

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León
Área de Conocimiento de Ciencias y Tecnología
Dirección Específica de Biología
Maestría en Salud de los Cuerpos de Agua



Memoria de investigación para optar al título de:
MAGISTER SCIENTAE EN SALUD DE LOS CUERPOS DE AGUA

Título

Relación de la marea con las variables limnológicas en el cuerpo de agua del sector
de Gasolina, Estero Salinas Grandes.

Autor:

Ing. Francisco José Santamaría Balmaceda.

Tutores

Ariel José Aguilar, PhD.

Karen Palacios Sánchez, M.Sc.

León, octubre 2025

CERTIFICADO

Dr. Ariel José Aguilar, Profesor Titular y **M.Sc. Karen Mercedes Palacios Sánchez** de la Dirección de Biología, Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua- León (UNAN-León).

CERTIFICAN QUE:

La presente memoria titulada “*Relación de la marea con las variables limnológicas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, Estero Salinas Grandes*”, presentada por el Ing. Francisco José Santamaría para optar al título de Magister Scientae en Salud de los Cuerpos de Agua, 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.

Dado en la ciudad de León, Departamento de León, a los 11 días de mes de octubre 2024

Dr. Ariel José Aguilar

M.Sc. Karen Palacios Sánchez

DEDICATORIA

Con amor y gratitud dedico esta tesis a mi familia, especialmente a mi madre Martha Teresa Balmaceda, que me ha guiado, aconsejado, enseñándome con el ejemplo, humildad, abnegación y sacrificios. A mi esposa Eveling Yessenia González, por el apoyo incondicional, el soporte en los momentos difíciles, fomentado continuamente el crecimiento y avance continuo. Lo que ha contribuido a la consecución de este logro.

A mis herman@s por su comprensión y estímulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

También, dedico a mi hijo Justin Francisco Santamaría que ha llegado a ser el principal motor y motivación de superación, a lo largo de mi carrera profesional y siendo mi principal faro para no darme por vencido.

Ing. Francisco Santamaría

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios quien es que ha permitido con su misericordia cada uno de los logros a través de mi vida, me ha guiado y me ha dado la fortaleza humildad sabiduría, resistencia y persistencia, para continuar con cada uno de las cargas a enfrentar.

Agradezco a mi madre por el apoyo incondicional a través de mi vida, por ser ese pilar inamovible necesario en mi vida, por brindar la oportunidad y el privilegio poder estudiar y alcanzar este nivel académico.

Agradecer a los docentes que, a lo largo de nuestra formación académica en la maestría, nos brindaron sus conocimientos, permitiendo la ampliación de nuestro horizonte intelectual. A mis tutores Dr. Ariel Aguilar y Msc. Karen Palacios, docente de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-LEÓN), de igual manera agradecer por su apoyo a lo largo de todo el proceso de enseñanza y guía del trabajo de investigación.

Agradecer al Proyecto Pargo, por su apoyo, así también a la señora Rosa Hernández, que me apoyo al dar resguardo de equipos personales, usados en la toma de los datos en el campo. A la *“Cooperativa Pesquera Isla Juan Venado, Salinas Grandes”* en el apoyo de traslado hacia el punto de muestreo y alimentación en los días de muestreo. A la UNAN-León y el Departamento de Acuicola por permitir los permisos, para ir a muestrear. Al laboratorio de Fisiología Animal del departamento de Biología, por habernos brindado su apoyo con los equipos y materiales necesarios para poder llevar a cabo esta investigación.

Ing. Francisco Santamaría

ABREVIATURAS

cm: centímetro.

ind/L: individuos sobre litro.

mg/L: miligramo sobre litro.

L: litro.

ml: mililitro.

mm: milímetro.

mm²: milímetro cuadrado.

m²: metro cuadrado.

O₂: oxígeno.

°C: grado centígrado.

‰: partes por mil.

ANOVA: Análisis de varianza.

H: hora.

E.E.M: Error estándar de la media.

S: desviación estándar.

b: pendiente.

R: coeficiente de correlación.

pH: concentración de iones hidrogeno.

FAO: Organización para la Agricultura y Alimentación.

LISTA DE FIGURAS

Nº	Nombre	Pág.
1	Figura 1. Mapa de la desembocadura del Estero de Salinas Grandes; León, Nicaragua.	24
2	Figura 2. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en octubre 2018, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.	26
3	Figura 3. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en noviembre 2018, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.	27
4	Figura 4. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en diciembre 2018, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.	28
5	Figura 5. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en enero 2019, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.	29
6	Figura 6. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en febrero 2019, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.	30
7	Figura 7. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en marzo 2019, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.	31
8	Figura 8. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en mayo 2019, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.	32
9	Figura 9. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en junio 2019, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.	33
10	Figura 10. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en julio 2019, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.	34

Lista de tablas

Nº	Nombre	Pág.
1	Tabla 1. Valores de marea de los meses de octubre a diciembre 2018 y de enero a julio de 2019.	35
2	Tabla 2. Valores de Oxígeno Disuelto de los meses de octubre a diciembre 2018 y de enero a julio de 2019.	36
3	Tabla 3. Valores de pH de los meses de octubre a diciembre 2018 y de enero a julio de 2019.	37
4	Tabla 4. Valores de Temperatura de los meses de octubre a diciembre 2018 y de enero a julio de 2019.	38
5	Tabla 5. Valores de correlación de Pearson entre altura de la marea (mts), concentración de Oxígeno disuelto (mg/L) y valores de pH.	39

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the relationship between tidal dynamics and the values of: dissolved oxygen, pH, and temperature, in the Gasoline sector where the lunar snapper (*Lutjanus guttatus*) farm of the "Juan Venado Island Fishing Cooperative, Salinas Grandes" is located. Physical and chemical parameters were measured every hour, once a month, for a period of 9 months; starting at 5 pm on the first day and ending at 4pm the next day. Likewise, the fluctuation of the tide (meters) was monitored and correlated with the results of the fluctuation of the physicochemical parameters. The results show that dissolved oxygen levels presented values between 2.36 mg/L and 7.27 mg/L, pH between 7.5 and 9.07 and temperature between 24.8 °C (early morning) and 31 °C (day). The values of dissolved oxygen and pH show a positive correlation with the tidal fluctuation ($P \leq 0.05$). Therefore, the results allow us to deduce that this body of water has a high turnover rate due to the close correlation between the tide and oxygen. Consequently, this body of water can be characterized as healthy and suitable for the cultivation of *Lutjanus guttatus*.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar la relación entre la dinámica de la marea y los valores de: oxígeno disuelto, pH, y temperatura, en el sector de Gasolina donde está ubicada la granja de pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) de la “Cooperativa Pesquera Isla Juan Venado, Salinas Grandes”. Se midieron los parámetros físicos y químicos, cada hora, una vez al mes, por un periodo de 9 meses; iniciando a las 5 pm el primer día y terminando a las 4pm el día siguiente. Asimismo, se monitoreo la fluctuación de la marea (metros) y se correlacionó con los resultados de la fluctuación de los parámetros fisicoquímicos. Los resultados muestran que los niveles de oxígeno disuelto presentaron valores entre 2.36 mg/L y 7.27 mg/L, pH entre 7.5 y 9.07 y temperatura entre 24.8 °C (madrugada) y 31 °C (día). Los valores de oxígeno disuelto y pH presentan correlación positiva con la fluctuación de la marea ($P \leq 0.05$). Por lo tanto, los resultados permiten deducir que este cuerpo de agua presenta una alta tasa de recambio debido a la estrecha correlación entre la marea y el oxígeno. En consecuencia, se puede caracterizar a este cuerpo de agua como saludable y apto para el cultivo de *Lutjanus guttatus*.

ÍNDICE

CERTIFICADO	1
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
ABREVIATURAS.....	4
LISTA DE FIGURAS	5
Lista de tablas	6
ABSTRACT	7
RESUMEN	8
ÍNDICE	9
1. INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivo General	14
2.2. Objetivos Específicos	14
3. MARCO TEORICO.....	15
3.1. Sistemas Costeros y Estuarinos.....	15
3.1.1. Generalidades de Salinas Grandes.....	15
3.1.2. Condiciones climáticas de Salinas Grandes	15
3.2. Estuario	15
3.2.1. Clasificación Estuarina	16

3.2.2. Estuario de cuña salina	16
3.2.3. Estuario parcialmente mezclado.....	16
3.2.4. Estuario totalmente mezclado.....	17
3.3. Comportamiento de la Marea	17
3.4. Parámetros fisicoquímicos.....	17
3.4.1. Salinidad	18
3.4.2. Temperatura.....	18
3.4.3. pH.....	18
3.4.4. Oxígeno disuelto	19
3.4.5. Turbidez	19
3.5. Eutrofización.....	19
3.5.1. Efectos del proceso de eutrofización	20
3.6. Las principales causas antropogénica de la eutrofización	20
3.7. Principales modificaciones del incremento de nutrientes en el ambiente fisicoquímico del agua y del sedimento	21
3.8. Nitrógeno y sus formas	22
3.8.1. Amonio	22
3.8.2. Nitratos y nitritos.....	22
3.9. Fósforo total.	22
3.10. Sulfato	23

4. MATERIALES Y METODOS	24
4.1. Área de estudio	24
4.2. Metodología para la toma de muestras.....	24
4.3. Factores Físico-Químicos.....	25
4.4 Fluctuación de la marea.....	25
4.5. Análisis Estadísticos.....	25
5. RESULTADOS	26
5.1.1. Octubre 2018.....	26
5.1.2. Noviembre 2018	27
5.1.3. Diciembre 2018	28
5.1.4. Enero 2019	29
5.1.5. Febrero 2019	30
5.1.6. Marzo 2019	31
5.1.7. Mayo 2019	32
5.1.8. Junio 2019	33
5.1.9. Julio 2019	34
5.2. Valores de altura de marea, oxígeno disuelto, pH y temperatura, cada hora del periodo de estudio	35
5.3. Correlación de la dinámica de la marea con la fluctuación de los valores de oxígeno disuelto y pH.....	39
6. Discusión.....	40

6.1. Caracterización preliminar del Estero de Salinas Grandes	40
6.2. Fluctuación de los Parámetros fisicoquímicos	41
Oxígeno disuelto	41
pH	42
Temperatura °C	43
6.3 Fluctuación de la marea y su relación con el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos	43
Marea-Oxígeno-pH	43
6.4 Condiciones para el bienestar animal que presenta el cuerpo de agua del sector de Gasolina, Estero de Salinas Grandes.....	44
7. CONCLUSIONES.....	46
8. RECOMENDACIONES	47
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
6. Anexos.....	56

1. INTRODUCCIÓN

El Estero de Salinas Grandes pertenece geográficamente al Municipio de León, Departamento de León. En sus alrededores se encuentran playas o playones donde actualmente se produce sal, en la parte norte hay pequeñas lomas con una altitud aproximada de 15 a 25 pies sobre el nivel del mar, la zona es bastante llana con bosques de sabana (ASODEL, 2009).

Por lo tanto, con el aumento de la densidad poblacional en la comunidad de Salinas Grandes se han intensificado las actividades del hombre, con la consecuencia del incremento de la entrada de nutrientes al cuerpo de agua. Es más, la desembocadura del río la Leona entre el sector de La Garita y Gasolina mantiene en peligro latente la entrada de altos contenidos de sedimento o nutrientes, en periodos de invierno, lo cual puede causar variación de los niveles de oxígeno disuelto, pH y/o temperatura en este ecosistema, similar a lo reportado para otros ecosistemas acuáticos (Boyd, 2000; Boyd et al., 2002; Boyd y Hanson, 2010; Korhonen et al., 2012). 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 (Boyd y Tucker, 1992).

El Estero de Salinas Grandes es utilizado para fines económicos, como pesca artesanal, extracción y cultivo de conchas negras (*Anadara tuberculosa* y *Anadara similis*), y más recientemente al cultivo de pargo lunarejo en jaula flotantes. Bajo este contexto, nuestro trabajo se enfoca en conocer la relación entre la marea y la fluctuación de los niveles de oxígeno disuelto, pH y temperatura, para evaluar las condiciones de capacidad de carga que tiene ese cuerpo de agua. Por consiguiente, este conocimiento permitirá ubicar granjas de cultivo de pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) en jaulas flotante, en sitios donde la calidad del agua brinde condiciones de bienestar a los animales en cultivo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Relacionar la dinámica de la marea con la fluctuación de los parámetros físicos y químicos en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, Estero de Salinas Grandes, para determinar condiciones de cultivo de pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*).

2.2. Objetivos Específicos

- Medir los valores de oxígeno disuelto, temperatura y pH en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, Estero de Salinas Grandes.
- Relacionar la dinámica de la marea con la fluctuación de los valores de oxígeno disuelto y pH en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, Estero de Salinas Grandes.
- Evaluar las condiciones de bienestar animal que presenta el cuerpo de agua del sector de Gasolina, Estero de Salinas Grandes, para el cultivo de pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*).

3. MARCO TEORICO

3.1. Sistemas Costeros y Estuarinos

El área costera, es la zona de transición e interacción entre los ambientes terrestre y marino. En esta zona, se desarrollan procesos ecológicos de gran importancia para la biota costero-marina. La costa incluye tanto la zona de tierra emergida como la zona de aguas poco profundas en las que las olas realizan su actividad, así como las playas y acantilados costeros modelados por las olas, y las dunas costeras (Wetzel, 2001; Young et al., 2004).

