	55,400
<i>GUINARDIA</i>	0	3,457.14	2,133.33	9800	14,466.66	11,000
<i>RIZOCELENIA</i>	0	2,942.85	533.33	200	2,800	1,488.88
<i>AMPHORA</i>	0	1,066.66	333.33	400	200	0
<i>THALASEOSIRIA</i>	0	2,266.66	333.33	0	0	1,666.66
<i>AMPHIPRORA</i>	0	66.66	0	0	0	0
<i>ODONTELLA</i>	0	666.66	266.66	66.66	66.66	200
<i>ASTERIONELLA</i>	0	1,333.33	600	133.33	133.33	1000
<i>ENTOMONEIS</i>	0	0	66.66	0	0	0
<i>COLONEIS</i>	0	0	0	66.66	0	0
<i>BACTERIASTRUM</i>	0	0	0	0	266.66	200
<i>AULACODISCUS</i>	0	0	0	0	0	66.66
TOTAL	26,400	85,496.33	39,666.66	43,800	76,733.33	120,489.84



5.2.6 Concentración 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 el género *Prorocentrum* presenta la mayor concentración en los meses de estudio, teniendo el valor máximo en el mes de octubre con 14,066.66 cel/L.

Tabla 13. 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.

	CONCENTRACION DE DINOFLAGELADOS (cel/L) GENEROS					JUNIO
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	
<i>TRIPUS FURCA</i>	0	333.33	0	0	266.66	400
<i>TRIPUS FUSUS</i>	0	266.66	133.33	0	200	66.66
<i>TRIPUS SP.</i>	0	0	0	66.66	0	0
<i>GYMNODINIUM</i>	0	0	0	66.66	66.66	1,466.66
<i>ALEXANDRUM</i>	0	0	0	333.33		1066.66
<i>PROROCENTRUM</i>	0	0	0	0	0 4,066.66	11,228.57
<i>PROTOPERIDINIUM</i>	0	0	0	0	400	3,933.33
<i>DINOPHYSIS</i>	0	0	0	0	133.33	133.33
<i>COCHLODINIUM</i>	0	0	0	0	0	533.33
<i>DICTYOCHA</i>	0	0	0	0	200	0
TOTAL	0	600	133.33	466.66	15,333.33	18,828.57



5.3 Correlaciones entre concentraciones de microalgas y parámetros físicos-químico (guasimo)

Pearson Product Moment Correlation

Data source: Correlaciones Guácimo.

Cell Contents:

Correlation Coefficient

P Value

Number of Samples

	Dino	CL	OD	pH	TUR	SAL	TEMP
Diato	0.921 0.00322 7	-0.0817 0.862 7	-0.207 0.657 7	0.496 0.258 7	0.555 0.196 7	-0.134 0.775 7	-0.0313 0.947 7
Dino		-0.276 0.548 7	-0.350 0.442 7	0.616 0.140 7	0.325 0.477 7	-0.439 0.324 7	-0.0907 0.847 7
CL			0.659 0.107 7	-0.867 0.0115 7	0.720 0.0678 7	0.860 0.0131 7	-0.147 0.754 7
OD				-0.690 0.0862 7	0.218 0.639 7	0.500 0.254 7	-0.555 0.196 7
pH					-0.294 0.522 7	-0.699 0.0807 7	-0.0000598 1.000 7
TUR						0.699 0.0806 7	-0.0819 0.861 7
SAL							-0.0405 0.931 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.



5.4 Correlaciones entre concentraciones de microalgas y parámetros físicos/químico (flor)

Pearson Product Moment Correlation

Data source: Correlaciones Flor.

Cell Contents:

Correlation Coefficient

P Value

Number of Samples

	Dino	CL	OD	pH	TUR	SAL	TEMP
Diato	0.848 0.0158 7	-0.162 0.729 7	0.0870 0.853 7	0.353 0.437 7	0.529 0.222 7	0.152 0.745 7	0.144 0.758 7
Dino		-0.448 0.314 7	-0.297 0.518 7	0.477 0.279 7	0.157 0.737 7	-0.307 0.503 7	0.219 0.638 7
CL			0.855 0.0143 7	-0.830 0.0209 7	0.697 0.0820 7	0.792 0.0339 7	-0.159 0.733 7
OD				-0.822 0.0233 7	0.683 0.0906 7	0.689 0.0871 7	-0.291 0.526 7
pH					-0.312 0.496 7	-0.357 0.432 7	0.360 0.428 7
TUR						0.858 0.0136 7	0.213 0.646 7
SAL							0.0354 0.940 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.



