

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA  
UNAN –LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
CARRERA INGENIERÍA ACUÍCOLA**



**Tesis previa para optar al título de Ingeniero Acuícola.**

**Catálogo de Especies de Fitoplancton asociadas a la acuicultura de Tilapias.**

**AUTORES:**

**Br. Guillermo Salvador Díaz Reyna.**

**Br. Haymenrique Prieto Ríos.**

**León, Agosto 2015**

**¡A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD!**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA  
UNAN –LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
CARRERA INGENIERÍA ACUÍCOLA**



**Tesis previa para optar al título de Ingeniero Acuícola.**

**Catálogo de Especies de Fitoplancton asociadas a la acuicultura de Tilapias.**

**AUTORES:**

**Br. Guillermo Salvador Díaz Reyna.**

**Br. Haymenrique Prieto Ríos.**

**Tutor:**

**Dr. Evenor Martínez González.**

**Co-tutor:**

**Ing. Carmen Hernández.**

**León, Agosto 2015**

**¡A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD!**

## **DEDICATORIA.**

Primeramente le agradezco a Dios por regalarme la existencia, la salud, la oportunidad de haber cumplido este sueño que es haber culminado mi carrera, la sabiduría, la fortaleza, la voluntad y la determinación de tener claro lo que quería para mi futuro.

Agradezco a mis padres Francisca Teresa Ríos y a Henry Pastor Prieto. Por ser parte fundamental en esta etapa de mi vida que estoy culminando por su gran apoyo incondicional que me brindó todo este largo trayecto de mi vida. Que sin ellos nada hubiera sido posible.

A mi compañero Guillermo Salvador Diaz Reyna por su apoyo y consejos que me brindo todo este tiempo incondicionalmente.

Doy gracias a mis profesores especialmente al Dr. Evenor Martínez, MSc. Claudia Herrera, por brindarnos todos sus conocimientos, fundamentos prácticos y teóricos, disposición y paciencia y así poder aprender de todos sus conocimientos y ser una excelente estudiante, a mis compañeras y compañeros que me han brindado su colaboración en a lo largo de estos 5 años de nuestras vidas.

*Br. Haymenrique Prieto Ríos.*

## **DEDICATORIA.**

Dedico este trabajo de Tesis a:

Dios padre y madre, por darme le don de la vida, por la sencillez y la humildad con la que se me ha mostrado a lo largo de mi vida y por la gentiliza de seguir creciendo junto a mí y seguirme soñando a diario con un futuro que me abriga y me acoge en su regazo.

A mi madre Amalia Reyna y mi papá no de sangre pero si muy especial en mi Juan Hernández, por todo el apoyo que recibí de ambos, este logro no es solo mío sino vuestro también, a mi familia en general por creer en mí, por darme fuerza de aliento en momentos de flaqueza; a mis amigos con los que estoy seguro que siempre puedo contar, en especial a Victoria Hernández (Q.E.P.D.), desde donde estés sé que aun sigues apoyándome.

A mi segunda familia la congregación de MMB, con la cual estoy muy identificado, con la entrega de este carisma que nos hace trascender, Gracias por ser mujeres que trascienden día a día en mi vida.

Al Dr. Evenor Martínez G., a MSc. Claudia Herrera, por su labor y por el apoyo incondicional que me brindaron en este trabajo, a la Ing, Carmen Hernández por sus consejos y apoyo durante la investigación, a cada uno del equipo de ingenieros acuícolas que laboran como docentes para nuestra formación por su esmero y dedicación para mejorar la educación con aprendizajes que marcan nuestras vidas, los cuales la moldean para ser mejores profesionales en el futuro.

A mis compañeros y compañeras de clase a los que terminamos juntos y a los que les falta, gracias porque aprendí de cada uno de ustedes, y el dejarse conocer fue lo mejor que nos pudo pasar.