3.1.1. Generalidades de Salinas Grandes

La comunidad Salinas Grandes pertenece geográficamente al Municipio de León, Departamento de León. Se encuentra ubicada en el km 79, carretera León-Managua, propiamente en el empalme del mismo nombre Salinas Grandes (ASODEL, 2009).

3.1.2. Condiciones climáticas de Salinas Grandes

El clima es cálido con temperaturas que oscilan en 36 grados centígrados. Se cuenta con un período lluvioso correspondiente a seis meses de mayo a octubre y el verano desde noviembre hasta el mes de abril. Los vientos son fuertes en el período seco intensificándose entre febrero y abril, alcanzando velocidades hasta 30 km/h (ASODEL, 2009).

3.2. Estuario

Un estuario es un cuerpo de agua semicerrado que presenta una conexión libre con el mar, dentro del cual el agua de mar es diluida con agua dulce proveniente del drenaje terrestre (ríos, escorrentías etc.). 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 marca también la importancia de los límites que controlan la distribución de las propiedades, el movimiento y la mezcla del agua (Pritchard, 1967). Por consiguiente, estos cuerpos son producto de la combinación entre el

agua marina que penetra al continente por la marea con el agua dulce que acarrearán las escorrentías y ríos que drenan al mar. El reconocimiento de la diversidad y complejidad de diversos tipos de estuarios y lagunas costeras, la importancia de su extensión geográfica y el interés en el estudio demostrado por algunos organismos y programas internacionales, ha llevado a algunos autores a pensar que son ecosistemas diferentes (Curie, 1994; Pritchard, 1967).

3.2.1. Clasificación Estuarina

Los estuarios se clasifican en función de diversos parámetros, ya sean físicos o químicos. A su vez, existen clasificaciones fundamentadas en la morfología, el rango mareal y el grado de estratificación salina de la columna de agua. Teniendo en cuenta estos aspectos se presenta una clasificación basada en la salinidad, y en la diferencia fundamental entre los tipos de estuarios en las variaciones entre la descarga fluvial y el rango mareal; reconociendo así tres tipos de estuarios (Pritchard, 1967):

3.2.2. Estuario de cuña salina

Este tipo de estuario es altamente estratificado y se desarrolla cuando un río desemboca en el mar con mareas muy débiles (régimen micromareal) donde el agua dulce, menos densa, transita por encima del agua salada, más densa, y se forma una cuña salina que va penetrando y adelgazándose aguas arriba. Entre el agua dulce y salada hay un marcado gradiente de salinidad, por lo que se forma una haloclina. Por otra parte, las isohalinas (líneas de puntos de igual salinidad) se van disponiendo de forma horizontal, de tal manera que la posición de la cuña salina depende del caudal fluvial que se encuentre en el estero. Cuando el caudal baja, la cuña salina logra penetrar más aguas arriba logrando desplazar la cuña salina hasta la desembocadura (Pritchard, 1967).

3.2.3. Estuario parcialmente mezclado

Es producto del movimiento de las aguas de un río cuando desemboca en el mar con un rango mareal moderado (régimen mesomareal). Por tanto, son las corrientes mareales las que permiten los movimientos arriba y abajo del estuario con el flujo y reflujo. Por consiguiente, estos movimientos facilitan el mezclado de las aguas

debido a la fricción, así como, las corrientes mareales y la fricción con el fondo. Resultando que estos procesos de mezcla hagan que la haloclina sea mucho menos definida que en los estuarios de cuña salina (Pritchard, 1967).

3.2.4. Estuario totalmente mezclado

Este es un tipo de estuario no presenta estratificación de sus aguas debido al rango mareal alto (régimen macromareal) dado que las corrientes mareales son capaces de romper la estratificación vertical, haciendo posible que la energía del mar haga que la columna de agua se encuentre completamente mezclada y que las isohalinas posean una disposición vertical, con un aumento de gradiente de salinidad en dirección al mar (Pritchard, 1967; Contreras, 2001, 2002).

3.3. Comportamiento de la Marea

La evaluación del comportamiento de la marea realizada por la estación del Puerto de Corinto, Nicaragua define la fluctuación de alturas de las mareas altas y mareas bajas.

Según estudios realizado por otros investigadores muestran que el periodo de mareas más bajas se sucede en los meses de enero a mayo y oscilan en alturas de mareas suaves de 0.98 m, lo que significa que son meses favorables para el desarrollo de la pesca, navegación y turismo. Por otro lado, las mareas altas ocurren de mayo a septiembre, llegando a tener alturas entre 3.66 y 3.73 m, Es más, en algunos años, se han encontrado alturas de marea de hasta 3.80 m de altura en octubre y abril (CIDEA, 2006a y 2006b; Ramírez, 2004a, 2004b, 2004c, 2004d).

3.4. Parámetros fisicoquímicos

En los distintos ecosistemas acuáticos la presencia de agentes externos o contaminantes de tipo orgánico o inorgánico causa modificaciones en las características físicas y químicas del agua, perturbando la composición y distribución de las comunidades acuáticas. (Roldan, 1992). En ese sentido, las modificaciones ecológicas repercuten en los índices de biodiversidad (Sala et al., 2000) debido a que afectan a las poblaciones de peces, plancton y especies de vida silvestre (Clifford, 1994; Solís et al., 2011).

3.4.1. Salinidad

En los ecosistemas acuáticos la salinidad puede variar en dirección tanto horizontal como vertical y aun en un mismo punto puede sufrir variaciones en las diferentes estaciones del año. La temperatura es uno de los factores que hace cambiar la salinidad en un cuerpo de agua, debido a que si es elevada provoca una evaporación intensa y, por ende, un aumento de la concentración de sales. Por el contrario, el aporte de agua dulce propicia la dilución del cuerpo de agua, repercutiendo en la disminución de la salinidad (Ackefors y Enel, 1992; Abarca, 2002; Contreras, 2001).

3.4.2. Temperatura

La temperatura del agua se establece fundamentalmente por muchos factores dentro de los principales tenemos la posición geográfica del agua (Contreras, 2002). Por tanto, la temperatura es uno de los factores ambientales más importantes para el funcionamiento de los organismos acuáticos debido a que afecta la densidad y viscosidad del agua, la solubilidad de los gases y en particular la del oxígeno disuelto; de la misma manera afecta la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas (productividad primaria, reproducción y crecimiento de los organismos), (Chapman, 1992; Chapman y Kimtsach, 1992). Bajo ese contexto, la temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias (aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases) y afectando la actividad biológica (Chapman, 1992).

3.4.3. pH

El pH en los ecosistemas acuáticos nos indica cuán ácida o básica es el agua. El agua con un pH 7 no se considera ni ácida ni básica sino neutra, cuando el pH es inferior a 7 el agua es ácida y cuando el pH es superior a 7 el agua es básica (Contreras, 2001). De tal modo, que la escala de pH es de 0 a 14. Si la concentración de dióxido de carbono crece en un cuerpo de agua, la concentración de iones de hidrógeno aumenta, disminuyendo el valor de pH. Por el contrario, si disminuye la concentración de dióxido de carbono, la de iones de hidrógeno desciende, aumenta el valor del pH. De tal forma, que en el día el fitoplancton disminuye la concentración

de CO₂, por ende, aumenta el valor del pH del agua y en la noche los valores de pH disminuyen debido al incremento en la concentración de CO₂ (Chapman, y V. Kimtsach, 1992).

3.4.4. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es un factor primordial para el desarrollo del metabolismo acuático. En condiciones estuarinas, las concentraciones de oxígeno disuelto fluctúan en base al nivel de enriquecimiento de nutrientes, actividad fotosintética y la concentración de microorganismos descomponedores (Rabalais et al., 2002).

3.4.5. Turbidez

La luz es un factor determinante para la vida de los ecosistemas acuáticos, de tal forma que la penetración de la luz en un cuerpo de agua propicia la actividad fotosintética (Gessner y Chauvet, 2002; Gorga et al., 2002; Gutiérrez et al., 2006). Por tanto, en cuerpos de agua con alto nivel de eutrofización y partículas disueltas es muy poca la penetración de la luz en el cuerpo de agua (Hutchinson, 1975; Wetzel, 2001). El disco de Secchi es el equipo usado para realizar las mediciones de turbidez, posee cuatro cuadrantes alternos (2 negros y 2 blancos) que sirven para definir hasta donde llega la penetración de la luz en la columna de agua (Chapman, y V. Kimtsach, 1992).

3.5. Eutrofización

Se debe al incremento de las concentraciones de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo que estimulan el crecimiento de algas en un cuerpo de agua. En las últimas décadas, el efecto del cambio climático y el crecimiento de la actividad industrial de la población, tales como diversas prácticas agrícolas, plantas de tratamiento de aguas servidas, escurrimiento urbano y la quema de combustibles fósiles han aumentado las aportaciones de nutrientes en los cuerpos de agua (Bricker et al., 1999; Bunn y Davies, 2000; Costanza, 1992). Se sabe que las algas se desarrollan cuando tienen presentes condiciones favorables como temperatura, sol y nutrientes. El enriquecimiento en nutrientes, en las aguas, produce un crecimiento excesivo de algas, las cuales al morir se depositan en el fondo de los ríos o lagos, generando residuos orgánicos que al descomponerse consumen gran

parte del oxígeno disuelto, por lo que se propicia la muerte por asfixia de la fauna y flora, hasta el punto de matar el río o lago por completo (Boyd, 1996; Bunn et al., 1999; Boyd, 2001).

3.5.1. Efectos del proceso de eutrofización

Los ecosistemas acuáticos eutrofizados experimentan una alteración de la biota y de la diversidad biológica, la cual es provocada por la proliferación de cianófitas y macrófitas en demasía. El desarrollo de estos organismos provoca opacidad que impide la penetración de la luz hasta regiones profundas de la columna de agua. Bajo ese contexto las consecuencias directas son la imposibilidad de llevar a cabo la fotosíntesis en lugares cada vez menos profundos y por lo tanto, la disminución en la producción de oxígeno libre (Ackefors y Enell, 1992). Esta situación provoca que el fondo del ecosistema acuático se convierta de forma gradual en un ambiente anaerobio, y el consecuente aumento en la concentración de gases como anhídrido sulfuroso (H_2S), metano (CH_4) y anhídrido carbónico (CO_2) hace poco factible la vida de la mayoría de las especies que forman dicho ecosistema. Dándose, por tanto, la mortandad masiva de la biota acuática (Korhonen, 2012) debido a la acumulación de sustancias tóxicas que reducen las condiciones óptimas de bienestar animal y vegetal, facilitando la aparición de organismos patógenos y vectores de enfermedades (Ackefors y Enell, 1992).

3.6. Las principales causas antropogénica de la eutrofización

- a. Una de las más antiguas causas es la descarga de aguas residuales, las cuales son ricas en nutrientes, contribuyendo al cambio trófico del cuerpo de agua receptor.
- b. El uso excesivo de fertilizantes genera la contaminación del agua mediante el aporte de nitrógeno (en forma de sales de nitrato y amonio) y fósforo (como fosfato).
- c. La deforestación y la erosión en suelos agrícolas influyen en la carga de nutrientes, debido a que los escurrimientos al pasar por una tierra que no tiene protección lavan la capa fértil, llevándose consigo los nutrientes.

La presencia de gases ambientales tales como óxidos de nitrógeno (NO_2) y óxidos

de azufre (SO_2) al entrar en contacto con el agua atmosférica forman ion nitrato (NO_3) e ion sulfato (SO_4) que forman sales solubles al alcanzar el suelo con los cationes del mismo, generando un empobrecimiento de dichos iones. Dichas sales son volcadas fácilmente en los cuerpos de agua, dando lugar a un proceso de eutrofización (Ackefors y Enell, 1992).

La eutrofización de los cuerpos de agua es de preocupación, debido a que puede tener muchas consecuencias negativas. Estos incluyen impactos ecológicos (como el deterioro de la calidad del agua y la pérdida de la diversidad biológica), estéticos, recreativos y efectos en la salud humana. Que finalmente repercuten en la economía de los países (National Eutrophication, 2002).

3.7. Principales modificaciones del incremento de nutrientes en el ambiente fisicoquímico del agua y del sedimento

El aumento de la carga de nutrientes determina una mayor biomasa de productores primarios y secundarios en el sistema, que se traduce en una notoria modificación de la transparencia y coloración del agua producto del incremento del fitoplancton (Moss, 1996; Moss et al., 1996). Por tanto, la excesiva generación de materia orgánica supera la capacidad de degradación del sistema, determinando su acumulación en el sedimento, condicionando la distribución de la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua. Por otro lado, en los sistemas poco productivos la concentración de oxígeno disuelto está determinada principalmente por factores físicos (fundamentalmente por la temperatura) y no se observan diferencias muy notorias entre las capas superficiales y profundas (Moss et al., 1996; Scheffer, 1998). El aumento de la productividad promueve diferencias verticales en la concentración de oxígeno, registrándose valores elevados en superficie producto de la actividad fotosintética y valores cercanos a cero en el fondo, resultado de la degradación de la materia orgánica (Wetzel, 2001).