5.5 Correlaciones entre concentraciones de microalgas y parámetros físicos/químico (calzoncillo)

Pearson Product Moment Correlation

domingo, mayo 20, 2018, 09:21:35

Data source: Correlaciones Calzoncillo.

Cell Contents:

Correlation Coefficient

P Value

Number of Samples

	Dino	CL	OD	pH	TUR	SAL	TEMP
Diato	0.289 0.530 7	0.633 0.127 7	0.0230 0.961 7	0.220 0.635 7	0.824 0.0228 7	0.383 0.396 7	0.222 0.632 7
Dino		-0.415 0.354 7	-0.554 0.197 7	0.778 0.0393 7	-0.0648 0.890 7	-0.592 0.161 7	0.429 0.336 7
CL			0.577 0.175 7	-0.451 0.309 7	0.832 0.0202 7	0.954 0.000867 7	-0.228 0.622 7
OD				-0.839 0.0184 7	0.355 0.435 7	0.694 0.0839 7	-0.358 0.430 7
pH					-0.298 0.516 7	-0.661 0.106 7	0.101 0.830 7
TUR						0.724 0.0659 7	0.326 0.475 7
SAL							-0.272 0.555 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

El sistema estuario, es un cuerpo de agua donde la desembocadura de un río se abre a un ecosistema marino, con una salinidad intermedia entre dulce y salada, en los que la acción de las mareas es un importante regulador biofísico (Tapia, 2012). 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 Guasimo, Flor y Calzoncillo, para el desarrollo del cultivo de peces en jaulas flotantes.

6.2. Parámetros fisicoquímicos

6.2.1. Salinidad.

Nuestros resultados coinciden con lo reportado por otros investigadores donde muestran que a medida que se avanza de la línea costera hacia el continente hay una tendencia decreciente de la concentración salina (López y Méndez, 2014; Osorio y Prado, 2014). Cabe señalar que nuestra área de estudio tiene una distancia de 4.06 km desde la entrada del mar hasta el punto final de muestreo, lo cual es una distancia bastante considerable y debido a esto se observan diferencias significativas entre la concentración salina del cuerpo de agua de Guasimo con respecto al sector de Calzoncillo, 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 septiembre-noviembre, en los 3 puntos de muestreo, probablemente debido al



periodo lluvioso (Pritchard y Cameroon, 1963). Observándose así, los valores mínimos de concentración salina, en el mes de noviembre en los tres puntos (Guasimo 17.3 ppm, Flor 13 ppm y Calzoncillo 10.3 ppm), presentado también en el sector de la Flor en el mes de junio un valor de 7.6 ppm que representa el dato más bajo de todo el periodo de estudio.

Por tanto, tomando en cuenta la distancia del área de estudio con la entrada principal del estero de Salinas Grandes y el agua dulce proveniente de las escorrentías producidas por las lluvias, es de esperarse que los valores de salinidad disminuyan en el tiempo y entre puntos de muestreos, dependiendo de la concurrencia de las lluvias durante el periodo de invierno, similar a lo reportado en el río Estero Real. (UCA-MARENA, 2001; Curie, 1994; López y Méndez, 2014; Osorio y Prado, 2014).

6.2.2. Oxígeno.

Nuestros resultados reflejan que las concentraciones de oxígeno disuelto presentan una tendencia decreciente entre los meses de julio y septiembre, siendo este último, el mes con los valores mínimos en los tres puntos (Guasimo 2.3 mg/L, Flor 2.4 mg/L, Calzoncillo 1.8 mg/L). En condiciones normales los esteros presentan concentraciones de oxígeno disuelto que fluctúan en base al nivel de enriquecimiento de nutrientes, actividad fotosintética y la concentración de microorganismos descomponedores (Rabalais *et al.*, 2009). Bajo este contexto, los niveles de oxígeno disuelto presentes en esta área del estero de Salinas Grandes no son los indicados para considerarse dentro del rango óptimo para el bienestar animal (Boyd, 2000).