*Br. Guillermo Salvador Díaz Reyna.*

## **AGRADECIMIENTO.**

*“Aprendimos que no se puede dar marcha atrás, que la esencia de la vida es ir hacia delante. La vida en realidad es una calle de sentido único ahora el reto es seguir de frente, buscando y conquistando ideales.”*

Agradecemos a cada una de las personas que de una u otra manera apoyaron nuestro trabajo de tesis, al Dr. Evenor Martínez, por todos los conocimientos que nos compartió a lo largo de todo este tiempo, MSc. Claudia Herrera Sirias, A la Lic. Brenda Rosales por su apoyo en el préstamo de algunos materiales que se utilizaron en este trabajo.

A nuestros familiares, padres, madres, hermanos/as, primos/as, Sobrinos/as, amigos y amigas por creer en nosotros en que podíamos y podemos seguir conquistando nuestros sueños.

*Br. Haymenrique Prieto Ríos.*

*Br. Guillermo Salvador Díaz Reyna.*

## RESUMEN.

El presente estudio se realizó con el propósito de conocer, identificar y clasificar, la diversidad de especies de fitoplancton asociadas a la acuicultura de Tilapias, del Centro De Investigación Hidrológica Y De Agua Dulce (CIHAD) en los meses de Septiembre y Octubre 2015. Las muestras de los organismos fitoplanctónicos se identificaron a nivel de género y se estimó la densidad poblacional (Cel/ml). Durante el periodo de estudio la comunidad de fitoplancton estuvo representada por las siguientes divisiones taxonómicas que son: Clorofitas, Diatomeas, Cianofitas, sin encontrar la división de los Dinoflagelados, sobresaliendo las especies de clorofitas en todos los muestreos. Se utilizaron 3 estanques de cultivos, el agua era extraída de un pozo con una profundidad de 30 metros. Se tomaban muestreos en cada una de los 3 estanques cada 4 días observando la coloración del agua, la recolecta de la muestra se hacía entre las 11 am y las 1 pm. Los resultados obtenidos en nuestra investigación son los siguientes: en el estanque 1 encontramos Oxígeno que oscilaban entre los 1.1mg/lt y los 4.7 mg/lt, en el estanque 2 el oxígeno estaba entre 1.16 mg/lt y 3.8 mg/lt y el estanque 3 presentó oxígeno entre 1.15 mg/lt y 3.6 mg/lt. en cuanto a temperatura en el estanque 1, una fluctuación entre los 28,4 y los 33.6 °C, el estanque 2, registro temperatura que variaban entre los 27, 5 y los 33,3 °C, para el estanque 3, la oscilación de la temperatura entre los 28 y los 33,4 °C, en cuanto a pH, el estanque 1 se registró un pH de 7,8 y 10,6, para el estanque 2 la fluctuación es de 7,2 y 11 presentando el valor más alto entre cada uno de los estanques, para el estanque 3 la variación de pH fue 7,8 y 10,3. El mayor crecimiento de algas estuvo en el estanque 2 con un total de 165,000 Cel./ml , seguido encontramos al estanque 1 con un total de 157,500 cel./ml y por último el estanque 3 en el que encontramos 152,500 cel./ml.

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	2
General: .....	2
Específicos: .....	2
<b>III. LITERATURA REVISADA</b> .....	3
<b>3.1 FITOPLANCTON</b> .....	3
3.1.1. Hábitat. ....	5
3.1.2 Ciclo de vida. ....	5
3.1.3. Clasificación.....	6
3.1.4. Importancia Ecológica del Fitoplancton. ....	15
3.1.5. Enfoque Fisiológico. ....	18
3.1.6 Conteo e identificación de fitoplancton. ....	19
3.1.6.1 Uso del hematocitómetro .....	20
3.2 Coloraciones de las agua según el tipo de fitoplancton. ....	22
3.3. CALIDAD DE AGUA. ....	24
3.3.1 Temperatura.....	24
3.3.3 Oxígeno Disuelto.....	25
3.3.4. pH. ....	28
3.4 Características de la Tilapia <i>Oreochromis Sp.</i> .....	29
3.4.1. Clasificación Taxonómica de la tilapia.....	30
5.5. Índice de diversidad de Shannon Wiener. ....	31
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	32
4.1 Localización del área de estudio. ....	32
4.2 Fuente de agua y flujo en las instalaciones .....	32
4.3 Realización del estudio. ....	33
4.4 Factores físicos-químicos: .....	33
4.4.1 Oxígeno Disuelto.....	33
4.4.2 Temperatura.....	34
4.4.3. pH. ....	34
4.5. Conteo e identificación de fitoplancton. ....	34
4.6 Índice de diversidad e índice de riqueza.....	36
4.7. Prueba de confiabilidad de los resultados.....	37