Cuando la respuesta al proceso de eutrofización es el desarrollo excesivo de plantas flotantes libres, el intercambio gaseoso entre la columna de agua y la atmósfera se ve limitado, registrando condiciones de hipoxia o anoxia en toda la columna de agua (Moss et al., 1996; Scheffer, 1998). El déficit de oxígeno contribuye al predominio de la descomposición anaeróbica que genera gases sulfhídrico o metano, lo que se

traduce en problemas de olor y sabor del agua. El aumento de la productividad primaria también determina variaciones diarias del pH en la columna de agua debido a que el consumo de CO_2 por los procesos fotosintéticos basicifica el agua, mientras que los procesos de descomposición acidifican el agua debido a la liberación de CO_2 . Si bien durante el proceso de eutrofización la concentración de nutrientes aumenta considerablemente, la elevada actividad fotosintética puede determinar que las fracciones disueltas directamente asimilables como el amonio (N-NH_4^+), el nitrato (N-NO_3) y fósforo reactivo soluble (principalmente PO_4) presenten valores muy bajos o indetectables debido a su alta tasa de incorporación (García et al., 2018; Gorga et al., 2002;).

3.8. Nitrógeno y sus formas

3.8.1. Amonio

Es la forma más común de presencia en los ecosistemas costeros y su permanencia es constante a lo largo del ciclo anual. De manera general, la cantidad del amonio presente en las aguas lagunares está íntimamente relacionada con los procesos biológicos heterotróficos en la columna del agua y en los sedimentos. El amonio es la forma dominante del nitrógeno total inorgánico y contribuye con 60 al 98 % de las formas nitrogenadas (Contreras, 2001, 2002).

3.8.2. Nitratos y nitritos

Los valores promedios de estas formas nitrogenadas tienden a ser más bajos, comparados con los del amonio. Se conoce, que diferentes formas de fitoplancton tienen preferencia por diferentes nutrientes. Las formas nanofitoplanctónicas manifiestan una considerable aportación a la biomasa total del fitoplancton y prefieren amonio, mientras que el micro fitoplancton consume mayormente los nitratos (Contreras, 2001, 2002)

3.9. Fósforo total.

En la mayoría de los casos, el fósforo es el nutriente limitante para las algas. El fósforo no tiene una base volátil, y no sufre procesos de oxidación y reducción, forma precipitados altamente insolubles con Ca, Mg y Fe de tal manera, que se está eliminado de la columna del agua hacia los sedimentos. El fosfato puede ser

reducido en raras ocasiones a fosfito, hipofosfito y fosfina (Wetzel, 1991). Se han efectuado numerosos estudios, que relacionan la biomasa de las algas en los lagos con el contenido del fósforo. En estos estudios la biomasa algal se determinó por el contenido de clorofila a, que es una sustancia química fácil de medir y es exclusiva de los organismos fotosintéticos. El fósforo total y la clorofila a están relacionados directamente (Wetzel, 2001).

3.10. Sulfato

Los sulfatos están presentes de forma natural en muchos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo, en la industria química. Se liberan al agua, procedentes de residuos industriales y mediante precipitación desde la atmósfera; no obstante, las concentraciones más altas suelen encontrarse en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales (Rapport et al., 1998).

El bióxido de azufre atmosférico (SO_2), que se forma por la combustión de los derivados del petróleo puede contribuir al contenido de sulfatos del agua superficial. El sulfato disuelto se considera como un soluto permanente del agua, la mayoría son solubles en agua, con excepción de los sulfatos de plomo, bario y estroncio. Existe una correlación inversa entre los sulfatos y los bicarbonatos, especialmente en las aguas con baja alcalinidad (Udy et al., 2006).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el cuerpo de agua del sector de Gasolina en el Estero Salinas Grandes, ubicado a 24 km de la ciudad de León, Departamento de León, Nicaragua. En el periodo de octubre de 2018 a julio de 2019. La zona de estudio está ubicada en las coordenadas: 51280.01mE; 1357488.12mN.



Figura 1. Mapa de la desembocadura del Estero de Salinas Grandes; León, Nicaragua.

Fuente: Google Earth Pro.

4.2. Metodología para la toma de muestras

Los muestreos se realizaron durante 9 meses (de octubre 2018 a julio 2019, excepto abril 2019), por un periodo de 24 horas (cada hora), una vez al mes. En este periodo de estudio se midieron los valores de oxígeno disuelto, pH y temperatura, la toma de muestra se realizó en la jaula flotante de cultivo de pargo, iniciando a las 05 de la tarde del primer día y concluyendo a las 04 pm del siguiente día, completando de esta manera las 24 horas. Asimismo, se determinó el nivel (metros) de fluctuación de la marea.

4.3. Factores Físico-Químicos

Los parámetros fisicoquímicos (oxígeno disuelto (OD), pH y temperatura) se midieron en la superficie del cuerpo de agua (a 20 cm de profundidad), cada hora, por un periodo de 24 horas. Para determinar el nivel de OD y los grados de temperatura, se utilizó un Oxigenometro marca YSI 550A. El pH se midió con un pH-metro marca (pH Test 20) y el procedimiento se realizó de manera similar al utilizado para la toma de medida del OD.

4.4 Fluctuación de la marea

Los valores de la fluctuación de la marea (metros) se tomaron de la página web https://tablademareas.com/ni/leon/puerto-sandino#_mareas y se graficó con un intervalo por cada hora, por un periodo de 24 horas.

4.5. Análisis Estadísticos.

Los datos obtenidos durante la realización del experimento se muestran como la media de cada grupo. La relación entre los valores de oxígeno disuelto, pH con los valores de variación de los niveles de altura de la marea se determinaron usando el análisis de correlación de Pearson con $p \leq 0.05$.

5. RESULTADOS

5.1. Fluctuación de los niveles de altura de marea, oxígeno disuelto y pH en los meses de octubre 2018 a julio 2019, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina en el estero de Salinas Grandes, León.

De manera similar a lo observado en el mes de octubre 2018, la fluctuación de los valores de oxígeno disuelto y pH presentan similar comportamiento con respecto a la dinámica de marea, en todos los meses de estudio.

5.1.1. Octubre 2018

La figura 2 muestra el comportamiento de los niveles de oxígeno disuelto y pH con respecto a la fluctuación de la marea en un periodo de 24 horas (ver figura 2).

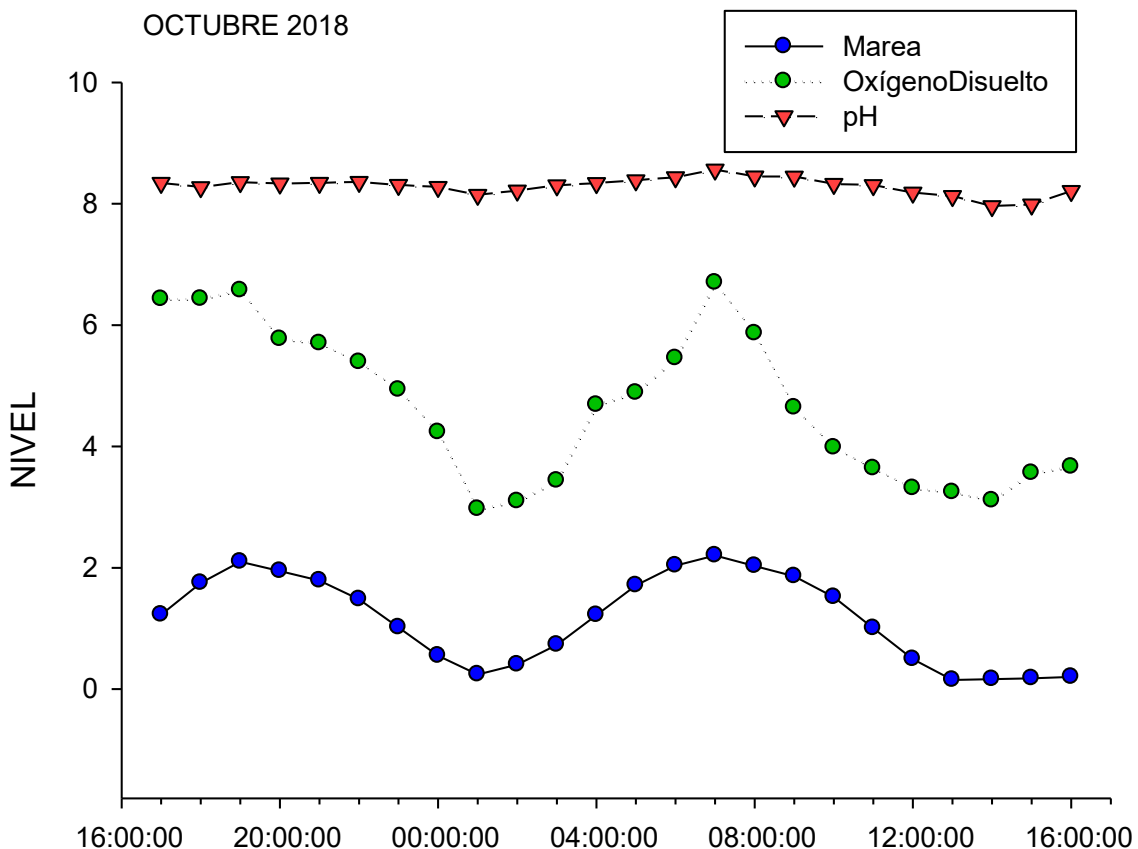


Figura 2. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en octubre 2018, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.

5.1.2. Noviembre 2018

De manera similar a lo observado en el mes de octubre, la fluctuación de los valores de oxígeno disuelto y pH presentan similar comportamiento con respecto a la dinámica de marea (ver figura 3).

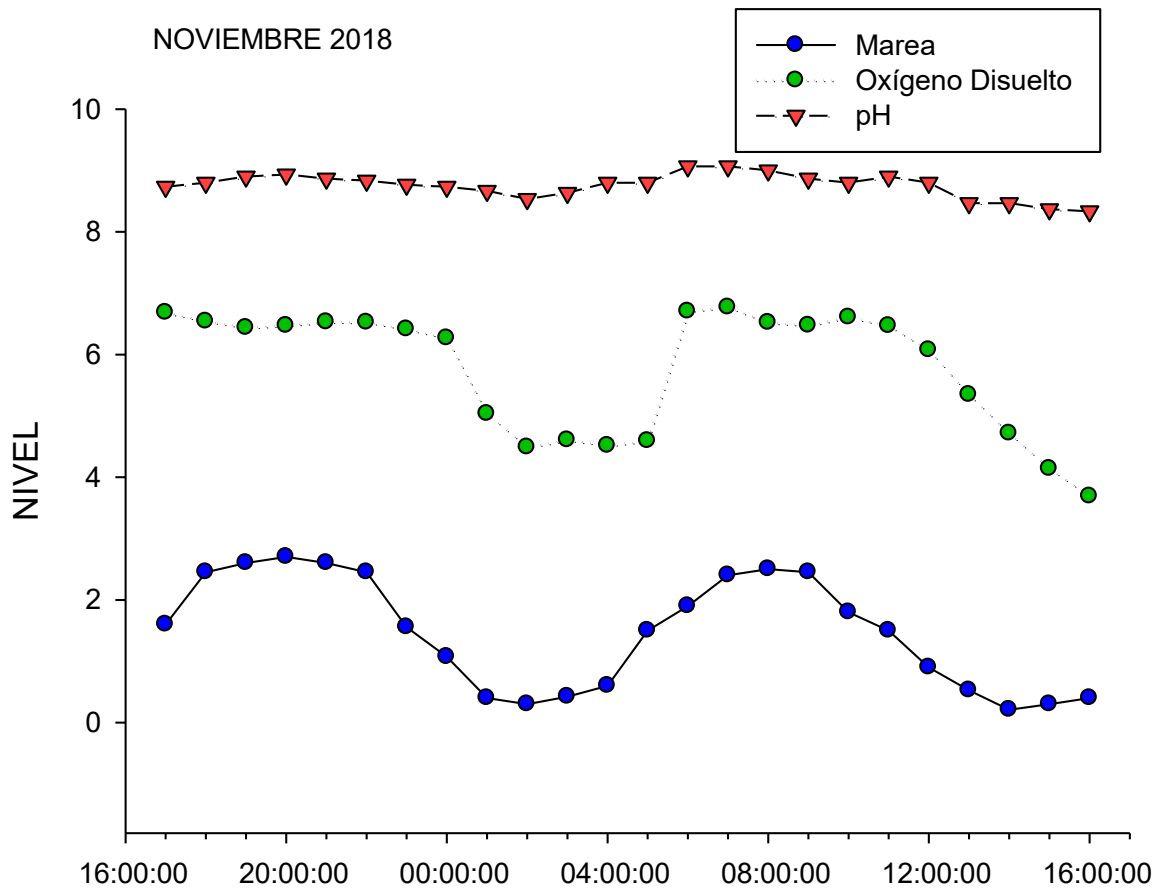


Figura 3. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en noviembre 2018, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.

