

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, UNAN-LEON
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS Y VETERINARIA
MAESTRIA EN MEDICINA PREVENTIVA CON MENSIÓN EN SANIDAD
ANIMAL



Tesis para optar al Grado de Máster en Medicina Preventiva con Mención en Sanidad Animal.

Título:

Evaluación de la calidad de agua, identificación de presencia de microalgas y agentes patógenos en cultivos de tilapias (*Oreochromis niloticus* y *Oreochromis* spp) en el Departamento de León, junio-agosto 2022.

Autor:

Licda. Brenda Yaneth Quintana Martínez

Tutora:

P.hD. Brenda del Socorro Mora Sánchez.

León, Nicaragua, junio del 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, UNAN-LEON
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS Y VETERINARIAS
MAESTRIA EN MEDICINA PREVENTIVA CON MENSIÓN EN SANIDAD
ANIMAL



Tesis para optar al Grado de Máster en Medicina Preventiva con Mención en Sanidad Animal.

Evaluación de la calidad de agua, identificación de la presencia de microalgas y agentes patógenos en cultivos de tilapias (*Oreochromis niloticus* y *Oreochromis spp*) en el Departamento de León, junio-agosto 2022.

Autor:

Lic. Brenda Yaneth Quintana Martínez

Tutor:

P.hD. Brenda del Socorro Mora Sánchez.

León, Nicaragua, junio del 2023

RESUMEN.

La acuicultura contribuye con más de la mitad de la producción de peces y mariscos para el consumo humano y es la actividad de mayor crecimiento en el sector alimenticio a nivel global. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de agua, presencia de agentes patógenos bacterianos, endo y ecto parásitos e identificación y recuento de microalgas en tilapias *Oreochromis Niloticus* y *Oreochromis* spp. en sistemas productivos artesanales de cinco protagonistas de las comunidades de: Amatitán, Troilo, La Ceiba, Los Alpes y León, así como de los sistemas de estanquerías del Centro de Desarrollo de Capacidades y Adopción de Tecnología- CDCAT-MEFCCA y Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias UNAN-LEON. Durante los muestreos se tomaron parámetros fisicoquímicos (oxígeno, temperatura, pH, turbidez, amonio, nitrito, nitrato), se realizó recuento y clasificación de microalgas, los Géneros que se identificaron fueron los siguientes *Oscillatoria* (86%), *Chlorella* (57%) y *Scenedesmus* (57%). De igual manera se recolectaron muestras de agua donde se identificó la presencia del agente bacteriano *Escherichia coli*. Fueron analizados un total de 60 organismos a los cuales se les identificó las siguientes enterobacterias: *Photobacterium* spp, *Shigella* spp, *Yersenia* spp, *Escherichia coli*, *Kluyvera* spp, *Salmonella* spp, *Enterobacter* spp y *Streptococcus* spp y se determinó la búsqueda de ectos y endoparásitos identificado en un 32% de los peces analizados, predominando en muestras de intestino (90%), los parásitos con mayor frecuencia de aparición fueron *Trematodos* spp (37%), seguido de *Diphyllobothrium* spp, *Oodinium* spp y *Ascaris* spp, cada uno con 16%. Estos agentes patógenos representan riesgos sanitarios para la salud humana.

Palabras clave: tilapia, cianobacterias, endoparásitos, ectoparásitos, enterobacterias, zoonóticos.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1 Biología de la Tilapia.....	4
3.1.2 Tilapia roja (<i>Oreochromis</i> spp.).....	4
3.1.3 Tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i> L.).....	5
3.1.4 Ciclo de vida de la tilapia	5
3.1.5 Hábitos alimenticios de la tilapia	5
3.2 Fuentes de agua dulce.....	6
3.2.1 Calidad de Agua	7
3.2.2 Temperatura	7
3.2.3 Oxígeno Disuelto	8
3.2.4 Potencial de Hidrógeno.....	9
3.2.5 Turbidez.....	9
3.2.6 Nitrito y nitrato.....	9
3.3 Generalidades de los grupos algales.....	10
3.3.1 Principales grupos de microalgas.....	11
3.3.2 Cyanophyta.....	11
3.3.3 Clorophytas.....	12
3.3.4 Diatomeas.....	12
3.3.5 Dinoflagelados	13
3.4 Principales patógenos que afectan a la tilapia	14
3.4.1 Bacterias.....	14
3.4.2 <i>Salmonella</i> spp	14

3.4.3 <i>Shigella</i> spp	15
3.4.4. <i>Yersinia</i> spp	15
3.4.5 <i>Hafnia</i> spp.....	16
3.4.6 <i>Escherichia coli</i>	16
3.4.7 <i>Kluyvera</i> spp	17
3.4.8 <i>Enterobacter</i> spp.....	17
3.5 Parásitos	17
3.5.1 Parasitismo	18
3.5.2. Especificidad parasitaria	18
3.5.3 Ectoparásitos	18
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	20
4.1 Tipo de estudio.....	20
4.2 Área de estudio	20
4.3 Características generales del Departamento de León.	20
4.4 Tamaño de la muestra	20
4.5 Toma de muestreo	21
4.6 Traslado de las muestras	21
4.7 Análisis de las muestras	21
4.8 Preparación del medio de cultivo	22
4.8.1 Bacteriológico	22
4.8.2 Pruebas Bioquímicas	22
4.9 Técnica de análisis de datos	23
V. RESULTADOS.	24
5.1 Calidad de agua	24
5.2 Microalgas.....	28

DEDICATORIA

A mi Padre Celestial:

Por estar a mi lado en todos los momentos, ser Luz, darme Fuerza y Valentía por enfrentar todos los obstáculos, y poder culminar un logro mas en mi vida profesional.

A mi Esposo Moriel Solís.

Por ser mi compañero, amigo, que ha convivido a mi lado en todos los buenos y malos momentos, por ser parte de este sacrificio, por darme ánimos y desear lo mejor para mí y nuestra familia, por creer en mí. Gracias Amor. ¡Este logro también es tuyo!

A mis Hijos Moriel Solís y Kevin Solís.

¡Todo el esfuerzo y Dedicación es por el bienestar de ustedes...Los Amo!

A mis Padres Ronald Quintana, Luisa Amanda Martinez.

¡Por desear lo mejor para mí! ¡¡Por ser su orgullo!! Por estar en cada momento al pendiente de mí y mi Familia. ¡Gracias, padres por todo lo que han hecho en mi vida!

A mis Hermanos Wendy Quintana, Oscar Quintana, Eveling Quintana.

Este logro es suyo también, hermanos gracias por su compañía, apoyo y amor.

A mis Suegros Gertrudis Santos y Gustavo Solís

Este también es un logro de ustedes, por todo el apoyo en mis estudios desde un inicio, los llevo en mi corazón. ¡Gracias por toda su ayuda, hasta el cielo!

A Almarina Solís y Yinia Solis.

Gracias por todo el apoyo, ¡¡¡este logro es de ustedes!!!, te llevo en mi corazón Yinia Solis, hasta el cielo!

Brenda Yaneth Quintana Martinez.

AGRADECIMIENTO

Al culminar mis estudios de Magister en Sanidad Animal deseo agradecer primeramente a **Dios**, Padre Celestial, Jesús, Espíritu Santo por ser mi Guarda en todo momento.

A mi esposo **Moriel Solis**

Por ser mi motivación y creer en mi en todo el tiempo que duró este proceso de estudios y elaboración de tesis de Investigación, por velar por nuestra familia en los momentos que estuve ausente. Gracias, amor,

A mi Amiga **Dra. Luz Adilia Luna Olivares** por motivarme a optar los estudios de Maestría, por siempre demostrar que desea lo mejor para mí, además de brindarme sus conocimientos en Parasitología, por impulsarme a superarme cada día. Gracias mi apreciada Dra.

Al **Dr. Wilber Salazar Antón**, por todo el apoyo brindado en la obtención de instrumentos para realización de la parte experimental de mi tesis de Investigación. Gracias apreciado Dr.

¡A mi tutora **Dra. Brenda Mora Sánchez**, usted es una inspiración para mí! Gracias por su paciencia, dedicación, por sus consejos y su valioso tiempo en transmitir sus conocimientos.

A la **Dra. Ligia Hernández** Coordinadora de la **Maestría Medicina Preventiva con Mención en Sanidad Animal** por todo el apoyo y motivación brindada en todo el tiempo que duró la Maestría. Por darme la oportunidad de ser parte de esta Cohorte. ¡Gracias Dra.!

Al **Dr. Ariel Aguilar**, Por su todo su apoyo en la parte experimental de mi Investigación al facilitarme medios de cultivo, Instrumentos y Laboratorio de Ecofisiología para realizar los análisis de Calidad de agua realizados en mi tesis. Gracias Dr.

Al **Proyecto de Pequeñas Ayudas Institucional PAI UNAN-León** de la Vicerrectoría de Investigación, Innovación y Emprendimiento porque a través de este financiamiento pude cumplir con objetivos establecidos en mi tesis de maestría.

Al **Ministerio de Economía Familiar Comunitaria Cooperativa y Asociativa MEFCCA** y al **Instituto Nicaragüense de la Pesca y Acuicultura INPESCA** especialmente a la **Licda. Lidia Agüero**, por darnos acompañamiento, medios de transporte, en la parte experimental de mi tesis de Maestría.

A mi compañero de proyecto y tesis de Investigación **MV. Irving Téllez**. ¡Gracias por todo tu apoyo en todo este proceso, por tu esfuerzo! Gracias Irvin.

A mis estudiantes

¡Son especiales para mí! Gracias por acompañarme en este proyecto; **Axel Cerrato, José Bethancourt, Harvy Sáenz, Ingrid Cáceres, Scarleth Aguilera, Dulce Rivera, Josseling Palma, Daniel Navarro**...Gracias chicos, ¡les deseo éxito Ingenieros Acuícolas! Los llevaré por siempre en mi corazón.

Brenda Yaneth Quintana Martinez.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de tilapia en Nicaragua presenta bajos niveles de producción, por tal razón, organizaciones gubernamentales como el Instituto Nicaragüense de La Pesca y Acuicultura (INPESCA) y el Ministerio de Economía Familiar Comunitaria Cooperativa y Asociativa (MEFCCA) han desarrollado estrategias para impulsar nuevos proyectos con pequeños productores, con el propósito de aumentar los porcentajes del cultivo en el país.

Actualmente la tilapia, es el sector de especies de peces más diversificado geográficamente, que continúa creciendo en volumen, con una producción de 6.5 millones de toneladas métricas globales (T. Vetera et al., 2019).

(Leal et al., 2009) afirma que las enfermedades infecciosas en los sistemas de producción de tilapia generalmente se encuentran asociadas a una mala calidad del agua, debida a una sobre carga del sistema de producción y a la presencia de organismos microbianos patógenos.

Muchas de las enfermedades en peces, representan un riesgo para la salud pública, por su carácter zoonótico; resulta importante identificar los agentes involucrados, reportar la enfermedad y establecer medidas de control sanitario y zoon sanitario.

El Plan Nacional de Lucha Contra la Pobreza Para el Desarrollo Humano 2022-2026, impulsado por el Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional de Nicaragua, pretende garantizar la producción de alimentos para la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición de la población nicaragüense, por ello, continua impulsando y desarrollando la economía familiar rural y urbana, a través de planes, programas y estrategias socio productivas, propiciando mejores condiciones y oportunidades de Aprender, Emprender, Trabajar y Prosperar, para seguir avanzando en la Lucha contra la Pobreza.

En los últimos dos años, el Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional ha venido impulsando programas y proyectos estratégicos para incrementar la producción de peces en estanques a través de la sinergia entre instituciones clave como el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPESCA), la Organización para la Alimentación y Agricultura (FAO), Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Ministerio de Economía Familiar Comunitaria Cooperativa y Asociativa (MEFCCA), como parte de la Estrategia Nacional de Pesca y Acuicultura a través del Sistema de Producción Consumo y Comercio (SPCC).

El MEFCCA a través del SPCC contribuye con módulos tecnológicos a medianos y pequeños productores para hacer trascender hacia sistemas productivos sostenibles y resilientes al cambio climático. Sin embargo, los protagonistas de dicho programa mantienen una piscicultura a bajo nivel de tecnificación y estanques artesanales que se vuelven más susceptibles a las alteraciones del ambiente lo cual posibilita la aparición de enfermedades.