<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>38</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>57</b>
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>67</b>



## I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una de las mejores técnicas ideadas por el ser humano para incrementar la producción de alimento y el desarrollo económico sostenible, además que se presenta como una nueva alternativa para la administración de los recursos acuáticos, dentro de la rama de la acuicultura podemos encontrar lo que es el cultivo de Tilapias siendo estas de gran demanda en el mercado internacional, el fitoplancton es uno de los factores claves del cultivo de tilapias, y al ser uno de los principales métodos de alimentación en las tilapias no se le ha prestado la atención necesaria que permita valorar la importancia del fitoplancton dentro de la cadena de producción, por ello esta investigación que consiste en elaborar de un Catálogo de fitoplancton asociado a la acuicultura de tilapia.

La importancia del fitoplancton en la acuicultura radica, en que se encargan de la producción de oxígeno y también como alimento para las especies que están siendo cultivadas, los costos de producción bajaran gracias a la productividad primaria debido a que esta sirve como alimento dentro del estanque.

Con este estudio se elaboró un catálogo de las especies de fitoplancton que están asociadas al cultivo de tilapias, reafirmando la importancia que estas tienen en la acuicultura, de esta manera se beneficiará a los pequeños y medianos productores de este rubro para que afiancen su conocimiento en base al fitoplancton y así mejorar la calidad del producto y la producción con el fin de prestar mayor importancia a la especies de fitoplancton, principalmente a las especies de

## II. OBJETIVOS.

General:

Elaborar un Catálogo con las Especies de Fitoplancton asociadas a la acuicultura de Tilapias.

Específicos:

1. Monitorear las variaciones de los factores Físicos y Químicos (Oxígeno, temperatura y pH), verificando su efecto sobre el crecimiento del fitoplancton.
2. Identificar las especies de fitoplancton asociadas al cultivo de tilapias presentes en las muestras de agua obtenidas, definiendo sus características.
3. Mostrar la dinámica de las poblaciones de los cuatro grupos de fitoplancton presentes en 3 estanques cultivados con tilapias.
4. Determinar la importancia ecológica (índice de riqueza de especies, índice de diversidad), del Fitoplancton encontrado en los estanques donde se cultivan Tilapias.

### III. LITERATURA REVISADA

#### 3.1 FITOPLANCTON.

El término fitoplancton proviene del griego φυτόν (phyton - planta) y πλαγκτός (planktos - errante). Es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua, algunas especies son heterotróficas por cortos periodos, (Reynolds, 1984);

El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. De acuerdo con Reynolds (1996) el tamaño de los organismos que componen el fitoplancton es: picoplancton (0.2-2  $\mu\text{m}$ ), nanoplancton (2-20  $\mu\text{m}$ ), microplancton (20-200  $\mu\text{m}$ ) y mesoplancton (200-2000  $\mu\text{m}$ ). (Kilham y Hecky, 1988).

El fitoplancton se ha usado ampliamente como indicador del estado trófico de las masas de agua y es adecuado para la determinación y seguimiento de las presiones fisicoquímicas relacionadas con:

1. Contaminación orgánica (soluble y particulada).
2. Cambios en la mineralización del agua.
3. Eutrofización.

Además, el fitoplancton es indicador de las presiones hidro-morfológicas que determinan cambios en la tasa de renovación del agua en los sistemas estuarinos. El fitoplancton es un indicador de cambios a corto plazo, debido a que sus ciclos vitales son cortos y responden rápidamente a los cambios ambientales.

Las diatomeas son el grupo más diverso de las microalgas bentónicas, suelen constituir entre el 80 y el 90% de la comunidad de perifiton (comunidad microbótica que vive sobre sustratos sumergidos de diferente naturaleza e incluye micro-algas, bacterias, hongos y protozoos). Son cosmopolitas y sus

requerimientos ecológicos son conocidos para muchas de sus especies, y son los mismos en diferentes regiones geográficas.