5.1.3. Diciembre 2018

La fluctuación de los valores de los parámetros de estudio (marea, oxígeno y pH) continúan presentando similar comportamiento al observado en los meses anteriores. La altura de la marea y valores de pH mantienen el mismo nivel que en los meses anteriores (ver figura 4).

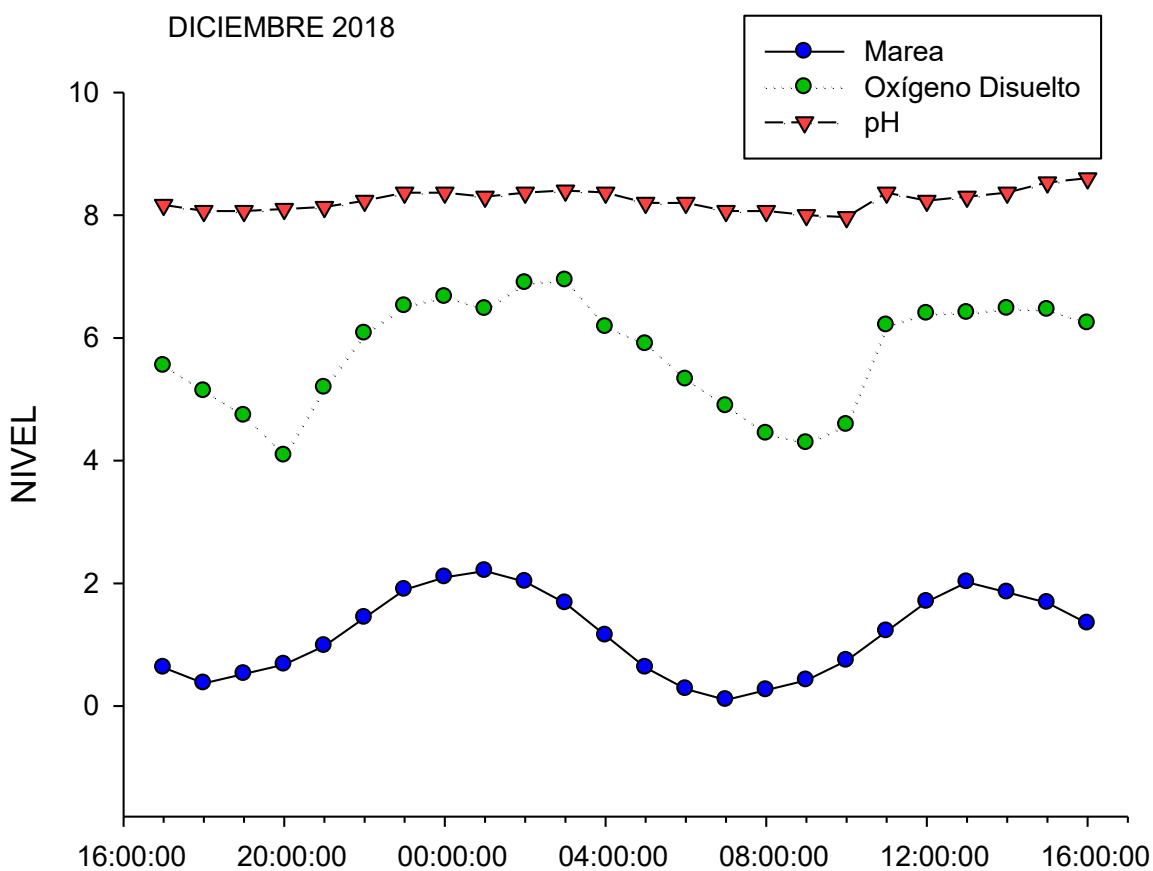


Figura 4. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en diciembre 2018, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.

5.1.4. Enero 2019

El mes de enero 2019 presenta similar comportamiento en las fluctuaciones de oxígeno disuelto, altura de marea y pH en el tiempo (ver figura 5).

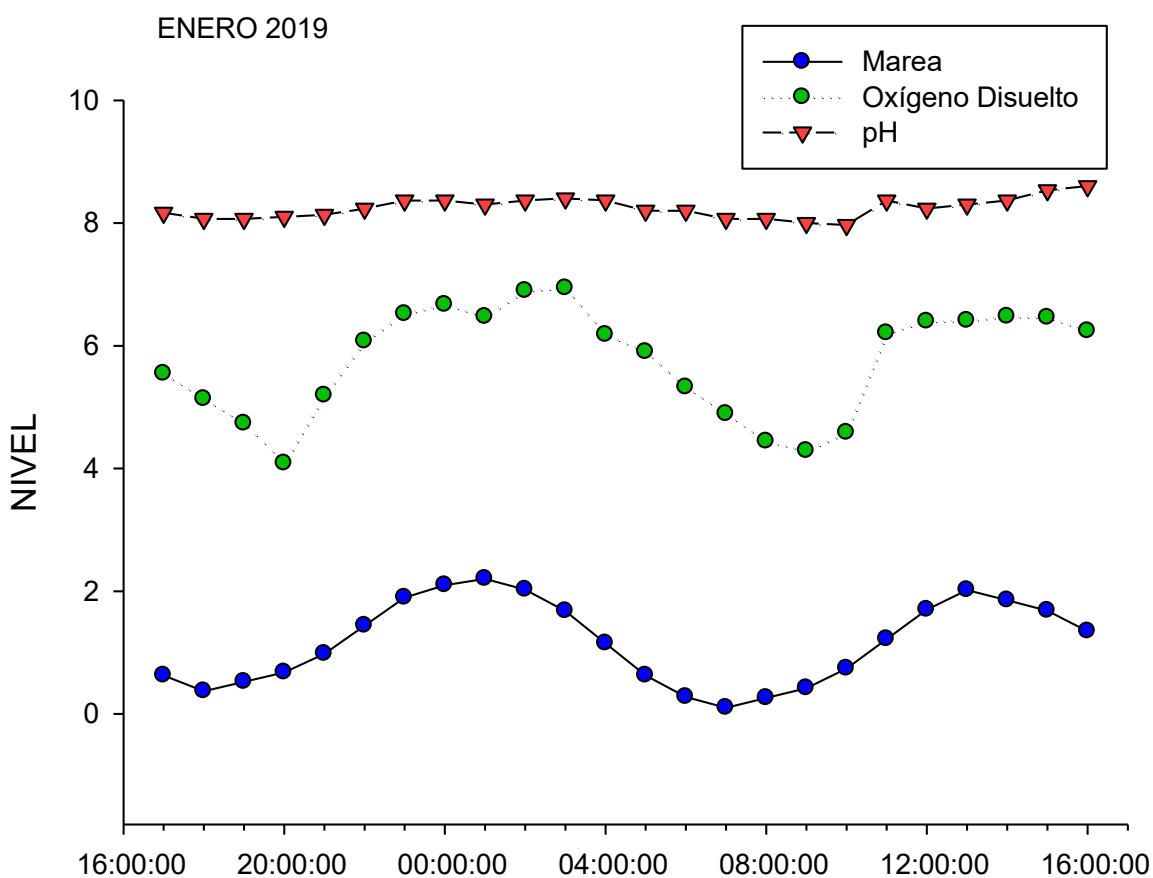


Figura 5. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en enero 2019, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.

5.1.5. Febrero 2019

La figura 6 muestra los valores de altura de marea, oxígeno disuelto y pH. Los resultados muestran valores de pH superiores a 8. Asimismo, se puede observar que, por la noche, en marea alta, los valores de oxígeno disuelto son superiores a los observados en marea alta diurna. Por tanto, los valores de oxígeno disuelto fueron mayores durante el periodo 3 am, 4 am y 5 am.

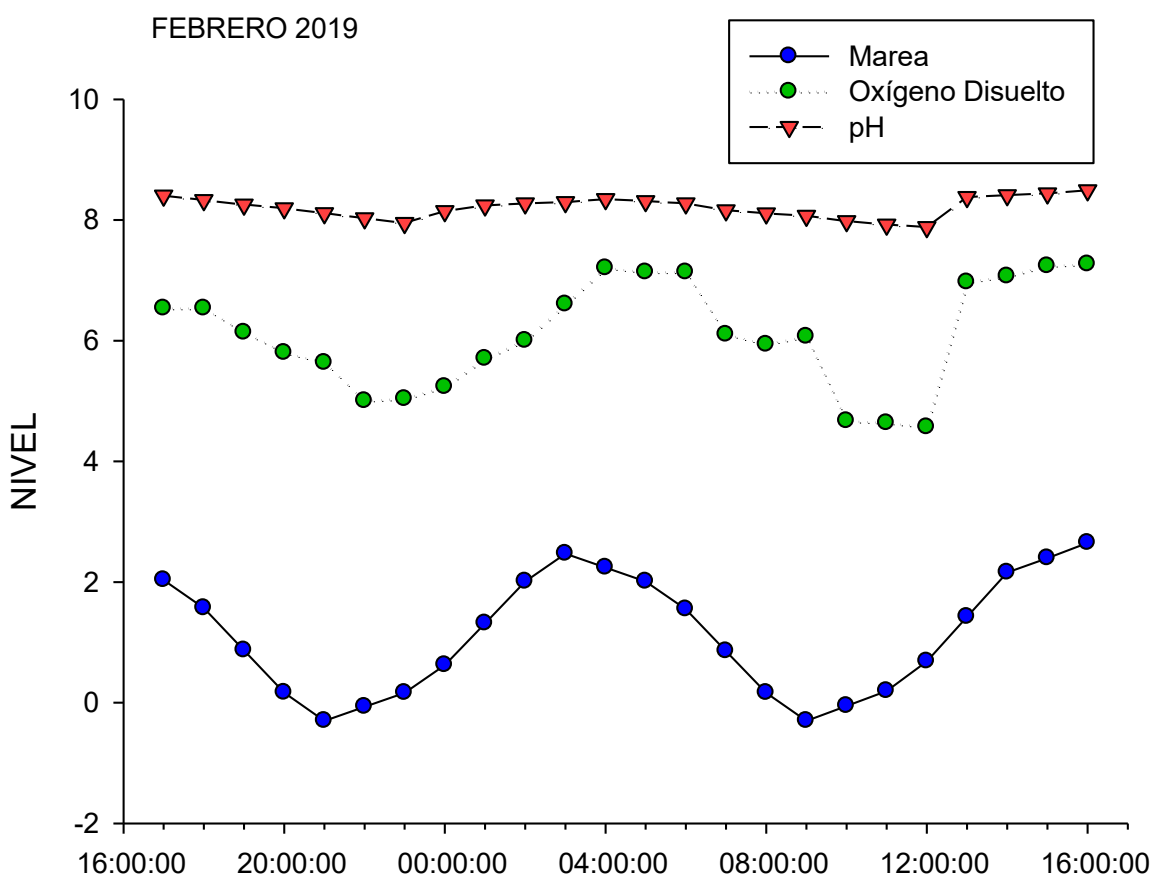


Figura 6. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en febrero 2019, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.

5.1.6. Marzo 2019

La figura 7 muestra similares valores de pH con respecto a los meses anteriores. Asimismo, se observa similar comportamiento de los niveles de oxígeno disuelto con respecto a los meses anteriores (ver figura 7).

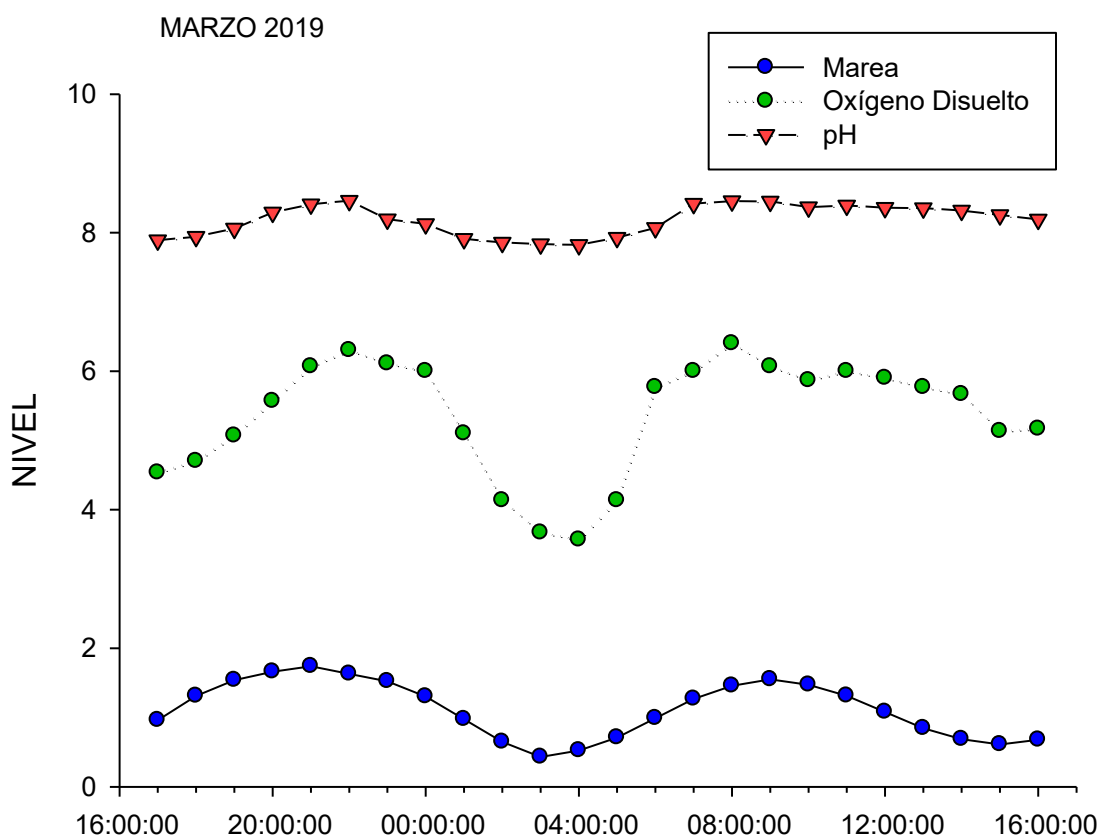


Figura 7. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en marzo 2019, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.