Es por ello que este estudio se basa en realizar un monitoreo de los sistemas productivos de los protagonistas del Ministerio de Economía Familiar beneficiados a través del Sistema de Producción Consumo y Comercio del Municipio de León, en donde se evaluó la relación entre la calidad de agua y agentes patógenos bacterianos y parasitarios en estanques de *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis* spp con el fin de contribuir con protocolos de buenas prácticas acuícolas que ayuden a fortalecer el conocimiento de los pequeños productores y obtengan mayor crecimiento de sus organismos, mantengan una adecuada calidad de agua y detección de agentes patógenos principalmente de carácter zoonótico en sistemas de estanquerías a pequeña escala para contribuir al desarrollo rural y la seguridad alimentaria y nutricional de las familias nicaragüenses.

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Evaluar la calidad de agua, identificar la presencia de microalgas y agentes patógenos zoonótico en sistemas de producción de tilapias *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis* spp en el departamento de León junio-agosto 2022.

OBJETIVOS ESPECÍFICO

- ✓ Monitorear los parámetros fisicoquímicos en los sistemas de estanqueras de producción de tilapias.
- ✓ Identificar y Cuantificar los géneros de Microalgas presentes en las fuentes de agua de los sistemas de producción de tilapias.
- ✓ Determinar los agentes patógenos bacterianos de caracteres zoonótico en columna de agua, órganos y tejidos de peces de producción de tilapias.
- ✓ Determinar la presencia de endo y ectoparásitos zoonóticos en cultivo de tilapia.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Biología de la Tilapia

La tilapia es un pez de agua dulce, de climas tropicales que se caracterizan de manera general por su gran resistencia a las variaciones ambientales; por su gran capacidad reproductora y gran facilidad de colonizar nuevos ambientes (Bioaquafloc, 2018).

Poseen cuerpo robusto y discoidal, raramente alargado. Boca protráctil con labios gruesos, aleta dorsal en forma de cresta con espinas y radios en su parte terminal; aleta caudal redonda y trunca. El macho tiene dos orificios en la papila genital: el ano y el orificio urinario (INAPESCA 2018).

Se caracteriza por ser una especie resistente a enfermedades y cambios en la calidad de agua, así mismo aceptan rápidamente alimento balanceado en forma de pastillas o pellets, debido a sus hábitos alimenticios, generalmente son a base de algas y plancton. Usualmente se refugia en aguas poco profundas, en márgenes de pantanos, riberas de ríos, raíces de plantas acuáticas y piedras bajo del agua. (Digepesca, 2013)

3.1.2 Tilapia roja (*Oreochromis spp.*)

La tilapia roja es un híbrido desarrollado con el propósito de obtener muchas ventajas sobre otras especies: alto porcentaje de masa muscular, filete grande, ausencia de espinas intramusculares, crecimiento rápido, adaptabilidad al ambiente, resistencia a enfermedades, excelente textura de carne y una coloración de muy buena aceptación en el mercado (Lim y Wenster, 2006).

Estos mismos autores definen la clasificación taxonómica de la tilapia roja como: perteneciente al reino animal, phylum cordata, grupo craniana (vertebrada), superclase piscis y clase osteichtys, órdenes perciformes, familia cichlidae, género *Oreochromis spp.*

3.1.3 Tilapia gris (*Oreochromis niloticus* L.)

Oreochromis niloticus o tilapia del Nilo por su nombre común presenta un cuerpo comprimido; la profundidad del pedúnculo caudal es igual a su longitud. Posee escamas cicloideas una protuberancia ausente en la superficie dorsal del hocico. La longitud de la quijada superior no muestra dimorfismo sexual con un arco branquial que tiene entre 27-33 filamentos branquiales, su línea lateral se interrumpe (FAO, 2009).

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad describe como parte de la información taxonómica que la tilapia gris forma parte del reino animalia, phylum craniata, clase actinopterygii, orden perciformes, genero *Oreochromis*, especie *Oreochromis niloticus* (CONABIO, 2014).

3.1.4 Ciclo de vida de la tilapia

Las diferentes especies o variedades de tilapia cultivadas en diferentes partes del mundo practican la incubación bucal materna de los huevos, embriones y alevines recién nacidos, como parte de su ciclo reproductivo. Las tilapias son peces ovíparos y la fertilización de los huevos es externa.

Bajo las condiciones artificiales del cultivo, la tilapia del Nilo alcanza su madurez sexual a una edad de unos tres a cuatro meses y a un peso de unos 40 a 50 g (Meyer, 2007).

3.1.5 Hábitos alimenticios de la tilapia

El género *Oreochromis* se clasifica como omnívoro, por presentar mayor diversidad en los alimentos que ingiere, variando desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares, tendiendo hacia el consumo de zooplancton. Las tilapias son peces provistos de branquiespinas con los cuales los peces pueden filtrar el agua para obtener su alimentación consistiendo en algas y otros organismos acuáticos microscópicos. Los alimentos ingeridos pasan a la faringe donde son mecánicamente desintegrados por los dientes faríngeos. Esto ayuda en el proceso de absorción en el intestino, el cual mide de 7 a 10 veces más que la longitud del cuerpo del pez. Una característica de la mayoría de las tilapias es que aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente. Para el cultivo se han

empleado diversos alimentos, tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales, todos ellos empleados en forma suplementaria. La base de la alimentación de la tilapia la constituyen los alimentos naturales que se desarrollan en el agua y cuyo contenido proteico es de un 55% (peso seco) aproximadamente (Saavedra, 2003).

3.2 Fuentes de agua dulce

Se define como agua dulce a aquella que contiene cantidades mínimas de sales disueltas. Si bien la fuente de casi toda el agua dulce es la precipitación en la atmósfera terrestre en forma de niebla, lluvia y nieve; el agua subterránea y superficial también son consideradas fuentes de agua dulce (GreenFacts, 2022).

La clasificación geológica de Nicaragua es una de las condiciones para definir los acuíferos que se localizan en el país, siendo los cuaternarios, depósitos aluviales, piroclásticos, aluviales antiguos (Losilla et al., 2001). Las Sierras son los principales depósitos de agua subterránea del país y, por tanto, de gran importancia hidrológica (Vammen et al., 2019).

El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER 2016) afirma: Nicaragua cuenta con 12 acuíferos principales, localizados en las zonas del pacífico y, de estos aproximadamente 70 % son someros, siendo propensos a contaminarse dadas las características del medio. En las regiones Central y Caribe se localizan pequeños valles intramontanos.

De acuerdo con el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales el 80 % de la población nicaragüense se abastece de agua subterránea que es utilizada para riego, industria y uso potable específicamente en la región del pacífico de Nicaragua. (INETER 2010)

El 15 % de la superficie en el país es de agua: existen más de 75 ríos, 32 lagunas y dos lagos que suman 9 kilómetros cuadrados; siendo estos el Xolotlán y Cocibolca este último es el lago más grande en área de América y forma parte integral de la cuenca del río San Juan (Guevara 2007).

3.2.1 Calidad de Agua

Por lo general, el término calidad de agua hace referencia a cualquier masa de agua superficial o subterránea, que llega a depender tanto de factores naturales como de la acción humana. Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración como la sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua (ONU-DAES, 2014).

El crecimiento del cultivo de peces depende en gran parte de la calidad del agua; por lo que, para lograr una buena producción, es necesario mantener las condiciones fisicoquímicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivar (Bautista y Ruiz, 201).

Para un monitoreo más constante de los parámetros de la calidad de agua se pueden utilizar sondas multiparamétricas las que brindan datos sobre la temperatura, niveles de oxígeno disuelto, niveles de pH y compuestos nitrogenados en el agua. En cambio, para los productores que no cuentan con acceso a esta herramienta de alto costo existen termómetros, kits colorimétricos de calidad de agua y el disco Secchi (Saavedra, 2006).

La radiación solar influye considerablemente en el proceso de fotosíntesis de las plantas acuáticas, dando origen a la productividad primaria, que es la cantidad de plantas verdes que se forman durante un período de tiempo (Saavedra, 2006).

3.2.2 Temperatura

La temperatura es un factor abiótico que regula los procesos vitales para los organismos vivos, a su vez afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema; por ejemplo: afecta la solubilidad del oxígeno en el agua y su consumo por los organismos, aumentando o disminuyendo su actividad biológica (Herrera 2012).

De acuerdo a la estación del año los rangos de temperatura varían, pudiendo ser bajos y altos, esto influye directamente en la fisiología de los peces debido a que afecta su tasa metabólica y por tanto su equilibrio energético, comportamiento y consumo de alimentos. La capacidad y el deseo de los peces por obtener alimentos es determinado en gran parte por el estado de la temperatura, así como el procesamiento de los mismos y la absorción de nutrientes dentro del tracto gastrointestinal.

Sin embargo, los efectos negativos de la temperatura son determinados por el momento, la intensidad, duración a su exposición y la velocidad con que ocurren los cambios (Volkoff y Honestad 2020).

3.2.3 Oxígeno Disuelto

Se considera una de las variables más importantes en un ambiente acuático. Es un factor regulador del metabolismo, crecimiento, eficiencia de conversión alimenticia y niveles de estrés del organismo cultivado. Problemas como la susceptibilidad a enfermedades, falta de apetito y mortalidad de los cultivos, son atribuibles al oxígeno disuelto (García et al., 2014).

Una de las principales fuentes de oxígeno disuelto es la fotosíntesis, originada por fitoplánctones. Estos son capaces de producir la energía que necesitan a partir de luz solar y a través de este proceso liberan oxígeno durante el día; por la noche suspenden la producción de oxígeno, la respiración continua, dando como resultado la disminución de los niveles de oxígeno disuelto y el aumento del dióxido de carbono por efecto de la respiración de los peces, de esta manera existe un equilibrio dentro de los sistemas (Vidal et al., 2017).

La sobreproducción o escasez de materia orgánica, fitoplánctones, exceso de alimentos y organismos muertos son factores que pueden causar insuficiente oxígeno, pues este será utilizado por los microorganismos para la descomposición de la materia. Consecuentemente se podría presentar disminución de la tasa de crecimiento, inapetencia, letargia y susceptibilidad a enfermedades branquiales.

3.2.4 Potencial de Hidrógeno

Indica la concentración de hidrogeniones y su valor caracteriza la acidez y alcalinidad de las aguas. El intervalo de valores aptos para la mayoría de las especies acuáticas está comprendido entre 6.5-7.5. A nivel general una acidificación del agua modifica la toxicidad de otros compuestos, por ejemplo, un cambio de pH dentro de un mismo cuerpo de agua está relacionado con la concentración de dióxido de carbono, el cual es fuertemente ácido (Gutiérrez, 2014).

3.2.5 Turbidez

Definida como usencia de transparencia en el agua, provocada por el material orgánico o mineral en suspensión. Cuando el agua presenta una coloración demasiado marrón existe exceso de materia orgánica; si es muy verde se atribuye a abundancia de algas verdes (Borges 2015).

Un aumento de turbidez en el agua dificulta que la luz solar llegue a penetrar en su totalidad, reduciendo los procesos fotosintéticos y por tanto la producción de oxígeno durante el día, de tal forma que el crecimiento de los peces y de los organismos naturales que constituyen parte de su alimentación se ven seriamente afectado.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2009) puntualiza: “turbidez de origen mineral elevada puede tener incidencia directa sobre los peces, afectando su aparato respiratorio, reduciendo la tasa de crecimiento o impidiendo su reproducción”. Por tal razón se aconseja realizar un constante monitoreo de turbidez en los estanques.

3.2.6 Nitrito y nitrato

Se conoce que el nitrito es un compuesto intermedio en la nitrificación bacteriana de amoniaco a nitrato. Tanto alevines como especímenes jóvenes son más susceptibles a efectos negativos (toxicidad) de estas sustancias. A menudo ambas sustancias son procedentes por el exceso de residuos de comida, orina excremento de los peces y por cualquier materia orgánica en descomposición.

Valores entre 0-40 partes por millón (ppm) son adecuados para el desarrollo de los peces, sin embargo, rangos por encima de 80 ppm pueden ser tóxicos y causantes de estrés, promoviendo un aumento en el consumo de oxígeno y disminución de la ingesta de alimentos (Gutiérrez 2014).