6.2.3. pH, Disco de Secchi, Temperatura.

De manera general, 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 de los rangos 7.1-8.5 similar a lo reportado por otros autores en el Estero



Padre Ramos (datos no publicados por Laboratorio de Fisiología Animal) y que se sabe que concuerda con lo definido para un ecosistema acuático saludable, donde los valores fluctúan en un intervalo entre 6.5-9 (Korhonen *et al.*, 2012).

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). De esta manera, los valores de turbidez encontrados en nuestro estudio, se observan que están dentro de los valores determinados para aguas estuarinas, con concentraciones de microalgas que están dentro de los rangos normales para la buena salud de un cuerpo de agua. La temperatura, de igual forma, no indicó cambios significativos en el tiempo ni entre áreas de muestreo, teniendo un rango entre 28.7-30.7 °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 ninguno de los meses estudiados. 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). No obstante, cabe señalar que la concentración de cel/ml es bajo y no llega a alcanzar más de las 65,000 cel/ml, manteniendo un rango entre 19,000 y 65,000 cel/ml, lo que es común en este tipo de especie debido a que predomina más en agua dulce (Lee, 2008).



6.3.2. Diatomeas.

Estas microalgas predominan por sobre otros grupos fitoplanctónicos, ya que se ven especialmente favorecidas por los eventos de surgencia que aportan aguas frías y ricas en nutrientes hacia la superficie (Tomas, 1997) y se encuentran en todas las aguas marinas de los ecosistemas costeros (Moreno *et al.*, 1996). Nuestros resultados muestran que en los meses de octubre y noviembre la concentración de diatomeas presenta una tendencia decreciente de las concentraciones con respecto de Guasimo hacia Calzoncillo, no obstante, en los meses de junio, julio, agosto y septiembre no se presentaron diferencias significativas entre puntos de muestreo, manteniendo concentraciones bajas entre 7000-27000 cel/L, situación razonable debido a que las diatomeas son microalgas de ambiente marino (Moreno *et al.*, 1996).

Por consiguiente, el fenómeno decreciente de las concentraciones de diatomeas en el sentido Guasimo-La Flor-Calzoncillo en los meses de octubre y noviembre podría deberse a la preferencia de hábitat que presenta este microorganismo, debido a que en esos dos meses se observó la mayor tendencia decreciente de la salinidad entre los tres sectores de estudio (Moreno *et al.*, 1996). Asimismo, cabe señalar que el género de diatomeas que prevaleció en los meses de octubre y noviembre fue *Chaetoceros sp.*

6.3.3. Dinoflagelados.

Los dinoflagelados son organismos unicelulares, los cuales corresponden a un grupo del fitoplancton marino de carácter cosmopolita. Sus poblaciones se distribuyen en función de la temperatura, salinidad y profundidad (Álvarez, *et al.*, 2010). Las aguas con alto contenido de nutrientes (eutrofizadas) u otros residuos químicos (contaminadas) alteran la composición de la biota (Hallegraeff, 1992; Paerl, 1996), 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 (Hallegraeff, 1992; Paerl, 1996). Nuestros resultados muestran que las concentraciones de dinoflagelados, a medida que se intensifica el periodo lluvioso, presenta una tendencia a incrementar 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 la cual 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 170,966.66 y 133,833.33 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 34-35 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), fenómeno que permite sugerir presencia de algún género capaz de sobrevivir en aguas salobres.

En el caso de las diatomeas el género que más prevaleció fue *Chaetoceros* sp., su mayor concentración fue en el mes de noviembre con 55,400 cel/L (valor total de la suma de los tres puntos de muestreo), no concordando con lo definido para el grupo de las diatomeas debido a que la concentración salina se encontraba en sus menores valores en todo el periodo de estudio en los tres puntos, con un intervalo de 10-17 ppm (Tomas, 1997).

Con respecto a los dinoflagelados se observó mayor prevalencia de los géneros *Protoperidinium* sp, y *Prorocentrum* sp, lo cual concuerdan con lo reportado para aguas en el pacifico. *Prorocentrum* sp. ha sido reportado en aguas del rio Estero Real (López y Méndez, 2014). Por tanto, con lo que respecta a posibles daños de la salud animal y humana, nuestros resultados no



permiten sugerir 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 (Delmail *et al.*, 2011). Por tal razón, es recomendable realizar estudios que permitan identificar la especie.