5.1.7. Mayo 2019

La figura 8 muestra que, en el mes de mayo, no se observa similar comportamiento de los niveles de oxígeno y la marea debido a que en horas de la madrugada y de la tarde cuando la marea estaba en etapa de crecimiento los niveles de oxígeno disuelto disminuían en el tiempo. Por tanto, en todo el periodo de estudio este es el único momento donde se observa comportamiento antagónico entre ambos parámetros.

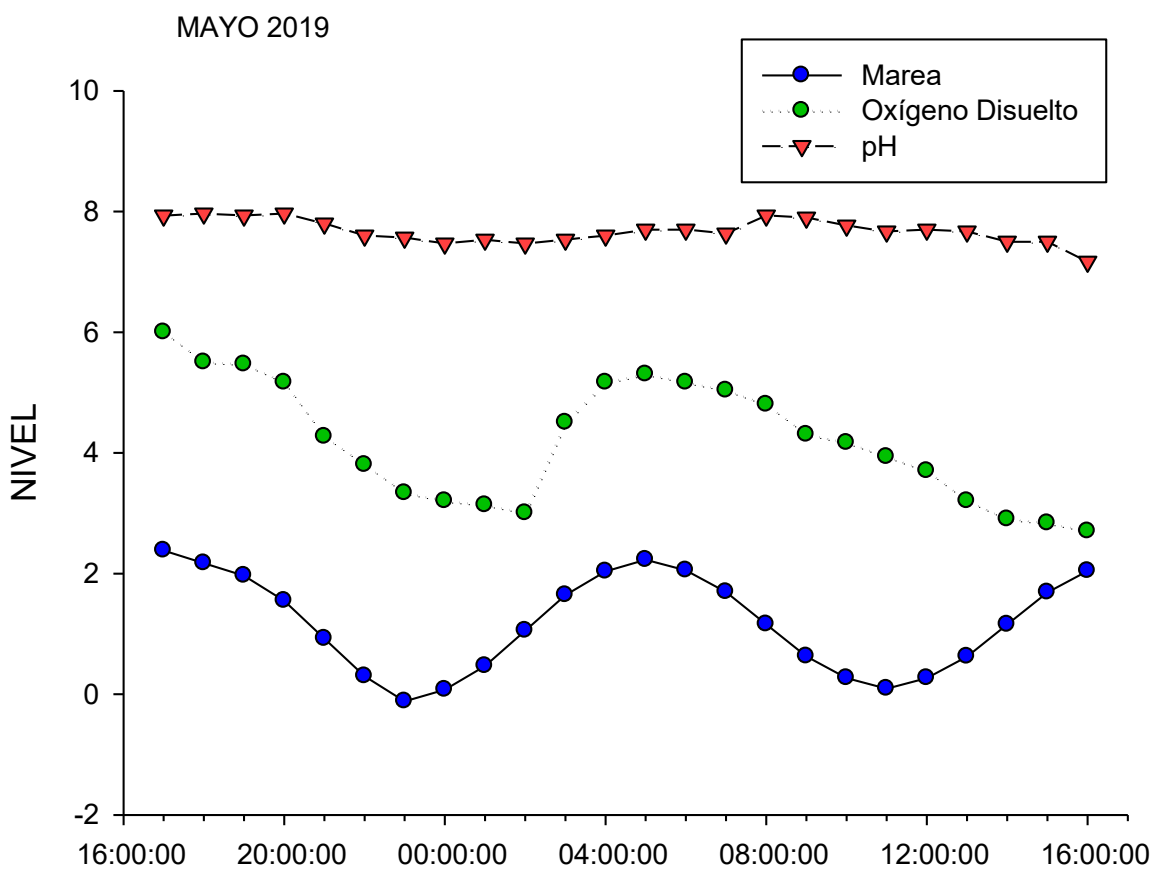


Figura 8. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en mayo 2019, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.

5.1.8. Junio 2019

La figura 9 muestra la fluctuación de los valores de oxígeno disuelto, pH y la marea en el mes de junio 2019. Cabe mencionar que, a diferencia de lo observado en el mes de mayo, los valores de los parámetros de estudio se comportan de manera similar (ver figura 9).

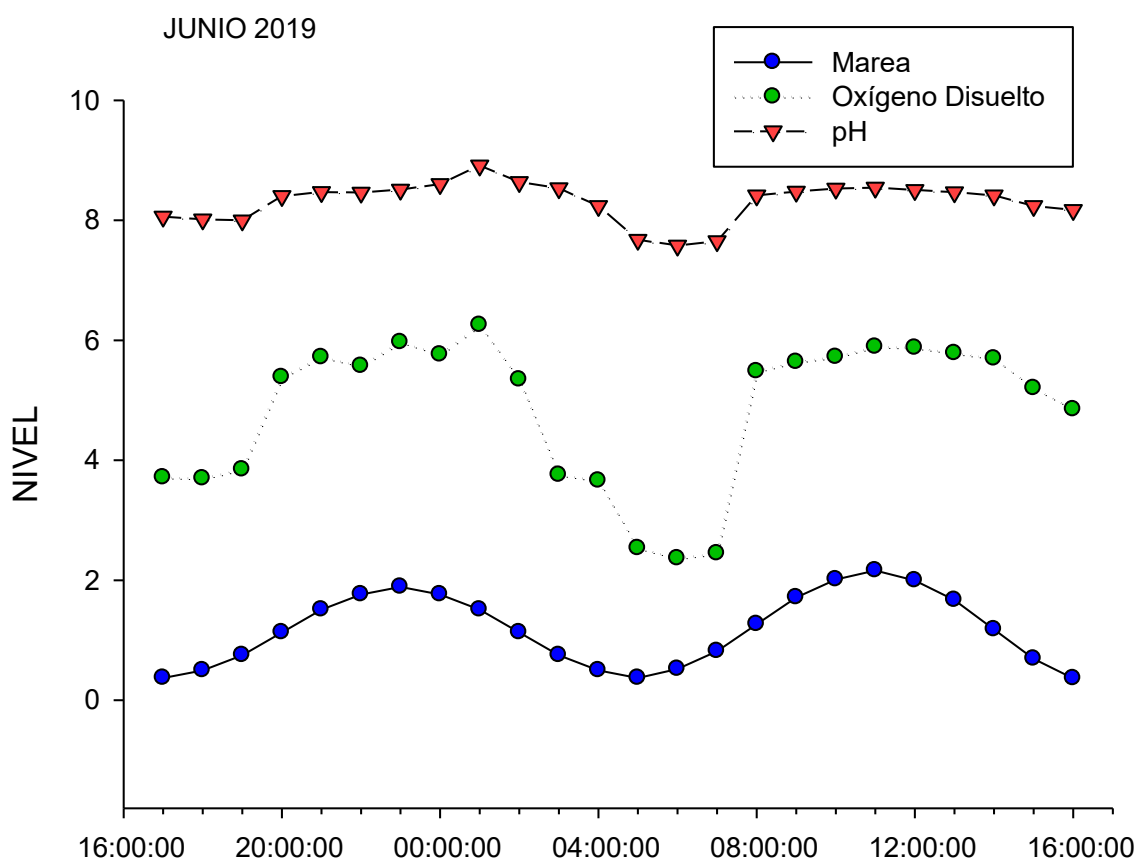


Figura 9. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en junio 2019, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.

5.1.9. Julio 2019

La figura 10 muestra, de manera general, similar comportamiento de los parámetros de estudio con respecto a los meses anteriores. No obstante, los niveles de oxígeno disuelto se encuentran por debajo de los 6 mg/L, situación que difiere de los meses anteriores.

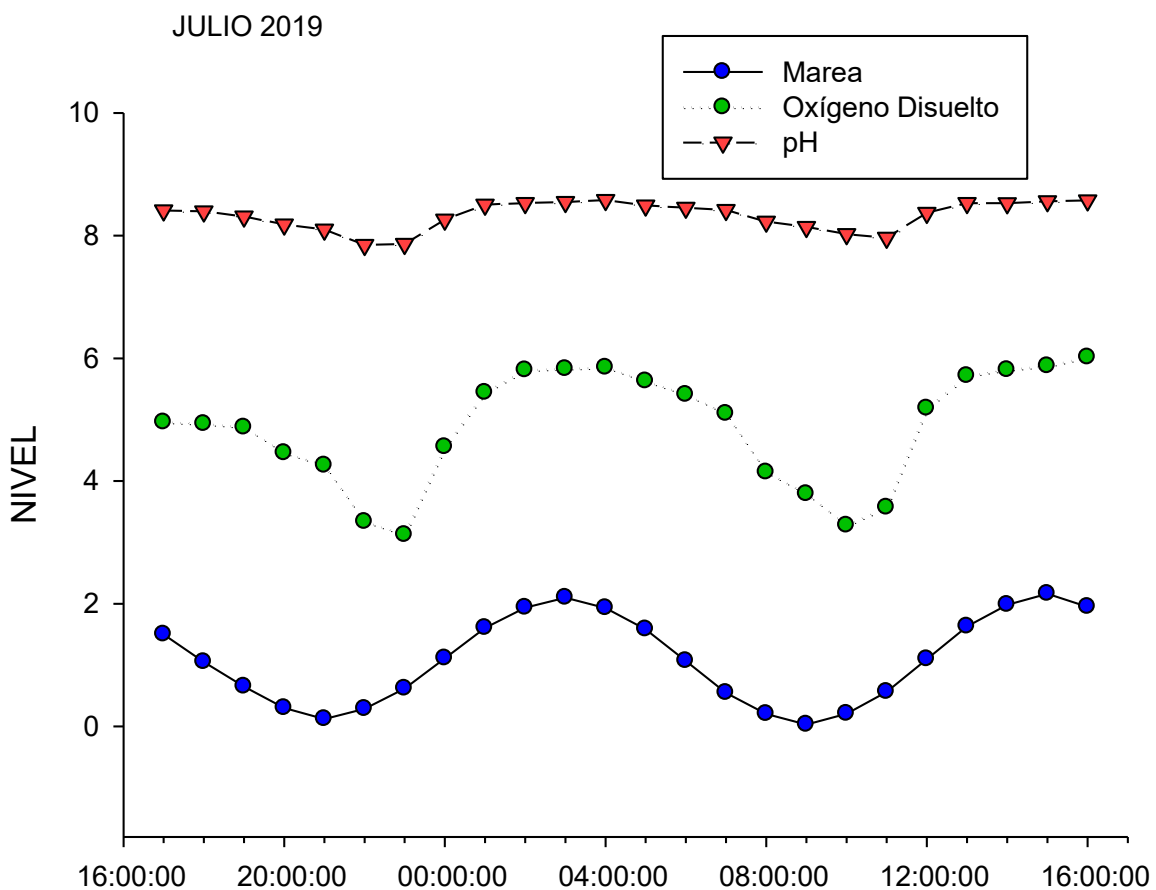


Figura 10. Fluctuación de los niveles de marea (mts), oxígeno disuelto (mg/L) y pH (unidades) en julio 2019, periodo de 24 horas, en el cuerpo de agua del sector de Gasolina, estero de Salinas Grandes.