3.3 Generalidades de los grupos algales

Bajo el término de microalgas se incluyen aquellos microorganismos unicelulares capaces de llevar a cabo la fotosíntesis. En esta categoría quedan agrupadas tanto las cianobacterias (conocidas tradicionalmente como algas verdeazuladas), algas eucariotas (tradicionalmente algas verdes, rojas y doradas). Se define a las microalgas como organismos fotoautótrofos, es decir, organismos que obtienen la energía de la luz proveniente del Sol y se desarrollan a partir de materia inorgánica (Gross, 1998). Sin embargo, algunas especies de microalgas son capaces de crecer empleando la materia orgánica como fuente de energía o de carbono.

La producción de microalgas se divide en, **fotoautótrofa**, las algas obtienen la energía del Sol y el carbono de los compuestos inorgánicos (Mendoza H, 2011), **fotoheterótrofa**, las algas obtienen la energía del Sol y emplean compuestos orgánicos como fuente de carbono, **mixotrófica**, muchas algas son capaces de crecer bajo procesos tanto autótrofos como heterótrofos, de manera que la fuente de energía es tanto la luz como la materia orgánica. El carbono lo obtienen, de compuestos orgánicos y del CO². Algunas de estas algas son la especie *Spirulina platensis* o la especie *Chlamydomonas reinhardtii*. **Heterótrofa**, los compuestos orgánicos proporcionan tanto la energía como la fuente de carbono de estas algas (Abalde, 1995).

Por lo tanto, existen algas que pueden desarrollarse bajo ausencia de luz, como por ejemplo la especie *Chlorella protothecoides*. La composición de las microalgas (su contenido en lípidos, carbohidratos y proteínas) es variable y puede ser manipulada mediante varios parámetros durante su proceso de cultivo,

dependiendo además de la especie considerada. En general, las cianobacterias tienen un contenido lipídico de hasta un 20%, mientras que el contenido de lípidos de las algas procariotas oscila entre el 20 y el 50% en peso seco. Las microalgas son las plantas con mayor crecimiento de la tierra (100 veces más rápido que los árboles) y pueden crecer en distintos ambientes (Becker, 1997).

3.3.1 Principales grupos de microalgas.

Las algas presentan una gran diversidad y abundancia en estanques de organismos acuícolas, encontrándose diversas especies en función de las condiciones naturales del lugar y de la presencia o ausencia de nutrientes.

Entre las que se encuentran cuatro grupos principales tales como: Cyanophytas, Clorophytas, Diatomea, y Dinoflagelado.

3.3.2 Cyanophyta

Las *Cyanophytas*, también llamadas cianobacterias, son microorganismos procariótico que carecen de membrana celular. Presentan pigmentos fotosintéticos como la clorofila y carotenoides como las xantofilas (mixoxantina, flavacina, luteína y zeaxantina) y ficocianina un pigmento de color azul por el cual se les denomina algas verde azules. Las cianobacterias son en general organismos fotosintetizadores, pero algunas viven heterotróficamente. Estas microalgas comparten con algunas otras bacterias la capacidad de usar nitrógeno atmosférico como fuente de energía y pueden ser unicelulares o pluricelulares. La reproducción de las algas verde azules se lleva a cabo a través de división celular por fragmentación de colonias o de filamentos y por esporas. Presentan una pared celular similar a la de las bacterias, en el citoplasma se distingue una zona central o centroplasma donde se encuentra el ADN y otra periférica o cromoplasma donde están los corpúsculos con los pigmentos. Pueden vivir en ambientes acuáticos, sobre rocas y árboles, en aguas termales soportando temperaturas de hasta 90°C y en simbiosis con hongos formando líquenes (Lee, 2008).

3.3.3 Clorophytas

Son algas verdes que se encuentran distribuidas por todo el mundo y su tamaño comprende desde las microscópicas, unicelulares, hasta las grandes algas formadas por filamentos de considerable longitud. Todas contienen clorofila, lo que les permite sintetizar sustancias alimenticias a partir de materias minerales, adicionalmente tienen carotenoides como la luteína y su alimento los almacenan en forma de almidón (Lee, 2008). Su reproducción puede ser sexual o asexual; incluso algunas especies presentan una reproducción con alternación de generaciones. El 90% de las Clorophytas 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).

3.3.4 Diatomeas

Las *Diatomeas* son un grupo de microalgas unicelulares pertenecientes a la Clase *Bacillariophyceae*. El tamaño de estas algas va desde menos de 10 micras de longitud hasta 1 mm de diámetro para las especies mayores, e incluso dentro de una misma especie la diferencia de tamaños puede alcanzar hasta unas treinta veces más su tamaño normal, como resultado de un característico método de reproducción. Son estrictamente autótrofas, presentan pigmentos fotosintéticos como la clorofila y betacarotenos. Una característica especial de este tipo de algas es que se encuentran rodeadas por una pared celular única, hecha de sílice (dióxido de siliciohidratado) llamada frústula y que se pueden encontrar solitarias o conformando cadenas (Bonilla, 2010). 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 y constituyen el grupo más importante del fitoplancton debido a que contribuyen con cerca del 90% de la productividad de los sistemas acuícolas. Estas microalgas predominan por sobre otros grupos fitoplanctonicios debido a que se ven especialmente favorecidas por los eventos de turgencia (Tomas, 1997) y se encuentran en todas las aguas marinas de los ecosistemas costeros (Moreno, 1997) debido a la elevada disponibilidad de compuestos inorgánicos (silicatos,

nitratos y fosfatos) que estimulan su desarrollo (Hasle, 1996). Gran número de *Diatomeas* mueren como consecuencia de los cambios estacionales, como por ejemplo aquellos que provocan el empobrecimiento local del material nutritivo, alteraciones medioambientales, su transporte por movimientos verticales del agua o bien al encontrarse localizadas por debajo de la zona eufótica (Lara-Villa, 1996).

El resultado de estas incidencias lleva a una acumulación de *Diatomeas* muertas y de sus frústulas en el fondo del mar, a su vez provoca que en determinadas zonas constituyan el principal componente del fango marino. La mayoría de las *Diatomeas* acumulan aceites o ácidos grasos en vez de azúcares como producto final de la fotosíntesis, por lo que bajo condiciones excepcionales un crecimiento particularmente de *Diatomeas* puede producir suficiente aceite como para llegar a formar una capa oleosa en la superficie del mar de varias millas de extensión (Werner, 1977).

3.3.5 Dinoflagelados

Los *Dinoflagelados* son organismos unicelulares, los cuales corresponden a un grupo del fitoplancton marino de carácter cosmopolita. Se distribuyen en función de la temperatura, salinidad y profundidad, y sus características morfológicas y requerimientos nutritivos los hacen exitosos desde el punto de vista reproductivo, donde la estabilidad en la columna de agua es mayor y la concentración de nutrientes más baja (Tomas, 1997).

Los *Dinoflagelados* fluctúan entre diversos tamaños, 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 (Boyd C. E., 1990). De acuerdo con esta característica se les denomina tecados o atecados, respectivamente. Presentan cloroplastos en forma de discos o varillas con clorofilas *a* y *c* y algunas xantofilas específicas como la peridina. Por tanto, las distintas combinaciones de pigmentos les proporcionan una coloración amarilla, pardo amarillento, parda, verde azul. Dentro de este grupo los

representantes más comunes son los *Gymnodiniales* (dinoflagelados desnudos o desprovistos de caparazón) y los *Peridinales* (dinoflagelados con el cuerpo recubierto por un caparazón) (Tomas, 1997).

3.4 Principales patógenos que afectan a la tilapia

3.4.1 Bacterias

Las bacterias son microorganismos unicelulares procariotas que se reproducen por fisión binaria. No poseen comportamientos intracelulares delimitados por membranas, por lo que carecen de membrana nuclear, poseen una pared celular compuesta por peptidoglucano y pueden tener flagelos. Dentro de las enfermedades que pueden provocar en los peces se encuentran: *vibriosis*, *fotobacteriosis*, *flexibacteriosis*, *pseudomonadiosis*, *estreptococosis*, *micobacteriosis* y *piscirickettsiosis*. (Sudheesh et al., 2012).

También pueden ser capaces de transmitir enfermedades a los seres humanos, las cuales se conocen comúnmente como enfermedades zoonóticas, transmitiéndose de manera directa por ingesta de alimentos contaminados e indirectamente por interacción con animales infectados.

3.4.2 *Salmonella* spp

Según la OMS 2018, describió a la *Salmonella* como un género de bacteria cuya morfología es un bacilo pequeño, Gramnegativos, facultativos, que pertenece a la familia Enterobacteriaceae, es una bacteria resistente que puede sobrevivir durante varias semanas en un ambiente seco y varios meses en agua. *Salmonella* spp. se encuentra distribuida a nivel mundial, es un agente zoonótico importante y ha sido aislada a partir de una gran variedad de animales homeotermos y poiquilotermos. (FAO, sf.)

Los peces y crustáceos capturados en aguas contaminadas con estas bacterias pueden portar este microorganismo. (Herrera., et al. 2005). *Salmonella* spp. No pertenece a la microbiota de los peces, pero la aparición de estas bacterias está relacionada con el ambiente de crianza, así como el entorno de industrialización,

debido a las malas prácticas de higiene en el cultivo de animales acuáticos (Santos, 2015).

3.4.3 *Shigella* spp

Las especies de *Shigella* son bacterias Gramnegativas, no mótils, oxidativas negativas y no fermentadoras de lactosa, excepto *Shigella sonnei*, que puede fermentar lactosa después de una incubación prolongada. Las especies de *Shigella* poseen factores de múltiples virulencias que les permiten adherirse e invadir las células intestinales, superar las defensas inmunitarias y secretar toxinas (Elbasir, 2017).

El género *Shigella* también es un miembro de las Enterobacteriaceae y está formado por 4 especies distintas. La presencia de este género en el medio ambiente se debe a contaminación fecal. Se ha demostrado que las cepas de *Shigella* sobreviven hasta 6 meses en agua. Los alimentos, incluido el pescado, han sido el origen de un cierto número de brotes de shigelosis (FAO,2018)

Es importante considerar el impacto zoonótico de esta bacteria, ya que es un patógeno de transmisión alimentaria, el consumo de pescado crudo o manipulado de manera inadecuada o productos del mar procesados en ambientes contaminados, pueden conducir a la enfermedad y causar estragos en la población que lo consume.

3.4.4. *Yersinia* spp

El género *Yersinia* son bacterias Gramnegativas, muy ubicuas, que están ampliamente distribuidas en la naturaleza, pudiendo producir infecciones tanto en animales como en el ser humano, a través del consumo de alimentos o aguas contaminadas (Jiménez, 2018).

Esta bacteria ha sido ampliamente estudiada pues es capaz de causar la yersiniosis, una enfermedad que afecta principalmente a salmónidos, ocasionando pérdidas económicas (Mesías et al., 2019; Austin B y Austin D. 2016).

La enfermedad se caracteriza por la presencia de infección sistemática de curso agudo a crónico con altas mortalidades y grandes pérdidas de hemorragias

alrededor de la boca y el ano, base de las aletas y en la superficie de los órganos internos de los peces afecta comúnmente a especie de salmónido, pero también puede afectar a otra especie de peces (Barnes, 2011).

3.4.5 *Hafnia* spp

Hafnia es una bacteria cuya morfología es de un bacilo Gramnegativo facultativamente anaeróbico, se encuentra en aguas residuales, agua y suelo, pero también como comensal gastrointestinal. Esta bacteria, ocasionalmente, ha sido descrita como causa de bacteriosis en animales terrestres y en los humanos, haciéndola responsable de la septicemia hemorrágica en trucha arco iris, salmón y dorada procedentes de la acuicultura intensiva. Sin embargo, su presencia se ha demostrado en otra especie de peces. En el hombre puede ser agente causal de septicemia, gastroenteritis, meningitis, neumonía.

Hasta hace poco, el género de *Hafnia* que se identificaban por métodos convencionales, por miniaturización o por sistemas automáticos, podían confundirse fácilmente con miembros de los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Yokenella*, *Salmonella*, por lo que era necesario realizar técnicas moleculares para su identificación definitiva (Ramos, 2020).