Tienen como ventaja adicional la buena manipulación y conservación de las muestras, lo que se debe en parte al esqueleto de sílice (la frústula), de elevada resistencia y cuyas características morfológicas son la base de la identificación de las especies. (Boyd, 1998).

También presentan una respuesta rápida a los cambios que se producen en su entorno, por su elevada tasa de reproducción.

La importancia del fitoplancton en la calidad de agua radica en:

- Componente importante en las cadenas tróficas ya que constituyen la base de la cadena alimentaria
- Representan un sistema eficiente para la bio-conversión de la energía luminosa asociada a la utilización de los elementos nutritivos (nitrógeno, fosforo y otros elementos como hierro, cobre, molibdeno, silicio et.) en materia orgánica, alimento disponible para el resto de la biota acuática.
- Proporcionan cerca del 70% de oxígeno atmosférico, además parte del oxígeno producido es utilizado por los organismos restantes de la biota para su respiración.
- Juega un papel importante en el reciclaje de nutrientes. (Martínez & Zapata, 1997).

El efecto del tamaño sobre la tasa de sedimentación es una adaptación de las células para permanecer en la zona fótica. Células esféricas o elipsoidales se hunden más lentamente, mientras las formas grandes, elongadas o complejas,

reducen esta capacidad. Los dinoflagelados como *Ceratium* mantienen su posición en la columna de agua por su migración activa y por el cambio de la forma y tamaño de sus proyecciones. Las paredes silíceas de las diatomeas pueden resultar pesadas y ser susceptibles al hundimiento.

Algunas cianobacterias y desmidias producen mucílagos extracelulares, lo que les ayuda a su flotabilidad, además de la presencia de vesículas de gas que las mantienen en la columna de agua como en *Anabaena flos-aquae* y *Microcystis aeruginosa* (Wehr, 2003).

### **3.1.1. Hábitat.**

El fitoplancton de aguas continentales se desarrolla en ambientes lénticos que incluyen aguas estancadas como lagos, lagunas y embalses, estanques para acuicultura; en ambientes lóticos de agua corriente unidireccional, como los manantiales, ríos, arroyos, cascadas y canales. Las condiciones ambientales en los lagos y ríos varían por su tamaño, profundidad, temperatura, luz, transparencia, oxígeno, nutrientes, pH y salinidad. Los ecólogos utilizan el término “aguas interiores” para abarcar la variedad de intervalos en los sistemas acuáticos continentales (Wehr, 2003).

### **3.1.2 Ciclo de vida.**

Los ciclos de vida de las algas fitoplanctónicas son cortos e incluyen la formación de esporas de resistencia, con las cuales sobreviven durante periodos desfavorables y como una forma de conservar su diversidad genética, incluye procesos asexuales y sexuales, se define por el sitio donde ocurre la meiosis durante la reproducción sexual. En el ciclo cigótico (H, h) la meiosis sucede después de la germinación del cigoto, sus productos son haploides (h) y sólo el cigoto es diploide (d), este ciclo se presenta en la mayoría de los grupos fitoplanctónicos.

En el ciclo gamético (H, d) la meiosis ocurre durante la diferenciación de los gametos (n) por lo que el organismo de vida libre es diploide, éste se presenta principalmente en las diatomeas (Bold y Wynne, 1985).

### **3.1.3. Clasificación.**

El fitoplancton presenta una gran biodiversidad, encontrándose diversas especies en función de las condiciones naturales del lugar y de la presencia o ausencia de nutrientes, episodios de eutrofización, etc:

Las especies que podemos encontrar:

- Diatomeas
- Dinoflagelados
- Cianofíceas.
- Clorofíceas.

#### **3.1.3.1. Diatomeas.**

Las diatomeas son un grupo de microalgas unicelulares y eucarióticas pertenecientes a la Clase Bacillariophyceae. Estos microorganismos presentan un rango de tamaño que fluctúa entre 50 y 500  $\mu\text{m}$  (Microplancton).