5.2. Valores de altura de marea, oxígeno disuelto, pH y temperatura, cada hora del periodo de estudio

Tabla 1. Valores de marea de los meses de octubre a diciembre 2018 y de enero a julio de 2019.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Mayo	Junio	Julio
H1	1.23	1.28	0.63	0.53	2.03	1.00	2.17	0.51	1.75
H2	1.75	1.83	0.37	0.87	1.57	1.31	1.96	0.64	1.05
H3	2.10	2.20	0.52	1.37	0.87	1.54	1.55	0.91	0.65
H4	1.95	2.04	0.68	1.87	0.17	1.80	0.92	1.32	0.30
H5	1.79	1.88	0.98	2.20	-0.30	1.90	0.30	1.73	0.30
H6	1.48	1.56	1.44	2.04	-0.07	1.78	-0.12	2.00	0.44
H7	1.02	1.07	1.90	1.88	0.16	1.66	0.08	1.86	0.58
H8	0.55	0.59	2.10	1.57	0.62	1.41	0.27	1.72	0.87
H9	0.24	0.27	2.20	1.09	1.32	1.04	0.66	1.45	1.29
H10	0.40	0.42	2.03	0.62	2.01	0.68	1.25	1.03	1.72
H11	0.73	0.73	1.68	0.30	2.47	0.43	1.84	0.62	2.00
H12	1.22	1.19	1.15	0.43	2.24	0.54	2.07	0.34	1.86
H13	1.71	1.64	0.63	0.55	2.01	0.64	1.91	0.50	1.72
H14	2.04	1.95	0.28	0.80	1.55	0.85	1.74	0.65	1.43
H15	2.20	2.10	0.10	1.18	0.85	1.17	1.41	0.96	1.01
H16	2.03	1.94	0.26	1.55	0.16	1.49	0.92	1.43	0.58
H17	1.86	1.79	0.42	1.80	-0.30	1.70	0.43	1.89	0.30
H18	1.52	1.47	0.74	1.68	-0.05	1.61	0.10	2.20	0.46
H19	1.00	1.00	1.22	1.55	0.19	1.52	0.11	2.03	0.62
H20	0.49	0.53	1.70	1.30	0.68	1.34	0.12	1.87	0.93
H21	0.15	0.21	2.02	0.93	1.42	1.06	0.13	1.53	1.41
H22	0.16	0.23	1.85	0.55	2.16	0.79	0.16	1.03	1.88
H23	0.18	0.25	1.68	0.37	2.39	0.61	0.18	0.53	2.20
H24	0.20	0.28	1.35	0.33	2.65	0.66	2.30	0.36	1.95
N	24	24	24	24	24	24	24	24	24
MAX	2.2	2.2	2.2	2.2	2.65	1.9	2.3	2.2	2.2
MIN	0.15	0.21	0.1	0.3	-0.3	0.43	-0.12	0.34	0.3

Valores de marea de los meses de octubre a diciembre 2018 y de enero a julio de 2019. H1-24: horas, N: cantidad, MAX: máximo, MIN: Mínimo.

Tabla 2. Valores de Oxígeno Disuelto de los meses de octubre a diciembre 2018 y de enero a julio de 2019.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Mayo	Junio	Julio
H1	6.43	6.68	5.55	6.30	6.53	4.53	6.00	3.71	4.96
H2	6.43	6.54	5.13	6.50	6.53	4.70	5.50	3.69	4.93
H3	6.57	6.43	4.73	6.57	6.13	5.07	5.47	3.84	4.87
H4	5.77	6.47	4.08	6.63	5.80	5.57	5.17	5.38	4.46
H5	5.70	6.53	5.19	6.53	5.63	6.07	4.27	5.72	4.25
H6	5.39	6.52	6.07	6.50	5.00	6.30	3.80	5.57	3.33
H7	4.93	6.41	6.52	5.77	5.03	6.11	3.33	5.97	3.12
H8	4.23	6.26	6.67	5.57	5.23	6.00	3.20	5.76	4.55
H9	2.97	5.03	6.47	5.30	5.70	5.10	3.13	6.25	5.44
H10	3.09	4.49	6.89	4.90	6.00	4.13	3.00	5.34	5.81
H11	3.43	4.60	6.94	3.87	6.60	3.67	4.50	3.75	5.83
H12	4.68	4.51	6.18	3.70	7.20	3.57	5.17	3.66	5.85
H13	4.88	4.59	5.90	4.17	7.13	4.13	5.30	2.53	5.63
H14	5.45	6.70	5.32	4.77	7.13	5.77	5.17	2.36	5.41
H15	6.70	6.77	4.89	5.70	6.10	6.00	5.03	2.44	5.10
H16	5.86	6.52	4.44	5.63	5.93	6.40	4.80	5.48	4.14
H17	4.64	6.47	4.29	6.50	6.07	6.07	4.30	5.64	3.79
H18	3.98	6.60	4.58	6.40	4.67	5.87	4.17	5.72	3.27
H19	3.64	6.46	6.20	6.60	4.63	6.00	3.93	5.89	3.57
H20	3.31	6.07	6.39	6.43	4.57	5.90	3.70	5.87	5.18
H21	3.24	5.34	6.41	6.03	6.97	5.77	3.20	5.78	5.71
H22	3.11	4.71	6.47	5.47	7.07	5.67	2.90	5.69	5.81
H23	3.56	4.14	6.46	5.10	7.23	5.13	2.83	5.20	5.87
H24	3.66	3.69	6.24	4.50	7.27	5.17	2.70	4.85	6.02
N	24	24	24	24	24	24	24	24	24
MAX	6.70	6.77	6.94	6.63	7.27	6.40	6.00	6.25	6.02
MIN	2.97	3.69	4.08	3.70	4.57	3.57	2.70	2.36	3.12

Valores de oxígeno disuelto de los meses de octubre a diciembre 2018 y de enero a julio de 2019.
H1-24: horas, N: cantidad, MAX: máximo, MIN: Mínimo.

Tabla 3. Valores de pH de los meses de octubre a diciembre 2018 y de enero a julio de 2019.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Mayo	Junio	Julio
H1	8.34	8.73	8.17	8.45	8.40	7.89	7.93	8.06	8.41
H2	8.27	8.80	8.07	8.46	8.33	7.94	7.97	8.01	8.39
H3	8.36	8.90	8.07	8.46	8.25	8.06	7.93	8.00	8.31
H4	8.33	8.93	8.10	8.48	8.19	8.29	7.97	8.40	8.18
H5	8.34	8.87	8.13	8.46	8.11	8.41	7.80	8.47	8.10
H6	8.36	8.83	8.23	8.44	8.03	8.46	7.60	8.46	7.85
H7	8.31	8.77	8.37	8.40	7.95	8.19	7.57	8.51	7.86
H8	8.28	8.73	8.37	8.33	8.15	8.12	7.47	8.60	8.26
H9	8.15	8.67	8.30	8.29	8.24	7.91	7.53	8.91	8.50
H10	8.22	8.53	8.37	8.25	8.27	7.86	7.47	8.64	8.53
H11	8.30	8.63	8.40	8.03	8.29	7.83	7.53	8.53	8.55
H12	8.34	8.80	8.37	7.97	8.35	7.82	7.60	8.24	8.58
H13	8.39	8.80	8.20	8.03	8.31	7.93	7.70	7.67	8.49
H14	8.44	9.07	8.20	8.18	8.27	8.07	7.70	7.58	8.45
H15	8.56	9.07	8.07	8.28	8.16	8.42	7.63	7.65	8.42
H16	8.45	9.00	8.07	8.29	8.11	8.45	7.93	8.41	8.23
H17	8.45	8.87	8.00	8.42	8.07	8.45	7.90	8.48	8.14
H18	8.33	8.80	7.97	8.38	7.98	8.37	7.77	8.53	8.02
H19	8.31	8.90	8.37	8.37	7.92	8.39	7.67	8.54	7.96
H20	8.18	8.80	8.23	8.36	7.88	8.36	7.70	8.50	8.37
H21	8.13	8.47	8.30	8.20	8.38	8.35	7.67	8.47	8.53
H22	7.96	8.47	8.37	8.11	8.41	8.32	7.50	8.41	8.53
H23	7.99	8.37	8.53	8.00	8.44	8.25	7.50	8.24	8.56
H24	8.21	8.33	8.60	7.86	8.49	8.19	7.17	8.17	8.57
N	24	24	24	24	24	24	24	24	24
MAX	8.56	9.07	8.60	8.48	8.49	8.46	7.97	8.91	8.58
MIN	7.96	8.33	7.97	7.86	7.88	7.82	7.17	7.58	7.85

Valores de pH de los meses de octubre a diciembre 2018 y de enero a julio de 2019. H1-24: horas, N: cantidad, MAX: máximo, MIN: Mínimo.

Tabla 4. Valores de Temperatura de los meses de octubre a diciembre 2018 y de enero a julio de 2019.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Mayo	Junio	Julio
H1	29.2	27.8	27.5	27.5	26.0	26.6	30.6	29.7	29.1
H2	29.2	27.8	27.5	27.5	26.0	26.4	30.5	29.7	29.1
H3	29.2	27.8	27.5	27.5	26.0	26.1	30.5	29.6	29.1
H4	29.2	27.8	27.5	27.6	26.0	26.0	30.5	28.9	29.2
H5	29.2	27.7	27.7	27.5	26.0	25.8	30.5	28.5	29.2
H6	29.2	27.7	27.8	27.4	26.1	25.6	30.5	28.4	29.2
H7	29.2	27.7	27.8	27.4	26.2	25.6	30.5	28.4	29.1
H8	29.2	27.6	27.8	27.3	26.2	25.6	30.5	28.4	28.9
H9	29.0	27.5	27.8	27.2	26.0	26.1	30.5	28.7	28.9
H10	28.9	27.5	27.8	27.1	25.6	26.3	30.4	29.0	28.9
H11	28.9	27.4	27.8	27.0	25.3	26.7	30.3	29.3	28.8
H12	28.8	27.3	27.6	27.0	24.8	26.7	30.3	29.3	28.8
H13	28.8	27.3	27.5	27.0	28.8	26.4	30.4	29.3	28.8
H14	28.8	27.3	27.3	26.8	28.8	26.1	30.4	29.3	28.7
H15	28.7	27.3	27.2	26.6	25.0	25.7	30.4	29.2	28.7
H16	28.8	27.5	27.2	26.8	25.1	25.8	30.4	28.5	28.7
H17	28.9	27.7	27.2	26.6	25.3	25.9	30.4	28.6	28.7
H18	29.3	27.6	27.5	26.6	25.7	26.3	30.4	28.7	28.9
H19	29.5	27.6	27.9	26.8	26.0	26.3	30.4	28.9	29.0
H20	29.5	27.7	27.9	27.0	26.2	26.6	30.5	28.9	29.3
H21	29.5	27.6	27.9	27.1	26.0	26.9	30.6	29.1	29.4
H22	29.6	27.7	27.8	27.3	25.9	27.1	30.6	29.1	29.3
H23	29.4	27.7	27.8	27.4	25.4	27.5	31.0	29.2	29.3
H24	29.4	27.7	27.8	27.5	25.3	27.5	31.0	29.3	29.3
N	24	24	24	24	24	24	24	24	24
MAX	29.6	27.8	27.9	27.6	28.8	27.5	31.0	29.7	29.4
MIN	28.7	27.3	27.2	26.6	24.8	25.6	30.3	28.4	28.7

Valores de temperatura de los meses de octubre a diciembre 2018 y de enero a julio de 2019. H1-24: horas, N: cantidad, MAX: máximo, MIN: Mínimo.

5.3. Correlación de la dinámica de la marea con la fluctuación de los valores de oxígeno disuelto y pH

De manera general, se observa que el oxígeno disuelto es el parámetro que presenta mejor correlación con la fluctuación de la marea, en todo el periodo de estudio. En el mes de mayo se observa pobre correlación marea-oxígeno ($R=0.587$) y nula correlación marea-pH ($R=0.159$), no obstante, la correlación oxígeno-pH es buena $R=0.756$ lo cual contrasta con los dos resultados anteriores e invita a sugerir que en el mes de mayo los valores de oxígeno disuelto y pH fluctuaron en dependencia de otros factores externos (ver tabla 5).

Tabla 5. Valores de correlación de Pearson entre altura de la marea (m), concentración de Oxígeno disuelto (mg/L) y valores de pH.

Meses	Marea-Oxígeno	Marea-pH	Oxígeno-pH
Octubre	R= 0.857 P= 0.0000000888	R= 0.854 P= 0.000000115	R= 0.707 P= 0.000113
Noviembre	R= 0.823 P= 0.000000774	R= 0.805 P= 0.00000207	R= 0.797 P= 0.00000313
Diciembre	R= 0.855 P= 0.000000102	R= 0.723 P= 0.0000655	R= 0.845 P= 0.000000204
Enero	R= 0.730 P= 0.0000522	R= 0.775 P= 0.00000886	R= 0.878 P= 0.0000000176
Febrero	R= 0.783 P= 0.00000603	R= 0.843 P= 0.000000237	R= 0.916 P= 3,55 E-09
Marzo	R= 0.713 P= 0.0000907	R= 0.587 P= 0.00256	R= 0.884 P= 9.90 E-9
Mayo	R= 0.587 P= 0.00257	R= 0.159 P= 0.457	R= 0.756 P= 0.0000193
Junio	R= 0.795 P= 0.00000342	R= 0.703 P= 0.000129	R= 0.895 P=0.00000000363
Julio	R= 0.863 P= 0.0000000575	R= 0.832 P= 0.000000471	R= 0.977 P= 3.093E-016

6. Discusión

6.1. Caracterización preliminar del Estero de Salinas Grandes

El cuerpo de agua del Estero de Salinas Grandes se encuentra en el límite norte de la reserva natural “isla Juan Venado”, se ubica en la región del Pacífico de Nicaragua, municipio de León (MARENA, 2004). Entre los valores naturales de relevancia se encuentran los paisajes estuarinos de manglares, que ofrecen una oportunidad potencial para el aprovechamiento eco turístico y el sostenimiento de actividades de pesquerías extractivas (MARENA/SINAP, 1999; MARENA/DGAP, 2003; USAID, 2012).