3.4.6 *Escherichia coli*

Escherichia coli es una bacteria común en el tracto intestinal del hombre y de los animales de sangre caliente. En general, las cepas de *E. coli* que colonizan el tracto gastrointestinal son comensales inofensivos y juegan un papel importante en el mantenimiento de la fisiología intestinal. No obstante, dentro de las especies hay al menos cuatro tipos de cepas patógenas que pueden causar enteritis gastrointestinales en la salud humana

Esta bacteria es miembro de la familia Enterobacteriaceae, y aunque la mayoría de las cepas de *E. coli* no son patógenas, pueden ser patógenos oportunistas que causan infecciones en el hospedador inmunocomprometido. Fisiológicamente, *E. coli* es versátil, se adapta fácilmente a las condiciones ambientales y puede crecer en un medio con glucosa como única fuente orgánica (Lopardo, 2016).

3.4.7 *Kluyvera* spp

Las bacterias del género *Kluyvera* son bacilos Gramnegativos móviles pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae. Se encuentra en el medio ambiente como un microorganismo de vida libre: en el suelo y agua de cultivos de organismos acuícolas y residuales, también se han encontrados en sumideros de hospitales y productos comestibles de origen animal (Solórzano y Merlos, 2021).

Las bacterias del género *Kluyvera* son oxidasa negativa, móviles, catalasa positiva y reducen los nitratos a nitritos. Fermentan la glucosa y otros carbohidratos con formación de ácido y generalmente gas produciendo grandes cantidades de ácido α -cetoglutarico. Producen indol, dan negativa a la reacción de Voges Proskauer. Descarboxilan la ornitina y la lisina, dan positiva la prueba de larafinosa. Estas pruebas las diferencian de otros miembros de la familia Enterobacteriaceae. No obstante, es necesario apelar a métodos moleculares para lograr una correcta identificación a nivel de especie (Lopardo et al., 2016).

3.4.8 *Enterobacter* spp

Las especies que integran los géneros se encuentran como comensales en el medio ambiente, en alimentos, piel y en el tracto intestinal de humanos y animales. Antes del uso generalizado de los antibióticos eran raramente encontradas como patógenos, pero debido al uso indiscriminado de los antibióticos se ha determinado como una bacteria interés para la salud pública. En medios de cultivo TSI es capaz de fermentar los azúcares con producción de ácido en el fondo del tubo y en el pico, con producción de gas. El uso de pruebas adicionales tales como; lisina descarboxilasa (LDC) arginina dihidrolasa (ADH) y ornitina descarboxilasa (ODC), permiten la identificación correcta de la especie de Enterobacteria (Lopardo et al., 2016).

3.5 Parásitos

En biología, el término parásito se refiere a un organismo que crece y se alimenta a expensas de otro organismo diferente, llamado huésped, hospedero u hospedador. El parásito obtiene nutrientes y protección física sin hacer ninguna

contribución a la supervivencia de su anfitrión; de este modo, sólo el parásito resulta beneficiado. (Lareschi, Artropodos ectoparasito, 2017).

3.5.1 Parasitismo: Es una de las modalidades de asociación de seres vivos, es decir, de simbiosis, que etimológicamente significa vida en común. El concepto parasitismo es un camino de explotación, escasamente cooperativo. No hay confluencias de intereses entre los asociados, por eso solo uno de ellos se beneficia de modo permanente, el asociado menor vive a expensas del que lo alberga, de su maquinaria metabólica, sin aportar beneficio importante. En resumen, hace de sus hospedadores el medio único donde vive y evoluciona (Cordero del campillo 1999)

3.5.2. Especificidad parasitaria: Establece que el parásito pueda entrar en contacto con el hospedador, que este le proporcione condiciones adecuadas para su desarrollo y que el parásito sea capaz de resistir la reacción del hospedador. Estos factores pueden variar por causas diversas y en consecuencia debe de considerarse un fenómeno dinámico.

La especificidad parasitaria podría definirse como la adecuación de las especies parasitarias a ciertas especies de hospedadores o grupos de estos. Entendiendo la adecuación como el conjunto de características ecológicas, etológicas, fisiológicas y bioquímicas que hacen posible la existencia de fenotipos compatibles entre un hospedador individual y un parásito individual (Cordero del campillo 1999).

3.5.3 Ectoparásitos

Protozoosis (Dinoflagelado): Son afecciones de la piel y branquias de peces de aguas cálidas dulce producida por *Oodinium Limneaticum* spp, perteneciente a la clase *Phytomastigophorea*, orden *Dinoflagellida*, familia *Blastodiniidae* respectivamente y caracterizada por una película aterciopelada sobre la piel.

Monogenosis: La monogenea son Metazoa ectoparásitos que habitan típicamente en las branquias, piel y escamas de los peces de agua dulce.

Dactilogyrosis: Es una afección de branquias, piel y escamas de peces, principalmente ciprínidos, producida por especies del género *Dactylogirus*, familia *Dactylogiridae*, subclase Monopisthocotylea. (Cordero, 1999).

Girodactilosis: Se trata de una Monogenosis de la piel, aleta y branquias de peces de agua dulce, producida por especie del género *Girodactylus*, familia *Girodactilidae*, subclase Monopisthocotylea.

Crustaceosis: Son parásitos de la piel, aletas y branquias, producidas por especies de crustáceos ectoparásitos pertenecientes a la subclase copepoda, *Branchiuria e Isopoda*.

Copepodosis: Son artrópodos que presentan modificaciones morfológicas, muy marcadas, pues existe una regresión de los apéndices locomotores, órganos de los sentidos y de la segmentación, mientras que hay un gran desarrollo en los órganos de fijación al hospedador, así como el aparato reproductor.

Lerneosis: Es una afección de la piel de los peces, principalmente de agua dulce cálidas. La forma parásita se alimenta de los tejidos del hospedador. Las lesiones más comunes son destrucción y pérdidas de escamas, hemorragias y úlceras cutáneas en los puntos de penetración, lo que facilita infecciones secundarias, por bacterias, hongos y virus.

Ergasilus: Viven en branquias de un amplio espectro de peces de agua dulce de todo el mundo. Son numerosas las especies señaladas como patógenas. La fijación a los filamentos branquiales, causan lesiones graves a las branquias los parásitos se alimentan de sangre y epitelio provocando hemorragias y necrosis, interfiriendo con la función branquial (Cordero, 1999).

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de estudio

El tipo de estudio llevado a cabo en esta investigación es descriptivo de corte transversal.

4.2 Área de estudio

El estudio se realizó en cinco Comunidades del Departamento de León: (Troilo, Los Alpes, Amatitán, Sutiava, La Ceiba, Centro de Desarrollo de Capacidades y Adaptación de Tecnología CDCAT-MEFFCA-León y la Unidad Experimental Acuícola de la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias.

4.3 Características generales del Departamento de León.

El Departamento de León se localiza en la zona Noroccidental de la macro región del Pacífico; limita al Norte con el departamento de Estelí, al Sur con el océano Pacífico, al Este con el departamento de Managua y al Oeste con el Departamento de Chinandega. Tiene una superficie de 5,138.03 Km², que representa el 28.6 % del territorio de la Macro Región del Pacífico y el 3.94 % del territorio Nacional. Administrativamente está conformada por 10 Municipios, su cabecera Departamental es la ciudad de León, ubicada a 93 Km de la ciudad capital Managua. El clima de esta zona es tropical, varía de húmedo a seco, con estaciones bien definidas (4 a 6 meses de sequía). Es la región agroindustrial más desarrollada del país y genera más de la mitad del Producto Interno Bruto. PIB. (INPESCA, 2007).

4.4 Tamaño de la muestra

Se seleccionaron 60 ejemplares de todas las comunidades muestreadas, para esto se usó el programa estadístico en la plataforma online Working in epidemiology que determina el tamaño de la muestra en una población desconocida.

4.5 Toma de muestra

La colecta de las muestras de agua se realizó entre las 10:00 a.m. y 1:00 p.m. periodo que se considera con mayor intensidad la radiación solar, para determinar la presencia de microalgas en cada estanque se realizaron arrastre durante 5 minutos, con una red de plancton con luz de malla de 40 μ m, a una profundidad entre 15 a 30 cm, de la columna de agua, fijándose la muestra con formaldehído al 4% usando 5 ml por 100 ml de agua de estanque en frascos de 500 ml debidamente rotulados. Se tomaron muestras de agua fueron tomadas en cada uno de los estanques seleccionados para determinar de la presencia de agentes bacterianos y se midió los parámetros fisicoquímicos. La captura de los peces muestreados se realizó con la ayuda de un chayo extrayendo un aproximado de 4 a 2 individuos por cada estanque de las comunidades, se realizó peso y talla de los organismos que fueron seleccionados, estos organismos fueron trasladados al laboratorio multiuso de la ECAV.

4.6 Traslado de las muestras

Para el traslado de las muestras hacia el Laboratorio de la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria se utilizó bolsas plásticas ziploc en termo refrigerado con una temperatura aproximada de 4-8°C.

4.7 Análisis de las muestras

Se realizó la búsqueda de agentes infecciosos y parasitarios descritos en la Norma Técnica Sanitaria para la Importación y Movilización de Organismos Acuáticos en el Territorio Nacional (NTON 11 003-01) y que corresponden a las denominadas anteriormente “Enfermedades de la lista B” de la OIE (OIE, 2019), tomando en consideración las que se puedan encontrar en el trópico y en las especies de peces cultivados. Se midió los parámetros fisicoquímicos: (oxígeno disuelto, temperatura, potencial de hidrógeno, turbidez, amonio, nitrito y nitrato), utilizando instrumentos de medición como Oxigenómetro, pHchímetro, Disco de Sechii, kit de Amonio, kit de Nitrito y kit de Nitrato. Las muestras recolectadas para

la determinación de microalgas en las distintas zonas de muestreo fueron analizadas utilizando un microscopio compuesto binocular equipado con objetivo desde 4x hasta 40x; para la cuantificación del fitoplancton se utilizaron cámaras (TSA, Mc Conkey) y específicos (Agar TCBS), fueron incubados a 37 °C por 18-24 horas Neubauer y Sedgwick Rafter. Para realizarle la necropsia se tomaron muestras de órganos internos del pez y tejido, los que fueron inoculados en medios de cultivo bacteriológico generales, para determinar la presencia y ausencia de agentes bacterianos

Para la búsqueda e identificación de ectoparásitos se realizó un raspado de piel y branquias, los frotis fueron observados en el estereoscopio con un objetivo de 4x y en el microscopio óptico con un objetivo de 40x. Se revisó la cavidad abdominal, el estómago e intestino, extrayendo muestra específicamente del intestino de cada uno de los peces para determinar presencia o ausencia de endoparásitos, cada individuo fue sometido a un proceso de estrés que permitió determinar el grado de resistencia a concentraciones bajas o altas de salinidad, de igual manera sirvió para extraer la existencias de ectoparásito en los organismos, la muestra de agua obtenida en este procedimiento fue filtrada para su posible observación en el microscopio.

4.8 Preparación del medio de cultivo

4.8.1 Bacteriológico

Los medios de cultivos fueron preparados siguiendo las instrucciones del fabricante, se procedió a pesar la cantidad necesaria del medio de cultivo en una balanza digital y transferidos a un recipiente Erlenmeyer, se agregó la cantidad de agua destilada establecida y se esterilizó en autoclave a 121°C durante 15 minutos, se vertió sobre las cajas de petri el medio de cultivo fundido y se dejó solidificar, para posteriormente almacenarlos a una temperatura de 4-8°C. Este procedimiento se realizó para todos los medios de cultivos utilizados.

4.8.2 Pruebas Bioquímicas

Se tomaron en cuenta las indicaciones del fabricante del medio de cultivo; en una balanza digital se pesó la cantidad necesaria del medio de cultivo y este se

transfirió en un recipiente con la cantidad de agua destilada establecida, posteriormente se vaciaron 3ml de medio de cultivo en cada uno de los tubos de vidrio con tapón de rosca, se colocaron los tubos en gradillas para ser esterilizados en autoclave a 121°C durante 15 minutos, después fueron almacenados a una temperatura de 4-8°C. Este procedimiento se realizó de la misma manera para las pruebas Triple Azúcar más Hierro (TSI), Lisina, Hierro Agar (LIA), Citrato de Simmons y medio de Movilidad Indol Ornitina (MIO).