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, la fluctuación de la concentración de diatomeas y dinoflagelados no presentó relaciones significativas con respecto a la fluctuación de la concentración salina, situación que no concuerda con lo reportado a la característica de hábitat reportado para estos grupos (Hasle y Syvertsen, 1996; Lara *et al.*, 1996). Las concentraciones de ambos grupos fitoplanctónicos presentaron correlación negativa para el sector del Guasimo y correlación positiva para los sectores de Flor y Calzoncillo, pero con valores de P un poco mayores de 0.05. Por tal razón, el incremento de las concentraciones de diatomeas y dinoflagelados podría estar siendo estimulado por el traslado de sedimentos con altos contenidos nutritivos (Rabalais y Turner, 2005). 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 para este género donde el 90% de las Clorofitas son de hábitat de agua dulce y el 10% de hábitat marino (Lee, 2008).

Por otro lado, al analizar la correlación entre los valores de oxígeno disuelto y el pH, nuestros resultados no coinciden con lo sugerido para un cuerpo de agua en estado saludable debido a que se observa correlación negativa entre el comportamiento de ambas variables, lo lógico es que exista una correlación positiva, o sea que fluctúen en paralelo (Boyd, 2000). Por consiguiente, nuestros



resultados invitan a sugerir que los valores de pH pudiesen estar siendo modificados por otros factores, además del oxígeno, lo cual indica que en esos tres sectores de estudio la materia orgánica u otros contaminantes podrían estar ejerciendo algún efecto modular del pH (Rabalais y Turner, 2009; Hallegraeff, 1992; Paerl, 1996).

Se sabe que la turbidez está relacionada con la concentración de fitoplancton o la concentración de sedimento (Boyd, 2000; Boyd y Tucker, 2000). Al evaluar la correlación de la turbidez del cuerpo de agua con la producción de oxígeno disuelto, los resultados muestran que no existe correlación entre ambas variables en toda el área de estudio. Bajo ese 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) debido a que no coincide con la dinámica paralela de la fluctuación del oxígeno disuelto (Boyd, 2000; Boyd y Tucker, 2000). Por consiguiente, si analizamos en conjunto el comportamiento de las variables Oxígeno-pH donde se observa correlación negativa con el comportamiento de las variables turbidez-concentración de microalgas donde no se muestra incremento paralelo, podemos deducir que de alguna manera el material coloidal pudiese estar ejerciendo un efecto modular en el comportamiento de la fluctuación del pH. Sin embargo, es interesante observar que en los dos puntos más cercanos a la entrada del agua marina (Guasimo y La Flor) los valores de correlación entre el comportamiento de la concentración de diatomeas-dinoflagelados fueron positivos con una $P < 0.05$, lo cual es congruente debido a que ambos grupos son de hábitat marino (Álvarez, et al., 2010; Moreno et al., 1996). En contraste, no se observó similar comportamiento en el último punto de muestreo (Canzolsillo).



7. Conclusiones.

1. De manera general, nuestros resultados muestran que los valores de salinidad presentaron comportamiento decreciente de la concentración a medida que avanzamos hacía el continente, en el sentido Guasimo-Flor-Calzoncillo, en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre. Al evaluar el comportamiento de la salinidad en el tiempo, los intervalos de julio-noviembre y septiembre-noviembre son los que presentaron las pendientes de decrecimiento más definidas.
2. El oxígeno disuelto, en las tres áreas de estudio, presenta concentraciones menores a 5 mg/L en casi todo el periodo de muestreo, lo cual no es considerado óptimo para el bienestar animal. De igual manera, se observó una tendencia decreciente de la concentración de oxígeno disuelto en el sentido Guasimo-Flor-Calzoncillo.
3. Los valores de pH fluctuaron entre 7.1 y 8.5.
4. Los valores de disco de Secchi fluctuaron entre 43 cm y 180 cm lo cual denota nivel de turbidez razonable 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. De manera general, nuestros resultados muestran la presencia de tres de los cuatro grupos (Diatomeas, Clorofitas y Dinoflagelados) siendo Diatomeas y Clorofitas los grupos que presentaron mayores concentraciones.
7. La concentración de microalgas del grupo Clorofitas no presentó diferencias significativas, entre puntos de muestreo en el tiempo. El género que prevaleció fue *clorella sp.*



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.