Salinas Grandes se ha caracterizado por ser una de las zonas de mayor extracción de conchas negras y pesca artesanal de peces y camarones (USAID, 2012). No obstante, debido a la disminución de la captura por unidad de esfuerzo que han experimentado los pescadores artesanales en los últimos años, el gobierno de la Republica de Nicaragua que preside el Cmdte. Daniel Ortega, desde el año 2007 ha venido impulsando proyectos de desarrollo en las comunidades costeras, para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de las familias. En ese sentido, en el año 2008, se apoyó con un proyecto y brindó concesión a la cooperativa “Hombres y Mujeres Esforzados” en el Estero de Aserradores para que construyeran una granja de cultivo de pargo en jaulas flotantes. De manera similar, en el año 2012 se apoyó a la cooperativa “Marcelino Méndez” en la comunidad de Ballona, Estero Padre Ramos y, en el año 2017 se instaló jaulas flotantes para cultivar pargo lunarejo en el sector de Gasolina, Estero de Salinas Grandes.

Sumado al esfuerzo realizado por el buen gobierno de la Republica de Nicaragua, un grupo de investigadores de la UNAN-León iniciaron investigaciones sobre la salud de los cuerpos de agua, para determinar sitios idóneos para el bienestar animal, en los diferentes esteros (Osorio y Prado, 2014; López y Méndez, 2014; Vanegas, 2015; Argeñal y López, 2017; Cuadra et al., 2017; Díaz, R., 2017; Rojo et al., 2021).

6.2. Fluctuación de los Parámetros fisicoquímicos

Uno de los principios para considerar saludable a un cuerpo de agua es la estabilidad, organización y autonomía que mantiene a través del tiempo, así como la capacidad de resistencia al estrés; o sea, que, aunque los parámetros fisicoquímicos sufran constantes variaciones debido a las condiciones ambientales o actividad humana, sus valores siempre regresan a la normalidad dentro del rango definido para el bienestar animal (Constanza, 1992).

En los últimos años, el interés por evaluar la salud de los cuerpos de agua ha incrementado, e incluso, giran en torno a evaluaciones que implican la integración de las actividades humanas en los procesos biofísicos (Rapport et al., 1998). Por tanto, los indicadores funcionales de los procesos en los ecosistemas acuáticos (metabolismo acuático y proceso de los nutrientes) se consideran fundamentales para determinar la salud de los ecosistemas de lagos, ríos y arroyos (Bunn et al, 1999; Bunn y Davies, 2000; Gessner y Chauvet, 2002; Udy et al, 2006; Young et al, 2004).

Por lo tanto, con el fin de corroborar las evidencias presentadas en anteriores investigaciones sobre la salud del cuerpo de agua del Estero de Salinas Grandes, diseñamos esta investigación, en la cual incrementamos la cantidad de muestreos por día, solamente en el sector de Gasolina, debido a la presencia de la Granja de cultivo de pargo. En consecuencia, nuestros resultados muestran valores de los parámetros fisicoquímicos (Oxígeno disuelto, pH y temperatura) similares a los reportados por Argeñal y López (2017) y Rojo et al. (2021), en momentos de marea alta. Es más, estos resultados muestran que el sector de Gasolina presenta valores de los parámetros fisicoquímicos similares a los reportados por otros investigadores en el Estero de Padre Ramos (Rojo et al., 2021).

Oxígeno disuelto

Nuestros resultados muestran que la fluctuación de la concentración de oxígeno disuelto, durante las 24 horas del día, en los 9 meses de estudio,

presentaron concentraciones razonables, dentro del rango de condición definida para el bienestar animal, (Arancibia y Cáceres, 2018; Boyd, 1982, 1990, 2001). Es más, de los 216 datos tomados en todo el periodo de estudio, el 97.3 % presenta valores superiores a 3 mg/L y, solamente, el 2.77 % presenta valores entre 2.36 mg/L y 2.97 mg/L.

Como mencionamos anteriormente, nuestros resultados muestran valores de oxígeno disuelto similares a los reportados por otros investigadores, en el Estero de Padre Ramos cuando el estero está en pleamar. Por lo tanto, si tomamos en cuenta que el Estero de Padre Ramos presenta concentraciones de oxígeno disuelto similares desde la Bocana hasta Ballona (10 km hacia el continente) y es considerado un estero viable para el cultivo de peces (Rojo et al., 2021), los resultados de nuestro estudio permiten inferir que el cuerpo de agua del sector de Gasolina presenta valores de oxígeno disuelto idóneos para el bienestar de los organismos marinos que se cultiven en jaulas flotantes. En consecuencia, si solo tomamos de referencia este parámetro (oxígeno disuelto), podemos sugerir que el sector de Gasolina presenta condiciones para el cultivo de peces en jaulas debido a los excelentes valores presentados en sus picos máximos y mínimos, tal como lo sugieren otros investigadores (Argeñal y López, 2017; Arancibia y Cáceres, 2018; Boyd, 1982, 1990, 2001).

pH

El comportamiento del pH, muestra que en todo el periodo de estudio los valores se mantuvieron dentro del rango definido para aguas estuarinas y que están dentro del rango óptimo para el bienestar animal (Boyd, 1982), a excepción del mes de noviembre del 2018, donde el 83% de las lecturas fluctúan entre 8.53 y 9.07 (ver tabla 3). Asimismo, de manera general, la fluctuación del pH en el ciclo de las 24 horas del día presenta una diferencia aproximada de 0.65; solamente se observó diferencia de 1.33 entre el día y la noche en el mes de junio 2019. Por tanto, resulta complejo brindar una explicación para atribuirlos a esos valores de pH encontrados en el mes de noviembre, en este sector; no obstante, similares resultados se han

reportado para esa zona, en ese mes (Rojo et al., 2021). En ese sentido, es muy importante continuar investigando la dinámica de este cuerpo de agua.

Temperatura °C

De manera general, nuestros datos muestran que los meses de octubre, noviembre y diciembre presentan un ligero decrecimiento de sus valores en el tiempo; similar a lo reportado por Rojo et al., (2021) para el estero de Salinas Grandes (ver tabla 4). Asimismo, nuestros datos coinciden con valores de temperatura en cuerpos de agua de otros esteros (CIDEA, 2006b; Rojo et al., 2021).

6.3 Fluctuación de la marea y su relación con el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos

Marea-Oxígeno-pH

De manera general, nuestros resultados muestran que existe similar comportamiento entre la fluctuación de la altura de la marea con los valores de oxígeno disuelto, en el cuerpo de agua, en los nueve meses de estudio. En las figuras, de la 2 a la 10, que se corresponden a los meses de octubre 2018 a julio 2019, podemos observar similares tendencias en las fluctuaciones de los valores, para los tres parámetros analizados (marea, oxígeno y pH). Es más, si observamos solamente los valores de correlación Marea-Oxígeno podemos notar que los valores de P (probabilidad de encontrarlo de nuevo) son mayores al 99 % en todos los meses de estudio y que los valores de R se encuentran sobre 0.713 ($R \geq 0.713$), a excepción del mes de mayo 2019 donde se obtuvo una $R=0.587$.

Al evaluar la correlación entre marea-pH se observa similar resultado al descrito para Marea-Oxígeno; Sin embargo, para este caso, no se observa correlación entre la fluctuación de los valores de movimiento vertical del agua con el pH, en el mes de mayo. Por lo tanto, esta situación invita a sugerir que la baja correlación observada en mayo para marea-oxígeno y la nula correlación para marea-pH podría deberse a la fuerte lluvia que ocurrió en este día de muestreo, la

cual llevó al Estero de Salinas Grandes gran volumen de agua dulce con alta cantidad de sedimento y nutrientes

Por otro lado, al evaluar la correlación entre el oxígeno disuelto y el pH podemos deducir que la alta correlación entre estos dos parámetros, donde en meses como febrero y julio 2019 se obtuvieron $R=0.916$ y $R=0.977$, respectivamente, se debe fundamentalmente a) que el oxígeno disuelto es aportado en un gran porcentaje por el agua marina y b) que los valores de pH pudiesen estar fluctuando principalmente por la relación O_2/CO_2 entre el día y la noche, y no por factores de origen antropogénico.

Por consiguiente, nuestros resultados muestran que existe correlación entre la dinámica de la marea y la fluctuación de los parámetros fisicoquímicos en el cuerpo de agua del sector de Gasolina en el Estero de Salinas Grandes. Esta aseveración se sustenta en los resultados donde se muestra que el incremento de la marea se acompaña con incremento de los valores de oxígeno disuelto y pH, tanto en el día como en la noche (ver figuras 2-10). En conclusión, el contenido de oxígeno disuelto en este cuerpo de agua, es aportado principalmente por el agua oceánica durante el periodo de crecimiento de la marea y en una mínima parte por actividad fotosintética, soportándose esta hipótesis con los resultados de otros investigadores donde reportan concentraciones de fitoplancton no superiores de 1000 cel/L, caracterizando ese cuerpo de agua como oligotrofico (Boyd, 2002; Boyd y Hanson, 2010; Rojo et al. 2021).

6.4 Condiciones para el bienestar animal que presenta el cuerpo de agua del sector de Gasolina, Estero de Salinas Grandes

El valor ecológico y el servicio que presentan los humedales son de mucha importancia para el desarrollo de las poblaciones inmersas en el ecosistema. Todos, los micro y macroorganismos acuáticos, terrestres y aéreos se benefician y juegan un papel fundamental en la estabilidad de los humedales y el ecosistema. No obstante, por su característica, los humedales son vulnerables a los cambios globales (Oppenheimer et al., 2015).

Es muy escasa la información sobre los humedales de Nicaragua, a pesar de ser un país con alta variedad de humedales que van desde pequeños ríos, esteros, lagunas y lagos, tanto en la región del Atlántico como el Pacífico. Recientemente, se publicó un estudio realizado en los esteros de Padre Ramos y Salinas Grandes donde muestran excelentes resultados para ambos cuerpos de agua (Rojo et al., 2021). En el caso del estero de Salinas Grandes, Rojo et al., (2021) lo enmarca como un *“estuario con excelente calidad de agua (oligotrofia y ausencia de organismos nocivos) debido a su carácter fluvial”*. Bajo este contexto, el conjugar los resultados de Rojo et al., (2021) con los nuestros, facilita la comprensión de las variables limnológicas, debido a que se interrelaciona un estudio que incorpora varios sitios con una sola lectura (en marea alta) con nuestro estudio que se realizó en un solo sitio (Gasolina) con 24 lecturas en un día, lo cual permite evaluar la capacidad de carga y la Resiliencia al estrés de este cuerpo de agua.

Tras la evaluación de las variables limnológicas en un ciclo de 24 horas, dos mareas altas y dos bajas, nuestros resultados muestran que las aguas donde se ubica la granja de cultivo de pargo lunarejo en el sector de Gasolina del Estero de Salinas Grandes presenta concentraciones de oxígeno disuelto, valores de pH y temperatura idóneos para el desarrollo de la vida acuática. Se sabe, que valores de oxígeno superiores a 4 mg/L son idóneos para el bienestar de animales en cultivo (Artiles, et al., 2015; Boyd, 1982, 1990, 1995); es más, algunos investigadores han obtenido excelentes rendimientos productivos en cultivo de camarones usando aguas estancadas en embalses de tierra donde los niveles de oxígeno disuelto, en intervalos de tiempo de unas 5 horas, han permanecido con concentraciones de oxígeno disuelto entre 2 mg/L y 3 mg/L (Clifford, 1994; Arancibia y Cáceres, 2018). Por consiguiente, al evaluar las 297 horas de muestreo, en los 8 meses de estudio, nuestros resultados muestran que el cuerpo de agua del sector de Gasolina, Estero de Salinas Grandes, presenta buenas condiciones de salud, debido a su Resiliencia y alta capacidad de carga; quizás debido a la capacidad de lixiviación del agua oceánica por la dilución de los nutrientes, tal como lo demuestran otros estudios realizados en el Estero de Salinas Grandes (Rojo et al., 2021).

7. CONCLUSIONES

1) La fluctuación del oxígeno disuelto durante las 24 horas del día presentó niveles razonables para el bienestar de organismos acuáticos, durante todo el periodo de estudio. El nivel máximo alcanzado fue de 6.94 mg/L (Marea alta, diciembre 2018) y el nivel mínimo fue de 2.36 mg/L (marea baja, mayo 2019).

2) De manera general, el pH presenta valores similares en el periodo de las 24 horas de estudio, con un valor máximo de 9.07 (Marea alta, noviembre 2018) y un valor mínimo de 7.17.

3) El valor máximo de temperatura fue de 31 °C en el mes de mayo 2019 y el mínimo de 24.8 °C en febrero 2019.

4) Los valores de oxígeno disuelto y pH presentan correlación positiva con los valores de fluctuación de la altura de marea ($P \leq 0.05$). Por lo tanto, queda demostrado que el movimiento de las aguas oceánicas por la marea, es la máxima responsable de modificar los valores de oxígeno disuelto y pH, en las aguas del sector de Gasolina, Estero de Salinas Grandes.

5) El cuerpo de agua del sector de Gasolina, Estero de Salinas Grandes, presenta condiciones de bienestar animal para realizar el cultivo de pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) en jaulas flotantes.