4.9 Técnica de análisis de datos

El análisis de los datos de este estudio se realizó en una base de datos en Microsoft Excel 2022, para el almacenamiento, ordenamiento y manejo de los datos, se utilizó estadísticas descriptivas para interpretar y comparar de los datos de los parámetros fisicoquímicos. y géneros de microalgas utilizándose Sigma Stat (SPSS 2019 Inc., Chicago, IL), estos fueron analizados mediante una prueba de normalidad (Shapiro-Wilks) y de homogeneidad de varianzas (prueba C de Cochran). Los datos se mostraron como media \pm E.E.M. de cada grupo y las diferencias entre ellos se evaluarán 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 significancia se estableció con un valor de $P < 0.05$. La relación de la comparación entre los parámetros fisicoquímicos y la concentración de los grupos de microalgas se determinaron usando el análisis de Correlación de Pearson (R).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1 Calidad de agua parámetros físicos-químicos

Parámetros físicos

Boys 2000, establece que los valores óptimos de oxígeno disuelto para el crecimiento de tilapias son de 4 mg/L a 12 mg/L, estos resultados reflejaron que el valor promedio del oxígeno disuelto en los estanques se encontraba dentro de los parámetros establecidos, lo que permite un mejor desarrollo de los peces. Es importante destacar, que, en la mayoría del oxígeno disuelto en el agua de los estanques acuícolas, proviene de la fotosíntesis que ejercen las algas microscópicas, que se encuentra dentro del mismo, es por ello que se debe procurar tener una buena vegetación (algas microscópicas) dentro del estanque.

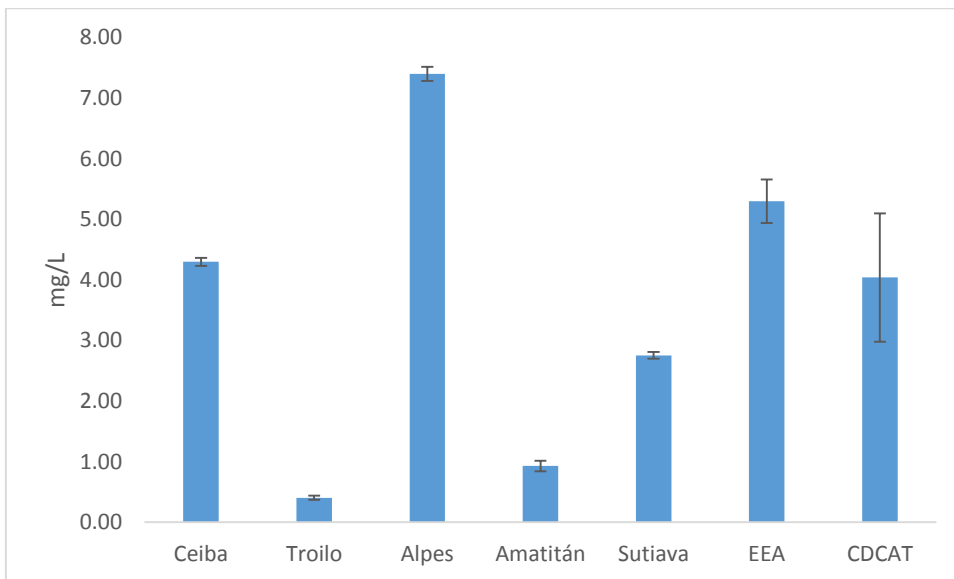


Figura 1. Valores promedio de la concentración de oxígeno en los sitios muestreados.

En relación a la variación de la temperatura de los estanques, cuya temperatura es similar a la del medio ambiente sobre la superficie del agua del estanque, tiene un efecto directo sobre el crecimiento y metabolismo de los organismos fotosintéticos alterando su desarrollo y reproducción pudiendo crear Bloom algales. La temperatura es uno de los parámetros físicos más importantes en el

agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración (Hernández-Gurrola, 2016), durante el estudio la temperatura se mantuvo acorde a las condiciones climáticas y geográficas de las comunidades muestreadas las que fueron consideradas óptimas para el desarrollo de los peces. En la Figura No.2, se refleja los valores promedios de la temperatura en los sitios muestreados. Es importante destacar, que la temperatura tiene alto impacto en los procesos químicos y biológicos, como crecimiento y respiración, se considerando una temperatura adecuada y se necesaria para el desarrollo de la producción con rangos de 28-32 C. (Jian-Chu, 1994).

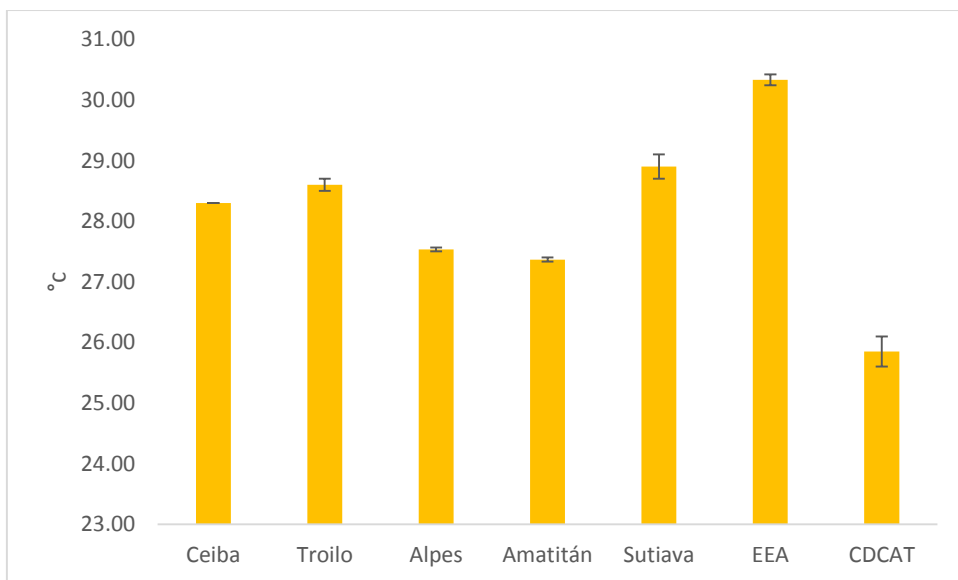


Figura 2. Valores promedio de la temperatura en los sitios muestreados.

El pH en los estanques en las mañanas por lo regular, suele ser menor, esto debido a los cambios en la fotosíntesis del fitoplancton, esta variación puede ser mayor cuando el fitoplancton es abundante, y puede ser menor con alta concentración de alcalinidad, esto por la capacidad de amortiguación, la medición de este parámetro es de suma importancia ya que, dependiendo de su valor,

afectará el metabolismo de los peces ocasionándole diferentes efectos, es considerado que un pH de 4 es un punto de acidez letal para las algas beneficiosas, para el bienestar del estanque se menciona que pH de 6 a 9 se presenta un buen comportamiento de los grupos algales, es importante destacar que un pH de 11 o mayor, se considera como letal para el micro y microorganismo presentes en el estanque (Moreno-Figueroa, 2014), en el estudio realizado los valores del pH se observaron dentro de los valores aceptables; Ver Figura 2. Sin embargo, se pudo apreciar que en la estación Experimental Acuícola se registró un valor mayor a (10.47) de pH en relación al resto de las comunidades muestreadas, pero dentro del rango aceptable para la producción tilapia, lo que refleja que el estado de salud de los animales no se ve afectado por este promedio encontrado.

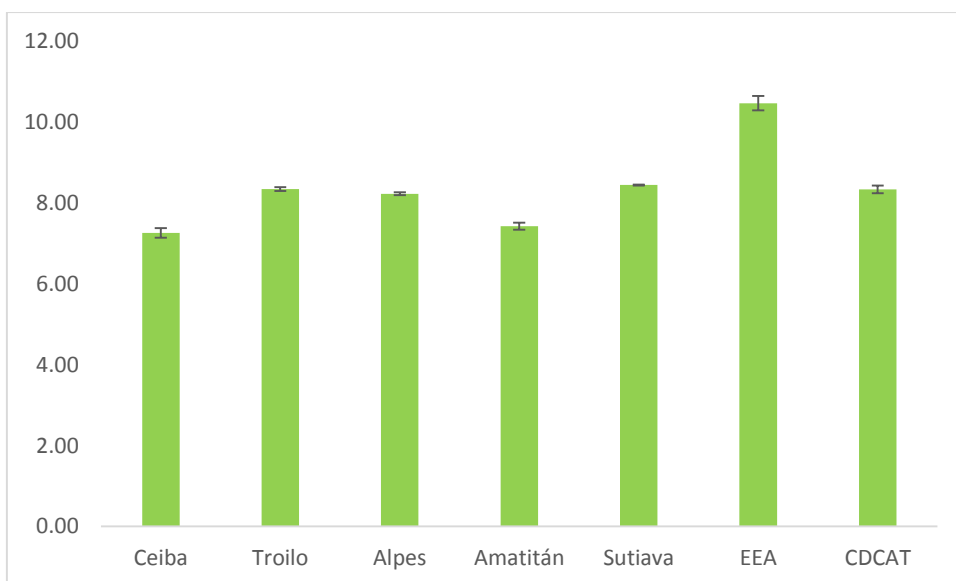


Figura 3. Valores promedio de pH en los sitios muestreados.

En esta tabla 1, se presentan los valores promedio de parámetros físicos evaluados, en los puntos de muestreo. Observándose de manera general que los parámetros se encuentran dentro de los rangos óptimos para el cultivo de tilapia. Castro et. al 2021 evaluando la influencia de los parámetros fisicoquímicos, en producción de tilapia gris, afirmando que el aumento o disminución de los valores

puede afectar el desarrollo de los organismos, aumentando la presencia de agentes patógenos en la producción.

Tabla 1. Valores promedio de variables fisicoquímicas en los sitios de muestreo.

Parámetro	Lugar	Media	Error típico	Mínimo	Máximo
Oxígeno (mg/L)	Ceiba	4.33±0.12			
	Troilo	0.41±0.05	0.04	0.37	0.44
	Alpes	7.40±0.2	0.12	7.20	7.60
	Amatitán	0.93±0.15	0.09	0.80	1.10
	Sutiava	2.76±0.08	0.05	2.70	2.81
	EEA	5.30±0.62	0.36	4.60	5.80
	CDCAT	4.04±1.5	1.06	2.98	5.10
Temperatura (°c)	Ceiba	28.30	0.00	28.30	28.30
	Troilo	28.60±0.14	0.10	28.50	28.70
	Alpes	27.53±0.06	0.03	27.50	27.60
	Amatitán	27.37±0.06	0.03	27.30	27.40
	Sutiava	28.90±0.28	0.20	28.70	29.10
	EEA	30.33±0.15	0.09	30.20	30.50
			25.85±0.35	0.25	25.60
pH	Ceiba	7.27±0.21	0.12	7.10	7.50
	Troilo	8.35±0.07	0.05	8.30	8.40
	Alpes	8.23±0.06	0.03	8.20	8.30
	Amatitán	7.43±0.15	0.09	7.30	7.60
	Sutiava	8.45±0.01	0.01	8.44	8.46
	EEA	10.47±0.31	0.18	10.12	10.70
	CDCAT	8.35±0.13	0.09	8.25	8.44

El amonio es el producto final de la reducción de las sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas y debe su origen a el nitrógeno atmosférico, por fijación química, Las proteínas animales o vegetales, por putrefacción mediante acción bacteriana en un medio oxidante, el ion amonio (NH₄⁺) se transforma en nitrito (NO₂). Se le considera un constituyente normal de las aguas superficiales.

Cuando su concentración es mayor de 0,1 mgL-1, podría constituirse como un indicador de contaminación. El amoníaco es producido en su mayor parte por la reducción de nitratos en condiciones anaeróbicas. El amoníaco es un nutriente para microorganismos y algas en los sistemas, su presencia en el agua favorece la multiplicación de estos. En concentraciones altas es peligroso y presenta problema de salud para los organismos. (Bautista.2011)

Esta tabla 2, se refleja los valores promedio de parámetros químicos amonio, nitrito y nitrato evaluados en las comunidades muestreadas, de manera general que los valores se ~~encontraban~~ concentraron dentro de los rangos óptimos establecidos por las NTON, para el cultivo de tilapia.

Tabla 2. Valores promedio de variables fisicoquímicas en los sitios de muestreo.