8. El grupo de diatomeas presento tendencia decreciente de la concentración en los meses de octubre y noviembre, no presentando diferencias significativas en los meses de junio, julio, agosto y septiembre. Prevalciendo el género *Chaetoceros sp.*

9. El género *Prorocentrum sp* presento las mayores concentraciones con 14,066.66 cel/L y 11,228.57 cel/L en los meses de octubre y noviembre, respectivamente.

10. Diatomeas y dinoflagelados mostraron correlación 0.921 con probabilidad (P=0.00322) para el sector del Guasimo, y correlación 0.848 con probabilidad (P=0.0158) para el sector de la Flor. 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 fisicoquímicos y la fluctuación de la concentración fitoplanctónica en el cuerpo de agua del estero de Salinas Grandes. De igual manera, mostramos la relación entre cada uno de los parámetros de estudio. Por lo antes expuesto, nuestros resultados muestran que Guasimo, Flor y Calzoncillo presentan un comportamiento variable de sus parámetros, en el tiempo. De los tres puntos estudiados Guasimo es el sector que presentó los mejores valores de oxígeno disuelto, en todos los meses de estudio, a excepción del mes de septiembre donde los niveles de oxígeno disuelto llegaron a 2.3 mg/L. Por consiguiente, nuestros resultados muestran que es un riesgo usar ese sitio para actividades de acuicultura de peces en jaulas flotantes.



8. Recomendaciones

- ✦ Realizar estudios periódicamente en la zona del estero de Salinas Grandes, para conservar registro de la salud en este cuerpo de agua.

- ✦ Llevar un registro que nos permita identificar las zonas de mayor productividad fitoplanctónica en la zona.

- ✦ Realizar un estudio a mayor profundidad, basado específicamente en el análisis de los puntos de riesgo de floraciones algales (nocivas y/o tóxicas).



9. Bibliografía

- Álvarez, F. Hernández, M. Rueda, J. Gutiérrez, M. y Villa, M. (2010). (Atlas Digital Del Fitoplancton) (Máster en Gestión Integral del Agua) UNIVERSIDAD DE CÁDIZ.
- Anderson, D., Jacobson, Y., Bravo y Wrenn, J. (1998). The unique, microreticulate cyst of the naked dinoflaellate *Gymnodinium Catenatum*. *J. phycol.* 24: 255-262
- Barsanti, L. y Gualtieri, P. (2006). *Algae, Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. Boca Raton, Florida: Taylor y Francis Group.
- Bayard, H. y McConnaughey. (1975): *Introducción a la biología marina*. Ed. Acribia: 455 págs.
- Bitog, J., Lee, I., Yoo, J., Hwang, S., Hong, S. y Seo, I. (2009). *Development of a large-sized photobioreactor for microalgae production. In Proceedings of the 2009 CIGR International Symposium of the Australian Society for Engineering in Agriculture, Brisbane, Queensland, Australia, September 13–16.*
- Boyd, C., Davis, J. y Johnston, E. (1978): «*Die-offs of the blue-green algae, Anabaena variabilis, in fish ponds*». *Hidrobiología*, 61: 129-133.
- Boyd, C. (2000). *Calidad del agua, una introducción*. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA. 330 pp
- Boyd, C. y Tucker, C. (2000). *Elaboración de normas para efluentes de acuicultura en los Estados Unidos. Global Aquaculture Advocate* 3(6), 81 - 82.
- Carmichael, W. (1981). *The water environment. Algal toxins and health. Plenum Press, New York.*
- Chorus I. y J. Bartram. (1999). *Toxic Cyanobacteria in Water. A guide to their public health consequences, monitoring and management*. WHO. E&FN Spon. London and New York. 416 pg.