En resumen, los resultados presentados en esta tesis de maestría académica proporcionan evidencias para sugerir, que el sector de Gasolina del Estero de Salinas Grandes es un cuerpo de agua que tiene alta Resiliencia al estrés ambiental y muy buena capacidad de carga debido a que las variables limnológicas estudiadas solamente son modificadas por la fluctuación de la marea. Por tanto, estos resultados permiten deducir que este cuerpo de agua presenta una alta tasa de recambio, lo cual lo caracteriza como un cuerpo de agua saludable.

8. RECOMENDACIONES

1) Realizar investigaciones que permitan conocer la tasa de recambio que presentan las aguas del Estero de Salinas Grandes desde Garita hasta Corcovado, o si es posible en el estero completo para evaluar los diferentes nichos ecológicos presentes en ese cuerpo de agua.

2) Continuar este tipo de estudio, a través de investigaciones de corte longitudinal para monitorear la salud de este cuerpo de agua.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, F. y Herzig, M. (2002). Manual para el manejo y la conservación de los humedales de México. Tercera edición. Publicación especial bajo colaboración de la Dirección General de Vida Silvestre-SEMARNAT, Arizona Game and Fish Department, North American Wetland Conservation Act, U.S. Fish and Wildlife Service, Convencion Ramsar, U.S. State Department, Ducks Unlimited of Mexico-A.C., Pronatura. Noreste, Canadian Wildlife Service y Society of Wetlands Scientists. Phoenix, Arizona.
- Ackefors, H. y Enell, M. (1992). Pollution loads derived from aquaculture: land-based and waterbased systems. Department of Fishery Biology, Institute for Marine Science, Christian-Albrechts- University of Kiel, Alemania. 3-4.
- Arancibia, E. y Cáceres, D. (2018). Comparación del ritmo de crecimiento del *Litopenaeus vannamei* y las fluctuaciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos, de los estanques 1 y 2 de la granja camaronera Playa Hermosa, en el periodo comprendido de Abril a Junio del 2017. Tesis de grado. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. León, Nicaragua.
- Argeñal, M. y López, D. (2017). 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. León, Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Artiles, A., Cobo, R., Benítez, L., Pérez, L. y Espinosa, G. (2015). Assessment of genetic variation and productive markers through four progenies of the first introduced stock of cultured shrimp *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* in Cuba. Inter. J. Aquac, 5 (23), 1-12.
- Asociación para la Supervivencia y el Desarrollo Local (ASODEL). (2009). Informe línea de base sobre vulnerabilidad en la comunidad Salinas Grandes. LEON, NICARAGUA: PROYECTO BOSAI.

- Boyd, C. (1982). Water quality management for pond fish culture. Elsevier Science Pub Co. Primer Edition. Amsterdam. 318p.
- Boyd, C. (1990). Water quality in ponds for aquaculture. Department of fisheries and allied Aquacultures. Auburn University, Alabama, USA. 482 pp.
- Boyd, C. (1995). Bottom soils, Sediment, and pond Aquaculture. Chapman and Hall, New York, New York, USA. 348 pp.
- Boyd, C. (1996). Pond bottom soil and water quality management for pond aquaculture. Department of fisheries and allied Aquacultures. Auburn University, Alabama, USA. 62 pp.
- Boyd, C. (2001). Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. En: Haws, M. C., Boyd, C.E. (eds.). Métodos para Mejorar la Camaronicultura en Centroamérica. Editorial-Imprenta UCA, Managua, Nicaragua. ISBN: 99924-36-14X.
- Boyd, C. (2002). Estándares de la calidad del agua: amoníaco de nitrógeno total. Boletín NICOVITA 7(1): 1-5.
- Boyd, C. y Gautier, D. (2000). Effluent composition and water quality standards. Global Aquaculture Advocate 3(5):61-66.
- Boyd, C. y Hanson, T. (2010). Dissolved-Oxygen Concentrations in Pond Aquaculture. Global Aquaculture Advocate 13: 40-41 p.
- Boyd, C. y Tucker, C. (1992). Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA. 183 pp.
- Bricker, S., Clement, C., Pirhalla, D., Orlando, S. y Farrow, D. (1999). National Estuarine Eutrophication Assessment: Effects of Nutrient Enrichment in the Nation's Estuaries. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). National Ocean Service, Special Projects Office and the National Centers for Coastal Ocean Science. Silver Spring, MD: 71 pp.

- Bunn, S. y Davies, P. (2000). Biological processes in running waters and their implications for the assessment of ecological integrity. *Hidrobiología*. 422: 61–70.
- Bunn, S., Davies, P. y Mosisch, T. (1999). Ecosystem measures of river health and their response to riparian and catchment degradation. *Freshwat. Biol.* 41: 333–345.
- Chapman, D. (1992). Water quality assessments. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Health Organization, United Nations Environment Programme. E y FN Spon, Londres.
- Chapman, D. y Kimtsach, V. (1992). Selection of water quality variables. D. Chapman (ed.). Water quality assessments. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Health Organization, United Nations Environment Programme. E y FN Spon, Londres. 59-126.
- CIDEA (2006a). Línea de base y referencia de governance Puerto Morazán. Managua Nicaragua. 54 pág.
- CIDEA (2006b). Línea de base y referencia de governance para Padre Ramos. Managua Nicaragua. 35 pág.
- Clifford, C. (1994). El manejo de estanques camaroneros (Un caso de estudio sobre el manejo de estanques de camarón), pp 1-39. En Zendejas-Hernández. J. (Ed) Memoria del Seminario Internacional de Camaronicultura en México, Sinaloa, México.
- Contreras E. (2002). Los humedales costeros mexicanos. Capítulo 4. En: F. J. Abarca y M. Herzig (eds.). Manual para el manejo y la conservación de los humedales de México. (3ra Ed). Publicación especial bajo colaboración de la Dirección General de Vida Silvestre-SEMARNAT, Arizona Game and Fish Department, North American Wetland Conservation Act, U.S. Fish and Wildlife Service, Convencion Ramsar, U.S. State Department, Ducks Unlimited of Mexico-A.C., Pronatura Noreste, Canadian Wildlife Service y Society of Wetlands Scientists. Phoenix, Arizona, EE.UU.

- Contreras, E. (2001). Caracterización de lagunas costeras mexicanas a través de variables ecológicas seleccionadas. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México.
- Costanza, R. (1992). Toward and operational definition of ecosystem health. En Costanza, R., Norton, B.G. y Haskell, B. D. (eds), *Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management*. Island Press, Washington, D.C.: 239–256.
- Cuadra, C., Reyes, J. y Sánchez, F. (2017). Evaluación de la dinámica Fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas) y su relación con los parámetros físico-químicos, León, Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Curie, D. (1994). Ordenamiento de la Camaronicultura Estero Real, Nicaragua. Programa Regional de Apoyo al Desarrollo de la Pesca en el Istmo Centroamericano (PRADEPESCA).
- Díaz, R. (2017). Evaluación de la dinámica Fitoplanctónica de los grupos (clorofitas, cianofitas, diatomeas y dinoflagelados) y su relación con los parámetros físico-químicos. León, Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- García, S., Juárez, A., Olivier, B., Rivas, M. y Torres, J. (2018). Variables fisicoquímicas ambientales que inciden en el cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei*, en Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* Vol. 5(2): 135-155. ISSN: 2007-9559.
- Gessner, M. y Chauvet, E. (2002). A case for using litter breakdown to assess functional stream integrity. *Ecological Applications*. 12: 498–510.
- Gorga, J., Paradiso, M., De Leon, L., Bignoli, E., Mandia, M. y Conde, D. (2002). Problemática de la calidad del agua en el sistema de grandes embalses del Rio Negro. *Revista CIER* XI (39): 51-68.

- Gutiérrez, M. y Contreras, E. (2006). Caracterización estacional de las condiciones físicoquímicas y de productividad primaria Fitoplanctónica de dos lagunas tropicales del estado de Chiapas, México. *Hidrobiológica*. 16(2): 137-146.
- Hutchinson, G. (1975). A treatise on Limnology. Volume III. Limnological Botany. John Wiley and Sons. New York.
- 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.
- López, J. y Méndez, A. (2014). Evaluación de la concentración de los grupos de fitoplancton: Diatomeas, Cianofitas, Clorofitas y Dinoflagelados y su relación con los parámetros físicoquímicos, en las aguas del Río Estero Real, período junio-noviembre 2013. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Nicaragua.
- MARENA. (Mayo, 2004). Indicadores Ambientales de Nicaragua. Volumen I. Managua, Nicaragua. 199 páginas.
- MARENA/DGAP. (Septiembre 2003). Régimen Jurídico de las Áreas Protegidas de Nicaragua. Managua, Nicaragua.
- MARENA/SINAP. (1999). Reglamento de Áreas Protegidas de Nicaragua. Decreto No. 14-99. Managua, Nicaragua. 65 páginas
- Moss, B. (1996) A land awash with nutrients the problem of eutrophication. *Chem. Industry*. 407-411.
- Moss, B., Madgwick, J. y Phillips G. (1996). A guide to the restoration of nutrient enriched shallow lakes. Broads Authority and Environment Agency (CE) Norwich.
- National Eutrophication Monitoring Programme. (2002). Department of Water Affairs and Forestry. First. Manual Final Draft. South African National Water Quality Monitoring Programmes. First Edition.

- Oppenheimer, M., Campos, M., Warren, R., Birkmann, J., Luber, G., O'Neill, B., Takahashi, K., Brklacich, M., Semenov, S., Licker, R., et al. Emergent risks and key vulnerabilities. In *Climate Change 2014 Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2015; pp. 1039–1100.
- 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. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Nicaragua.
- 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.
- Rabalais, N., Turner R. y Wiseman, W. (2002). Gulf of Mexico hypoxia, aka The Dead Zone.
- Ramírez, E. (Octubre 2004a). Línea de base de Educación Ambiental de la Reserva Natural Estero Padre Ramos. (Tomo I).
- Ramírez, E. (Octubre 2004b). Línea de base de Educación Ambiental de la Reserva Natural Estero Padre Ramos. (Tomo II).
- Ramírez, E. (Octubre 2004c). Línea de base de Educación Ambiental de la Reserva Natural Estero Padre Ramos. (Tomo III).
- Ramírez, E. (Octubre 2004d). Programa de Fortalecimiento Organizacional para la Implementación del Programa de Educación Ambiental de la Reserva Natural Estero Padre Ramos.
- Rapport, D., Costanza, R. y McMichael, A. (1998). Assessing ecosystem health. *Trends in Ecology & Evolution*. 13, 397–402.
- Rajo, C., Lumbi, D., Aguilar, A., Palacios, K., Osorio, K. y Ruiz, P. (2021). The River Influence Controls Water Quality and Spatio-Temporal Microalgal Distribution

- in Pacific Estuaries (Padre Ramos and Salinas Grandes) of Nicaragua. Water, Pág. 1712.
- Roldan, G. (1992). Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. 529.
- Sala, O., Chapin, F., Armesto, J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L., Jackson, R., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D., Mooney, H., Oesterheld, M., Poff, N., Sykes, M., Walker, B., Walker, M. y Wall, D. (2000). Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100, Science. 287:1770-1774.
- Scheffer, M. (1998). Ecology of shallow lakes. Chapman and Hall. London.
- Solís, G., Atondo, A., Nubes, O., Castillo, A. y Meraz, A. (2011). Físico-química del agua superficial y sedimento en el río Santa Cruz, Sonora, México. Universidad de Sonora, México. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. Biotecnia. Volumen XIII N°1:3-9.
- Udy, J., Fellows, C., Bartkow, M., Bunn, S., Clapcott, J. y Harch, B. (2006). Measures of nutrient processes as indicators of stream ecosystem health. Hydrobiologia 572: 89–102.
- USAID. 2012. Diagnóstico Sobre el Estado de Aprovechamiento del Recurso Conchas Negras (*Anadara tuberculosa* y *Anadara similis*) en la Costa Pacífica de Nicaragua. Programa Regional de USAID para el Manejo de Recursos Acuáticos y Alternativas Económicas. 35 p. <https://core.ac.uk/download/pdf/35137035.pdf>
- Vanegas, E. (2015). Evaluación de la Concentración de Proteína y Metabolitos Libres en el Río Estero Real y su Relación con los Parámetros Físicoquímicos, en el Periodo: noviembre, 2013 – Abril, 2014. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Nicaragua.

Wetzel, R. (2001). Limnology. Lake and Rivers Ecosystems. Third edition. Academic Press, San Diego, USA.

Young, R., Townsend, C. y Matthaei, C. (2004). Functional indicators of river ecosystem health an interim guide for use in New Zealand. Cawthron Institute, New Zealand: 1–54.

10.Anexos.

10.1. Formato de parámetros de Muestreo.

	O2			T ° C			pH			Salinidad	Marea
Hora	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
16:00											
17:00											
18:00											
19:00											
20:00											
21:00											
22:00											
23:00											
00:00											
01:00											
02:00											
03:00											
04:00											
05:00											
06:00											
07:00											
08:00											
09:00											
10:00											
11:00											
12:00											
13:00											
14:00											
15:00											

10.2. Fotos evidencia de toma de parámetros.

10.2.1. Toma de Oxígeno Disuelto (O₂) y Temperatura °C.



10.2.2. Toma de pH.



10.2.3. Toma de Salinidad.



10.3. Fotos punto de muestreo.