Comunidad	NH3/NH4 (mg/L)	NO2 (mg/L)	N03 (mg/L)
Amatitán	0.50	0.50	15
La Ceiba	0.00	0.00	15
Troilo	0.25	0	10
Los Alpes	0	0	0
Sutiava	0	0	15
ECAV	0	0	0
CDCAT	0	0	50

5.2 Microalgas

Durante el estudio fueron identificados siete grandes grupos, siendo estos Clorophytas, Cyanophytas y Diatomeas encontrándose en mayores concentraciones a diferencia de Dinoflagelados, Copépodos, Rotíferos y Euglenas quienes se presentaron en menor concentración en los lugares muestreados (figura 4,5 y 6). Asimismo, durante el estudio fueron identificados los géneros de microalgas observándose que *Oscillatoria* (86%), *Chlorella* (57%) y *Scenedesmus*

(57%) se presentaron con mayor frecuencia en las comunidades (Tabla 3). Es importante señalar que los generos de cianobacterias que se presentaron pueden producir efectos tóxicos en el medio, asimismo se identificaron euglenas las cuales son indicadoras de mala calidad de agua, también fueron identificados protozoarios los que pueden llegar a ocasionar daños graves en los peces (Lee, 2008).

Tabla 3. Géneros de microalgas identificadas en cada una de las comunidades muestreadas.

Géneros de Microalgas	Amatitán	Ceiba	Troilo	Los Alpes	Sutiava	EEA	CDCAT
<i>Oscillatoria</i>		X	X	X	X	X	X
<i>Chroococcus</i>			X	X		X	
<i>Anabaena</i>		X					
<i>Microcystis</i>					X		
<i>Chlorella</i>		X	X	X	X		
<i>Oocystis</i>					X	X	
<i>Scenedesmus</i>	X			X	X		X
<i>Micractinium</i>	X		X			X	
<i>Nitzschia</i>		X			X		
<i>Diatoma</i>				X	X		
<i>Navicula</i>					X		
<i>Prorocentrum micans</i>						X	

Es importante señalar que los géneros de Cianobacterias *Oscillatoria*, *Anabaena* y *Microcystis* encontradas pueden producir efectos tóxicos en el medio, asimismo se identificaron Euglenas las cuales son indicadoras de mala calidad de agua, también fueron identificados protozoarios los cuales pueden llegar a ocasionar daños graves en los peces.

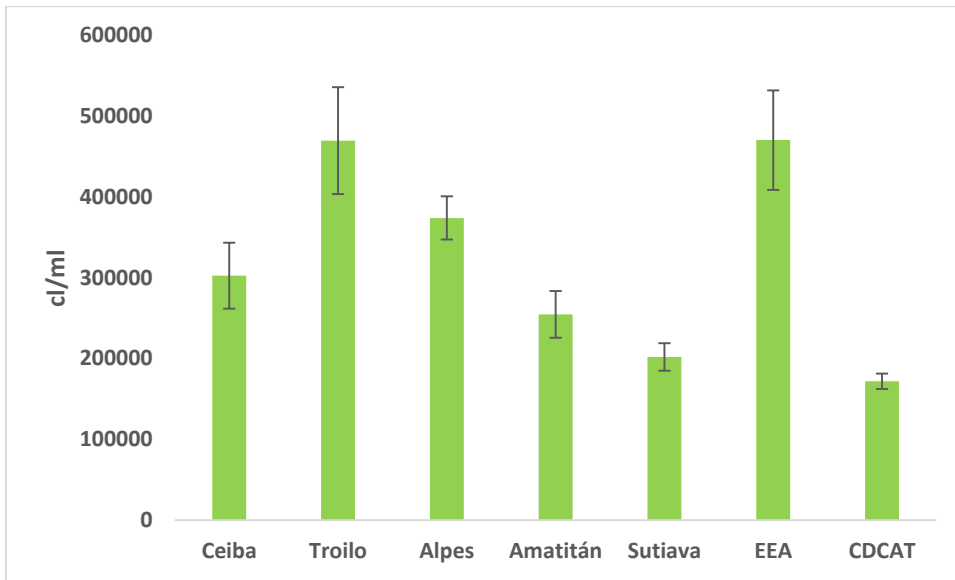


Figura 4. Valores promedio de la concentración de Chlorophytas en los sitios muestreados.

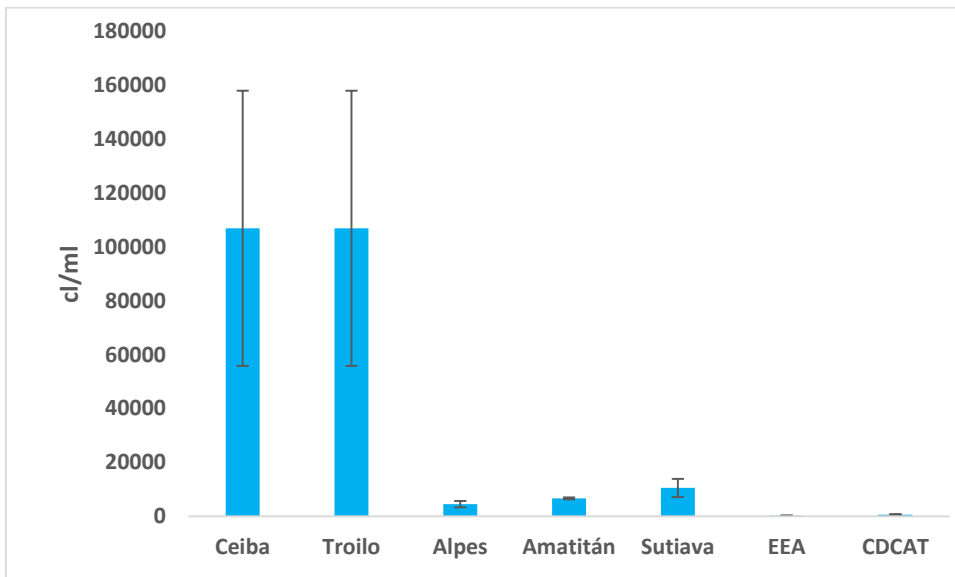


Figura 5. Valores promedio de la concentración de Cyanophytas en los sitios muestreados.

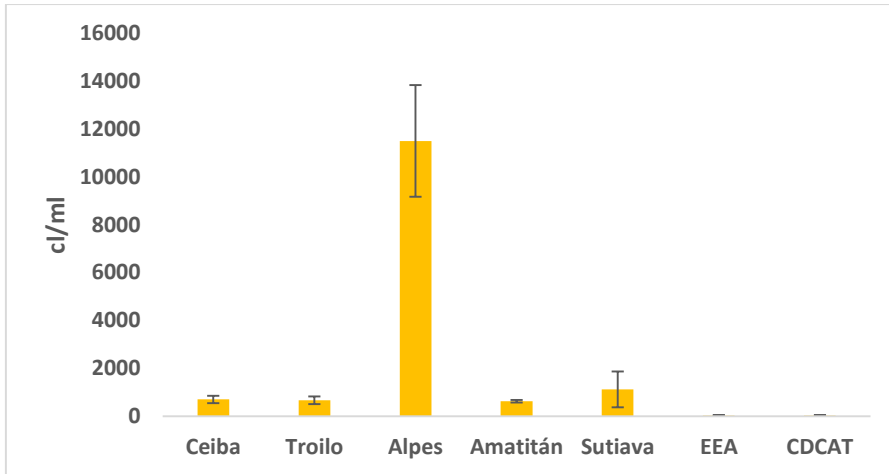
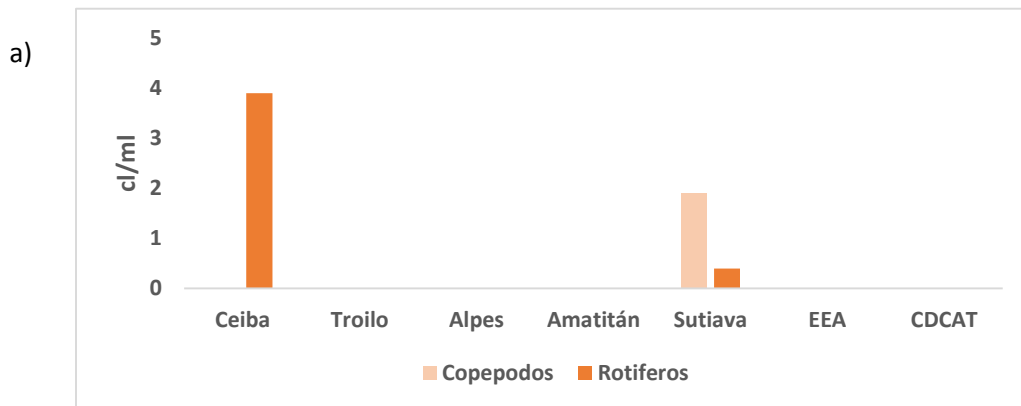


Figura 6. Valores promedio de la concentración de Diatomeas en los sitios muestreados.

Los grupos de fitoplancton deseables en los estanques de peces son las Diatomeas y las algas verdes (Clorophytas), se consideran benéficos y son parte de la cadena alimenticia que incluye a la mayoría de los invertebrados acuáticos y las larvas de peces. Por el contrario, los Dinoflagelados y las Cianobacterias se asocian a una mala calidad del agua y a eutrofización, los flagelados se relacionan con una alta disponibilidad de amonio o de nitrógeno orgánico disuelto el cual puede modificar la sucesión de especies y provocar florecimientos algales nocivos que pueden afectar el sabor, la sobrevivencia y el precio de las especies cultivadas (Sar et. al; 2002). Al determinar la presencia de microalgas en nuestro estudio, se observó que los grupos de microalgas menos abundantes fueron: (Copépodos, Rotíferos), (Dinoflagelados, Euglenas, Protozoos).



b)

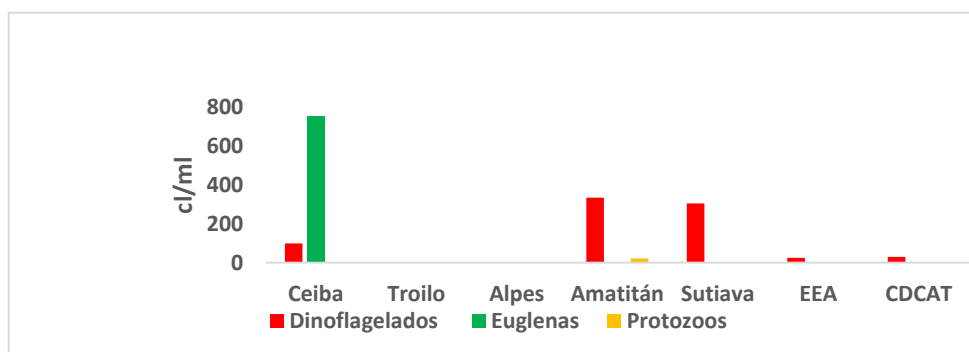


Figura 7. Concentraciones de los grupos de microalgas menos abundantes. a) Copépodos, Rotíferos b) Dinoflagelados, Euglenas, Protozoos.

5.3. Valor promedio de talla y peso de los peces muestreados

Martínez et al; 2009 determina que la tasa específica de crecimiento y el peso final de una producción de peces está relacionado principalmente con la calidad del agua y la conversión Alimenticia (CA), obtenida de la relación entre el alimento consumido y la biomasa del pez (Martínez et al 2009).

Durante el estudio se analizaron 60 organismos con rangos de talla que iban desde 7.84 cm hasta 20 cm de promedio y peso de 7.95 gr hasta 112 gr de promedio (tabla 4).

Tabla 4. Valores promedio de talla y peso de los organismos muestreados.

LOCALIDAD	MUESTRAS EXAMINADAS	Talla	Peso
Amatitán	4	15±1.3	51.58±5.8
Ceiba	2	13±1.4	36±11.7
Troilo	14	8.75±1	10.35±2.9
Alpes	10	7.84±0.4	7.95±1.4
León/ Sutiava	10	12.45±2.2	28.82±16
EEA	14	13.89±2.2	47.47±20.2

CDCAT	6	19.91±3.9	112.36±62.7
-------	---	-----------	-------------

De los 60 organismos muestreados en todas las comunidades 12 presentaron una o más especies de parásitos lo que supone una prevalencia general del 20%, notándose que el mayor valor de prevalencia se presentó en la Estación Experimental Acuícola y en menor porcentaje Troilo, los Alpes y Sutiava.

Tabla 5. Prevalencia de parásitos por puntos de muestreo.