- Codd, G.; S. Bell y W. Brooks. (1989). Cyanobacterial toxins in water. *Water Science and Technology* 21:1-13.
- Cortes, J. (2013). *Plan de manejo Isla Juan Venado*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/juliocortesleyama/plan-de-manejo-ijv>.
- 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.
- De León, L. (2002) Floraciones de cianobacterias en aguas continentales del Uruguay: causas y consecuencias. En: *Perfil Ambiental del Uruguay 2002*, Domínguez, A. y R. G. Prieto (eds.), Nordan-Comunidad, Montevideo, p.28-37.
- Curie, D. (1994). *Ordenamiento de la Camaronicultura Estero Real, Nicaragua. Programa Regional de Apoyo al Desarrollo de la Pesca en el Istmo Centroamericano (PRADEPESCA)*
- Delmail, D., Labrousse, P., Crassous, P., Hourdin, P., Guri, M. y Botineau, M. (2011). *Prorocentrum rivalis* sp. nov. (Dinophyceae) and its phylogenetic affinities inferred from analysis of a mixed morphological and LSU rRNA data set. *VERSITA*, 66(3): 418—424. doi: 10.2478/s11756-011-0029-y
- 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.
- Falconer, I. (1999). *An overview of problems caused by toxic blue-green algae (Cyanobacteria) in drinking and recreational water*. *Environ. Toxicol.* 14:5-12



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.

- Falconer, I. y A. Humpage. (1996). *Tumour promotion by cyanobacterial toxins*. *Phycologia* 35(6Suppl.): 74-79.
- Frazier, K, B. Colvin, E. Styer, G. Hullinger y R. Garcia. (1998). *Microcystin toxicosis in cattle due to overgrowth of blue-green algae*. *Vet. Hum. Toxicol.* 40(1): 23-24.
- Freitas, V., Moraes, R., Acevedo, S. y Fretwell, S. (2001). *Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá Lagoon (Río de Janeiro, Brazil): Ecological implication and human risk*. *Toxicon* 39:1077-1085.
- García, M. (2013). *Producción de microalgas con aplicaciones nutricionales*. *Cajamar*. Obtenido de <http://www.publicacionescajamar.es/pdf/publicaciones-periodicas/cuadernos-deestudios-agroalimentarios-cea/5/5-642.pdf>
- Gómez, M. (16 de marzo del 2014). Salinas Grandes a la Espera. *La prensa*, pp. 34-35.
- Hallegraeff, G. (1992). A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia* 32(2): 79-99.
- Hallegraeff, G. y Fraga, S. (1996). Bloom dynamics of the dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*, with emphasis on Tasmanian and Spanish coastal waters. In Anderson, D.M, A.D. Cembella & G.M. Hallegraeff (eds.), *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*. NATO ASI Series, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, G (41): 59-80.
- Hernandez, E. (2004) *Diversidad el fitoplancton en tres esteros del pacifico Nicaragua*. UNAN-León.
- Hasle, G. y Syvertsen, E. (1996). Marine diatoms. In C Tomas. (Ed.), *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates* (pp. 5-385).San Diego: Academic Press.
- IRENA (1992) *Estudio Faunístico Isla Juan Venado*. Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente. Departamento de fauna silvestre. Nicaragua 28p.



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.

- Jonge, V., Elliot, M., y Orive, E. (2002). Causes, historical development, effects and future challenges of a common environmental problem: eutrophication. *Hydrobiologia* 475-476, 1-19.
- Korhonen, L., Macías, V., Abdala, R., Figueroa, F. y Cabello, A. (2012). Effect of sulfide concentration, pH and anoxia on photosynthesis and respiration of *Zostera marina*. *Ciencias Marinas*. 38(4): 625-633.
- Lara-Villa, M., Moreno-Ruiz, J. y Amaro-Mauricio, E. (1996). Fitoplancton: conceptos básicos y técnicas de laboratorio (pp. 227). México: Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.
- Laurén-Määttä, C., Hietala, J., Reinikainen, M. y Walls, M. (1995). Do *Microcystis aeruginosa* toxins accumulate in the food web: a laboratory study. *Hydrobiol.* 304: 23-27
- Lee, Robert E. (2008). *Phycology*. Cambridge University Press. 547 páginas. 4 edición. 2008
- León, L. (2002). (Floraciones de cianobacterias en sistemas de agua dulce) Facultad de Ciencias Universidad de la República - Uruguay lizetdl@gmail.com
- 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, Cianofitas, Clorofitas y Dinoflagelados y su relación con los parámetros fisicoquímicos, en las aguas del Río Estero Real, período junio-noviembre 2013. Nicaragua. 93 pag.
- MARENA. (2002). Evaluación y Redefinición del Sistema de Areas Protegidas Isla Juan Venado de las Regiones Pacífico y Centro Norte de Nicaragua.
- Margalef, R. (1981). Limnología. Ed. Omega.