LOCALIDAD	MUESTRAS EXAMINADAS	POSITIVOS	PREVALENCIA (%)
Amatitán	4	0	0
La Ceiba	2	0	0
Troilo	14	2	14
Los Alpes	10	2	20
Sutiava	10	2	20
EEA	14	6	43
CDCAT	6	0	0
Total	60	12	20

Cuando se realizó la identificación de parásitos en las comunidades muestreadas, fueron detectados seis géneros de endoparásitos siendo los de mayor frecuencia de aparición *Ascaris* y *Trematodo* cada uno con 25%, seguido de *Diphyllbothrium* con 18.8% respectivamente (Tabla 7). Al evaluar la parte externa de los peces para identificar ectoparásitos, se observó que la mayoría de las comunidades muestreadas presentaron prevalencia baja. Según la prueba ($X^2 = 3.048$, $p = 0.693$), determinando diferencia significativa, los ectoparásitos identificados fueron *Oodinium* y *Ascari*. (Tabla 7). También se clasificaron taxonómicamente los parásitos encontrados (Tabla 8).

Tabla 6. Parásitos encontrados en los peces de las comunidades muestreadas.

Comunidad	Oodinium	Trematodo	Ascaris	Toxocara	Diphyllbothrium	Trichostongylus	Total
Troilo	1 50%	0 0%	0 0%	0 0%	1 50%	0 0%	2 100%

Alpes	0 0%	2 100%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	2 100%
Sutiava	1 20%	1 20%	1 20%	1 20%	1 20%	0 0%	5 100%
EEA	1 14.3%	1 14.3%	3 43%	0 0%	1 14.3%	1 14.3%	7 100%
Total	3 18.8%	4 25.00%	4 25%	1 6.30%	3 18.8%	1 6.3%	16 100%

Tabla 7.

Identificación de géneros de endo y ectoparásitos identificados en las comunidades muestreadas.

Género	Mucus	Intestino	Total
<i>Oodinium</i>	1 33.3%	2 67.7%	3 100%
<i>Trematodo</i>	0 0%	4 100%	4 100%
<i>Ascaris</i>	1 25%	3 75%	4 100%
<i>Toxacara</i>	0 0%	1 100%	1 100%
<i>Diphyllobothrium</i>	0 0%	3 100%	3 100%
<i>Trichostongylus</i>	0 0%	1 100%	1 100%
Total	2 12.5%	14 87.5%	16 100%

Tabla 8.

Clasificación taxonómica de los parásitos identificados en los puntos de muestreo.

Phylum	Clase	Orden	Género	Zoonosis
<i>Miozoa</i>	<i>Dinophyceae</i>	<i>Thoracosphaerales</i>	<i>Oodinium</i>	Si
<i>Platyhelminthes</i>	<i>Trematoda</i>		<i>Trematodo</i>	Si
<i>Platyhelminthes</i>	<i>Nematoda</i>	<i>Ascaridida</i>	<i>Toxacara</i>	Si
<i>Platyhelminthes</i>	<i>Cestoda</i>	<i>Pseudophyllidae</i>	<i>Diphyllobothrium</i>	Si
<i>Platyhelminthes</i>	<i>Nematoda</i>	<i>Ascarididae</i>	<i>Ascaris</i>	Si
<i>Nelminthes</i>	<i>Secernentea</i>	<i>Stongylida</i>	<i>Trichostongylus</i>	Si

Cuando se determinó evaluar la relación de los parámetros fisicoquímicos con la presencia de endo y ectoparásitos, a través de la correlación de Pearson,

observamos que en el caso de los endoparásitos no presentaron correlación con ninguno de los parámetros, a diferencia de los ectoparásitos quienes si presentaron una correlación alta con la temperatura y el pH.

Tabla 9.

Correlación entre parámetros fisicoquímicos y presencia de endo y ectoparásitos.

		Oxígeno (mg/L)	Temperatura (°c)	pH	amonio (mg/L)	nitrito (mg/L)	nitrat o (mg/L)	Endopará sito	Ectopará sito
Oxígeno (mg/L)	Correlación de Pearson	1	.093	.330	-.510	-.510	.355	-.303	.170
	Sig. (bilateral)		.713	.181	.243	.243	.434	.508	.716
	N	18	18	18	7	7	7	7	7
Temperatura (°c)	Correlación de Pearson	.093	1	.660	-.293	-.293	-.018	.648	.795
	Sig. (bilateral)	.713		.003	.523	.523	.969	.115	.032
	N	18	18	18	7	7	7	7	7
pH	Correlación de Pearson	.330	.660	1	-.404	-.404	.707	.691	.798
	Sig. (bilateral)	.181	.003		.369	.369	.076	.086	.031
	N	18	18	18	7	7	7	7	7
amonio (mg/L)	Correlación de Pearson	-.510	-.293	-.404	1	1.000	-.258	-.258	-.350
	Sig. (bilateral)	.243	.523	.369	.404	0	.258	.576	.441
	N	7	7	7	7	7	7	7	7
nitrito (mg/L)	Correlación de Pearson	-.510	-.293	-.404	1.000	1	-.258	-.258	-.350
	Sig. (bilateral)	.243	.523	.369	.000		.576	.576	.441
	N	7	7	7	7	7	7	7	7
nitrat o (mg/L)	Correlación de Pearson	.355	-.018	.707	-.258	-.258	1	.300	.271
	Sig. (bilateral)	.434	.969	.076	.576	.576		.513	.556
	N	7	7	7	7	7	7	7	7

Endoparásito	Correlación de Pearson	-.303	.648	.691	-.258	-.258	.300	1	.407
	Sig. (bilateral)	.508	.115	.086	.576	.576	.513		.365
	N	7	7	7	7	7	7	7	7
Ectoparásito	Correlación de Pearson	.170	.795	.798	-.350	-.350	.271	.407	1
	Sig. (bilateral)	.716	.032	.031	.441	.441	.556	.365	
	N	7	7	7	7	7	7	7	7

Las enterobacterias más frecuentes en las tilapias que pueden transmitirse a humanos son: *Escherichia coli*, *Klebsiella oxitoca*, *Citrobacter spp.*, *Salmonella spp.*, *Proteus spp.*, *Vibrio spp.*, *Enterobacter spp.* *Shigella*. Comúnmente, las enterobacterias existentes en las tilapias se transmiten al hombre y suelen ocasionar síndromes diarreicos acompañados de fiebre y septicemia; también se describe que estos microorganismos en elevadas cantidades pueden representar un alto riesgo para la salud pública (Corrales, 2011).

Al realizar el diagnóstico bacteriológico para la identificación de agentes bacterianos en nuestro estudio observamos que la presencia de enterobacterias edificadas coincide con lo reportados en otros estudios, lo que representa un problema de salud pública.

Tabla 10.
Enterobacterias identificadas en las comunidades muestreadas.

Comunidad	Muestra de Agua	Muestra de Bazo	Muestra de Hígado
Amatitán	Photorhabdus	Photorhabdus	8- Shigella spp
La Ceiba	Yersinia spp (colonias rosadas)	-----	----

	Yersinia spp. (colonias blancas)		
Troilo	Escherichia coli (colonia rosada)	Escherichia coli	-----
	Kluivera spp (colonia blanca)		
Los Alpes	Escherichia coli (colonia rosada grande)		
	Salmonella spp. (colonia rosada pequeña)		
Sutiava	Hafnia spp.		
ECAV	Enterobacter spp. Photorhabdus		
CDCAT	Escherichia coli (colonia blanca)		
	Escherichia coli (colonia rosada)		
	Enterobacter spp. (colonia rosada)		
	Enterobacter spp. (colonia blanca)		

VI. CONCLUSIÓN

- ✓ Los parámetros fisicoquímicos monitoreados en los estanques se mantuvieron dentro de los rangos estables para el cultivo de tilapia, a excepción del oxígeno, que presentó alteración en sus valores en las comunidades de los Alpes y Troilo. El valor del pH se observó por encima de los rangos, óptimos en la Estación Experimental Acuícola.
- ✓ Se determinó cuatro grupos taxonómicos de microalgas más importantes en los estanques: Dinoflagelados (*Prorocentrum micans*), Diatomeas (*Diatoma*, *Navicula* y *Nitzschia*).
- ✓ Al evaluar la relación entre parámetros y grupos algales se observó que Dinoflagelados y Protozoos presentaban una alta correlación con amonio y nitritos.
- ✓ Las bacterias zoonóticas identificadas en las columnas de agua de los estanques y en los organismos muestreados fueron: *Salmonella* spp, *Escherichia coli*, *Yersinia* spp, *Kuivera* spp, *Hafnia* spp.
- ✓ La cantidad de muestras afectadas por la presencia de Ecto y Endoparásito fueron 12 peces que equivale a un 20%, se encontraron especies de ectoparásitos del género *Oodinium* spp y *Áscaris* spp y endoparásito tales como: *Toxacara*, *Trematodo* spp *Diphyllobothrium* spp, *Trichostrongylus* spp.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar controles sanitarios en acuicultura (Medidas de Bioseguridad y Buenas Prácticas Acuícolas), que permita al productor un mejor desarrollo en la producción y ofrecer al consumidor un producto seguro.
- ✓ Capacitar a los productores sobre la prevención y control de la presencia de agentes infecciosos en los cultivos acuícolas.
- ✓ Implementar medidas profilácticas (Biofiltración) en los afluentes de agua para evitar el ingreso de agentes patógeno a los estanques.
- ✓ Desarrollar monitoreo continuo de los estanques de cultivo para identificar los grupos de microalgas que influyen en la disminución de oxígeno disuelto.
- ✓ Realizar investigaciones sobre incidencia de microalgas del género Euglenas en estanques de producción de peces ya que son indicadoras de mala calidad de agua.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Boyd, C. E. (2000). Environmental assessment of channel catfish *Ictalurus punctatus* farming in Alabama. *Journal of the World Aquaculture Society*.
- Balde, J. C. (1995). *Microalgas: Cultivo y aplicaciones*. Universidad de Coruña.
- Bautista Covarrubias, J. C., Ruiz Velazco Arce, J. A. V. I. E. R., & De Jesús, M. A. R. C. I. A. L. (2011). Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. CONACYT.
- Bautista Covarrubias, J. C., y Ruiz Arce, J. M. (septiembre, 2011). Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. Fuente (8), 10-14. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/2.pdf>
- Becker, E. W. (1997). *Microalgae. Biotechnology and*. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- Benítez, A. C. Enfermedades zoonóticas de interés veterinario transmitidas a través del consumo de productos acuícolas Ángel García Hernández.
- Benítez, A. C. Enfermedades zoonóticas de interés veterinario transmitidas a través del consumo de productos acuícolas Ángel García Hernández.
- Bonilla, F. (2010). Fitoplancton "de los humedales estacionales del bosque".
- Boyd, C. E. (1990). Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. Auburn University, Alabama, Department of Fisheries and Allied.
- Castro Ortiz, A. (2020). Identificación y caracterización de patógenos bacterianos aislados de tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas en la presa del El Gallo, Guerrero, México. [Tesis de grado, Universidad Michoacana de San Nicolas Hidalgo]. Archivo en físico.
- Cordero del Campillo, M. (1999). *Parasitología veterinaria*.
- Corrales, L. C. (2011). Estudio bacteriológico de la calidad del pescado fresco, Bagre (*Pseudoplatystoma* sp.) y Mojarra Roja (*Oreochromis* sp.) comercializado en el municipio de El Colegio, Cundinamarca.

- Campillo, Cordero. (1999). *Parasitología Veterinaria*. Primera edición. España.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [CONABIO]. (2014). Ficha: *Oreochromis niloticus* Linnaeus. http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/LI007_Anexo_1_0_Ficha_Oreochromis_niloticus.pdf.
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas. [ONUDAES]. (2014, 22 de octubre). Decenio Internacional para la Acción El agua Fuente de vida 2005-2015: Calidad de agua. <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/index.shtml>
- Fey, D. A. (2009). *Parásitos branquiales de cuatro grupos genéticos de tilapias, cultivadas en las zonas Centro-Norte del Estado de Veracruz* (Doctoral dissertation, Tesis para optar al grado de maestro en ciencias). Instituto de ecología. AC Xalapa. Veracruz México).
- García, P & Mendoza, A. (2014). Pruebas bioquímicas tradicionales y de alta resolución para identificación manual de enterobacterias, vol. 48. Buenos Aires, Argentina, pp. 250. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53531787011>
- García-Pérez, J., Ulloa-Rojas, J. B., & Mendoza-Elvira, S. (2021). Patógenos bacterianos y su resistencia a los antimicrobianos en los cultivos de tilapia en Guatemala. *Uniciencia*, 35(2)46-59. <https://cenida.una.edu.ni/index.php/2021/05/18/presentan-plan-nacional-de-produccion-consumo-y-comercio-para-2021-2022/>
- Guevara Jerez, F.A. (2007, mayo). Un país con mucha agua y con mucha sed. *Envío digital*. <https://www.envio.org.ni/articulo/3549>
- Herrera, F & Santos, J. (2005). Prevalencia de *Salmonella* spp en pescado fresco expandido en Pamplona (Norte de Santander). Vol 3, pp. 34-42. <https://www.redalyc.org/pdf/903/90330205.pdf>
- Lara-Villa, M. M.-R.-M. (1996). *Fitoplancton: conceptos básicos y técnicas de laboratorio*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

- Lee, Y. (2008). Commercial production of microalgae en the Asia-Pacific rim. *Journal of Applied Phycology*.
- Martínez-Porchas M, Martínez-Córdova LR, Ramos-Enriquez R. Dinámica del crecimiento de peces y crustáceos. *Rev Electrónica Vet*. 2009;10(10):1-16.
- Meyer, D. (2007). Reproducción y cría de alevines de tilapia.
- Mesías, F., Vargas, M., Cueva, A., Manchego, A., Sandoval, N. (2019). Pathogenicity of a *Yersinia ruckeri* Strain from an outbreak of yersiniosis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from Huaraz, Perú. Lima Perú. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S160991172019000100039
- MAAMA. (2013). Aplicaciones de las microalgas: estado de la técnica. Asturias, España: AST Ingeniería S.L.
- Mendoza H, A. d. (2011). Planta piloto de cultivo de microalgas: Desarrollo potencial de nuevas actividades económicas asociadas a la biotecnología en en canarias.
- Gross, B. C. (1998). Use of probiotics for improving soil and water quality in aquaculture ponds. The National Center for Genetic Engineering and Biotechnology. T. W. Flegel.
- GreenFacts. (2022). Glosario. Agua dulce.
- La Gaceta N° 91, 2014. LEY CREADORA DEL INSTITUTO DE PROTECCIÓN Y SANIDAD AGROPECUARIA LEY No 862, Aprobada el 13 de mayo de 2014. Publicada en La Gaceta No. 91 del 20 de mayo de 2014.
- Lim, C.A., y Wenster, C. (2006). Tilapia roja. Clasificación taxonómica [Figura]. Slideshare.
- Ornelas-Luna, R., Aguilar-Palomino, B., Hernández-Díaz, A., Hinojosa-Larios, J. Á., & Godínez-Siordia, D. E. (2017). Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Acta universitaria*, 27(5), 19-25.

- Lim, C.A., y Wenster, C. (2006). Tilapia roja. Clasificación taxonómica [Figura]. Slideshare
<https://es.slideshare.net/estebanmoncayoerazo/manejo-dereproductores-de-tilapia-roja-para-la-produccion-de-alevinos-manejo-decalidad-de-aguas>
- Rey, A. L., Castro, C. I., & Verján, N. (2002). Diagnóstico clínico patológico de brotes de enfermedades en tilapia roja (*Oreochromis spp.*). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 49(1), 13-21.
- Rey, A. L., Castro, C. I., & Verján, N. (2002). Diagnóstico clínico patológico de brotes de enfermedades en tilapia roja (*Oreochromis spp.*). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 49(1), 13-21.
- Rivera, C. (2007). Guía Indicativa Nicaragua y el Sector Pesquero. INPESCA. Centro de Investigaciones pesqueras y acuícolas. Managua, Nicaragua.
- Saavedra Martínez, M. A. (2006). Manejo del cultivo de tilapia.
- Saavedra, M. A. (2003). Introducción al Cultivo de Tilapia. Coordinación de Acuicultura, Departamento de Ciencias Ambientales y Agrarias, Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua. Mayo, 2003.
- Vadillo Machota, S., Mateos Yanes, E. M., & Píriz Durán, S. (2002). *Manual de microbiología veterinaria*.
- Vammen K., Peña E., García, I., Sandoval, E., Jiménez, M., Cornejo, I., Salvatierra, T., Zamorio, M., Wheelock, C., Baltodano, A., y Altamirano, R. (2019). Los retos para proteger la calidad del agua en Nicaragua.
<https://capsnicaragua.org/media/adjuntos/Calidad de Agua Nicaragua.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [FAO]. (2009). *Oreochromis niloticus*.
https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_niletalapia.htm
- Salud Animal. (2021, 3 de diciembre). Cómo mantener la calidad del agua en la cría de tilapias.

<https://www.universodelasaludanimal.com/acuicultura/comomantener-la-calidad-del-agua-en-la-cria-de-tilapia>

<https://www.universodelasaludanimal.com/acuicultura/comomantener-la-calidad-del-agua-en-la-cria-de-tilapias/>

- Organización Mundial de la salud [OMS]. (2018). Salmonella (no tifoidea). [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal))
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (Sf). Aspectos de la calidad asociados con los productos pesqueros. <https://www.fao.org/3/t1768s/T1768S03.htm>
- Salud Animal. (2021, 3 de diciembre). Cómo mantener la calidad del agua en la cría de tilapias.
- Jiménez, A. (2018). ZONOSIS ALIMENTARIAS, YERSINIA spp. Medidas de Vigilancia y Prevención en los Establecimientos Alimentarios. Madrid, España.
- Lopardo, H., Predari, S & Vay, C. 2016. Manual de microbiología clínica de la Asociación Argentina de Microbiología: Enterobacterias. Buenos Aires Argentina. Vol. I.
- Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense sobre la Importación y Movilización de organismos acuáticos en el territorio nacional.
- Ramos, J. (2020). Microbiología de Hafnia alvei. Vol. 38. España.
- Solórzano F, Merlos P. 2021. Kluyvera spp y Kocuria spp patógenos nosocomiales emergentes.

IX. ANEXOS.

Anexo 1.

		Correlaciones													
		Clorophytas	Cyanophytas	Diatomeas	Dinoflagelados	Copépodos	Rotíferos	Euglenas	Protozoos	Oxígeno (mg/L)	Temperatura (°C)	pH	ammonio (mg/L)	nitrito (mg/L)	nitrato (mg/L)
Clorophytas	Correlación de Pearson	1	.080	.148	-.179	-	-	-	-	-.188	.376	.234	-.667	-	-
	Sig. (bilateral)		.508	.223	.138	.017	.736	.976	.062	.456	.124	.350	.148	.148	.906
	N	70	70	70	70	70	70	70	70	18	18	18	6	6	7
Cyanophytas	Correlación de Pearson	.080	1	-	-.060	-	.312	.448	-	-.281	.078	-	-.038	-	-
	Sig. (bilateral)	.508		.066	.620	.437	.008	.000	.227	.259	.757	.355	.944	.944	.767
	N	70	70	70	70	70	70	70	70	18	18	18	6	6	7
Diatomeas	Correlación de Pearson	.148	-	1	-.111	-	-	-	-	.544*	-.161	-	.151	.151	-
	Sig. (bilateral)	.223	.588		.359	.511	.612	.572	.200	.020	.522	.751	.775	.775	.828
	N	70	70	70	70	70	70	70	70	18	18	18	6	6	7
Dinoflagelados	Correlación de Pearson	-.179	-.060	-.111	1	.179	.076	.018	.272*	-.456	-.231	-	.940*	.940	-
	Sig. (bilateral)	.138	.620	.359		.138	.534	.885	.023	.057	.356	.417	.005	.005	.615
	N	70	70	70	70	70	70	70	70	18	18	18	6	6	7
Copépodos	Correlación de Pearson	-.284	-.094	-.080	-.179	1	-	-	-	-.113	.098	.018	. ^a	. ^a	. ^a
	Sig. (bilateral)	.017	.437	.511	.138		.871	.484	.283	.656	.700	.943	.000	.000	.000
	N	70	70	70	70	70	70	70	70	18	18	18	6	6	7

N	70	70	70	70	70	70	70	70	18	18	18	6	6	7	
Rotíferos	Correlación de Pearson	-.041	.312*	-.062	.076	-.020	.1	.560**	-.137	-.101	.173	.023	-.200	-.200	-.083
	Sig. (bilateral)	.736	.008	.612	.534	.871	.000	.257	.689	.492	.929	.704	.704	.860	
	N	70	70	70	70	70	70	70	18	18	18	6	6	7	
Euglenas	Correlación de Pearson	-.004	.448*	-.069	.018	-.085	.1	.560**	.137	.a	.a	.a	.a	.a	.a
	Sig. (bilateral)	.976	.000	.572	.885	.484	.000	.257	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	70	70	70	70	70	70	70	18	18	18	6	6	7	
Protozoos	Correlación de Pearson	-.224	-.146	-.155	.272*	-.130	-.137	-.137	1	-.496*	-.280	-.323	.995**	.995**	-.083
	Sig. (bilateral)	.062	.227	.200	.023	.283	.257	.257	.036	.260	.192	.000	.000	.860	
	N	70	70	70	70	70	70	70	18	18	18	6	6	7	
Oxígeno (mg/L)	Correlación de Pearson	-.188	-.281	-.544*	-.456	-.113	-.101	.a	-.496*	1	.093	.330	-.539**	-.539**	.024
	Sig. (bilateral)	.456	.259	.020	.057	.656	.689	.000	.036	.713	.181	.270	.270	.959	
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	6	6	7	
Temperatura (°C)	Correlación de Pearson	.376	.078	-.161	-.231	.098	.173	.a	-.280	.093	1	.603*	-.336	-.336	.209
	Sig. (bilateral)	.124	.757	.522	.356	.700	.490	.000	.260	.713	.003	.514	.514	.653	
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	6	6	7	
ph	Correlación de Pearson	.234	-.232	-.080	-.204	.018	.023	.a	-.323	.330	.660*	1	-.428	-.428	.173
	Sig. (bilateral)	.350	.355	.751	.417	.943	.920	.000	.192	.181	.003	.398	.398	.710	
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	6	6	7	

amoni o (mg/ L)	Correlaci ón de	-	-	.15	.940*	^a	-	^a	.995*	-.539	-.336	-	1	1.00	-
	Pearson	.667	.038	1	*		.20		*			.4		0**	.250
	Sig. (bilateral)	.148	.944	.77	.005	.000	.70	.00	.000	.270	.514	.3		.000	.685
	N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
nitrito (mg/L)	Correlaci ón de	-	-	.15	.940*	^a	-	^a	.995*	-.539	-.336	-	1.00	1	-
	Pearson	.667	.038	1	*		.20		*			.4	0**		.250
	Sig. (bilateral)	.148	.944	.77	.005	.000	.70	.00	.000	.270	.514	.3	.000		.685
	N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5
nitrato (mg/ L)	Correlaci ón de	-	-	-	-.233	^a	-	^a	-	.024	.209	.1	-.250	-	1
	Pearson	.056	.139	.10			.08		.083			.73		.250	
	Sig. (bilateral)	.906	.767	.82	.615	.000	.86	.00	.860	.959	.653	.7	.685	.685	
	N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	7

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

a. No se puede calcular porque al menos una variable es constante.

Anexo 2.

Toma de Parámetros Fisicoquímicos.

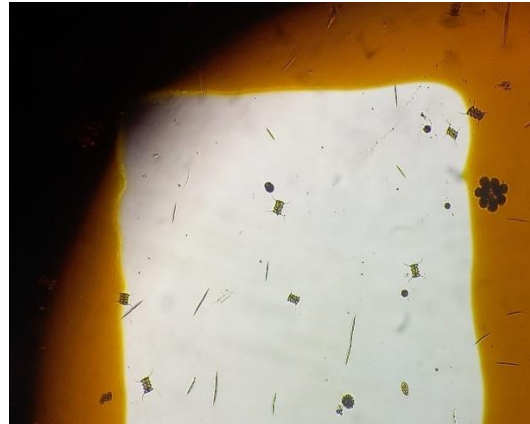




Anexo 3. Obtención y traslado de los peces utilizados para la extracción de mue



Anexo 4. Especies de Microalgas encontradas en muestras de agua.



Anexo 5. Disección y Análisis Patológico.

Anexo 6. Identificación de crecimiento bacteriano en medios de cultivo



Anexo 7. Identificación de agentes bacterianos mediante pruebas bioquímicas