- Martínez, E., Herrera, C. y Ortega, S. (2009). *Manual de fitoplancton en aguas marinas y estuarinas*. UNAN-León.
- Moreno, J. L., Licea, S. y Santoyo, H. (1996). Diatomeas del Golfo de California Sur (pp. 272). México: Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Neehring. (1993). Mortality of dogs associated with a mass development of *N. spumigena* in a brackish lake at the German North Sea Coast. *J. Plankton Res.* 15(7): 867-872.
- 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 (glucosa y aminoácidos) en el Río Estero Real y su relación con los parámetros físicos y químicos. Período Mayo-octubre 2013. Nicaragua. 99 pág.
- 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.
- Paerl, H. (1988). Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae (cyanobacteria). *Phycologia* 22(6): 80-88
- Paerl, H. (1996). A comparison of cyanobacterial bloom dynamics in freshwater, estuarine and marine environments. *Phycologia* 35(6): 25-35.
- 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. *Interciencia* 21(6): 239-245.



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.

- 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, E. (1963). Symposium on the classification of brackish waters. Venice System. OIKOS 9 (2): 311-312. Schubel y Hirschberg. (1978).
- 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.*
- Rabiláis, N., Turner, N., Díaz, R. y Justic, J. (2009). Global change and eutrophication of coastal waters. International Council for the Exploration of the Sea. *Oxford Journals*, 66: 15281537.
- Reynolds, C., Tundisi, J.G. y Hino, K. (1983). Observations on a metalimnetic Lyngbya population in a stably stratified tropical lake (Lagoa Carioca, Eastern Brazil). *Arch. Hydrobiol.* 97 (1): 7-17.
- Reynolds, C. (1987). Cyanobacterial water blooms. *Adv. Bot. Research* V.13.
- Reynolds, C. y Walsby. (1975). Water blooms. *Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc.* 50: 437-481.
- Romo, A. (2002). *Manual para el cultivo de microalgas, Memoria Técnicas para un Trabajo Profesional.* Universidad Autónoma de Baja California sur Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar. Departamento de Biología Marina. 50pp.
- 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
- Sar, E., Ferrario, N. y Reguera B. (2002) *Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano* (Eds.) Instituto Español de Oceanografía.
- Sivonen, K. (1996). Cyanobacterial toxins and toxin production. *Phycologia* 35 (& Suppl.): 12-24.



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.

Smith, D. (1988): «Phytoplakton and catfish culture. *Aquaculture*, 74:167-189.

Tapia, M. (2012). *Variabilidad estacional del fitoplancton y su relación con los parámetros ambientales en el estuario* . Obtenido de

<http://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/4653/Variabilidad%20estacional%20del%20fitoplancton%20y%20su%20relaci%C3%B3n%20con%20los....pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Tomas, C. (1997). *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press. New York. 858 p.

Trujillo, U. (2009). *Diversidad de microalgas presente en las aguas estuarinas de la comunidad las Peñitas Poneloya* (tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Nicaragua

UCA-MARENA. (2001). Ficha RAMSAR del Estero Real. Grupos de Humedales de Nicaragua – MARENA. Managua, Nicaragua. 55 pp.

Williams, D., S. Dawe, M. Kent, R. Andersen, M. Craig y C. Holmes. (1997). Bioaccumulation and clearance of microcystins from salt water mussels, *Mytilus edulis*, and in vivo evidence for covalently bound microcystins in mussel tissues. *Toxicon* 35(11): 1617-1625.

Yasumoto, T. Murata, Oshima. Y., Matsumoto, G. y Clardy, J. (1984). Diarrhetic shellfish poisoning. In Rgelis, .P. (ed.), *Seafood Toxins*. Am. Chem. Soc, Washington D.C.: 207-214.