Son estrictamente autótrofas, presentan pigmentos fotosintéticos como la clorofila a y c, betacarotenos, fucoxantina, diatoxantina y diadinoxantina. Una característica especial de este tipo de algas es que se encuentran rodeadas por una pared celular única hecha de sílice (dióxido de silicio hidratado) llamada frústula. Se las encuentra solitarias o conformando cadenas. En este último caso las diferentes especies presentan distintas estrategias o formas de unión entre las células. La taxonomía de este grupo se basa en dos aspectos principales: la simetría y las características de su pared celular.

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

Por sus características y requerimientos se las considera las únicas algas verdaderas (son estrictamente autótrofas, no presentan ninguna estructura propia del reino animal, tienen una amplia distribución mundial), y constituyen el grupo más importante del fitoplancton debido a que contribuyen con cerca del 90% de la productividad de los sistemas. En nuestra zona, y bajo condiciones normales, siempre predominan por sobre los otros grupos, ya que se ven especialmente favorecidas por los eventos de surgencia que aportan aguas frías y ricas en nutrientes hacia la superficie.

Se las encuentra solitarias o conformando cadenas. En este último caso las diferentes especies presentan distintas estrategias o formas de unión entre las células. La taxonomía de este grupo se basa en dos aspectos principales: la simetría y las características de su pared celular.

En lo que se refiere a su pared celular, ésta es una estructura rígida constituida por sílice hidratada y proteínas, y se denomina frústulo o teca. Este frústulo o teca se encuentra formado por dos partes que se unen como las piezas de una caja, que reciben el nombre de semitecas, la semiteca superior se llama epiteca y la inferior hipoteca.

Tanto la epiteca como la hipoteca constan de porciones perfectamente delimitadas. La región superior de la epiteca y la inferior de la hipoteca se denominan valvas y, según corresponda, se nombran epivalva e hipovalva, por otra parte, los bordes de las semitecas reciben el nombre de pleuras, existiendo

una epipleura e hipopleura, en base a lo anterior, y a la región del frústulo que se esté observando de un ejemplar, será la denominación que reciba la vista, esto es: si se observa la epivalva o hipovalva será una vista valvar, si se observan las pleuras, entonces será una vista pleural.

Los frústulos de las diatomeas presentan una serie de ornamentaciones tales como aréolas, poros, bandas, etc., o bien presentan prolongaciones o proyecciones. También, es común la presencia de estructuras accesorias o externas como membranas, setas, espinas que sirven para la unión de las células en cadena. En algunas especies de diatomeas con simetría bilateral existe una estructura central que recorre toda la célula denominada rafe. (Boyd, 1995)

Respecto de la simetría, las diatomeas se dividen en dos grupos: aquellas de simetría radial (Orden Biddulphiales o Centrales) y las de simetría bilateral (Orden Bacillariales o Pennales). Las relaciones de simetría pueden establecerse determinando los ejes presentes en cada grupo.

Las diatomeas de simetría radial presentan dos ejes: eje pervalvar, que une los puntos medios de cada valva, y el eje transversal o diámetro, perpendicular al anterior.

Las diatomeas de simetría bilateral presentan tres ejes: eje pervalvar, que une los puntos medios de cada valva, eje apical, que une los extremos del frústulo, y eje transapical, que recorre la célula de pleura a pleura. (Boyd, 1995)



### **3.1.3.2. Cianofíceas.**

Las cianofíceas, también llamadas cianófitas o cianobacterias, son microorganismos procarióticos, puesto que carecen de membrana nuclear. Estos microorganismos presentan pigmentos fotosintéticos como la clorofila, carotenos como las xantofilas (mixoxantina, flavacina, luteína y zeaxantina) y ficocianina, un pigmento de color azulado por el cual se les debe su nombre como algas verde azuladas.

Las cianobacterias son en general organismos fotosintetizadores, pero algunas viven heterotróficamente. Estas microalgas comparten con algunas otras bacterias la capacidad de usar N<sub>2</sub> atmosférico como fuente de nitrógeno. Las cianobacterias son organismos unicelulares o pluricelulares. La reproducción de las algas verde - azul se lleva a cabo por división celular por fragmentación de colonias o de filamentos, y por esporas.

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

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

Las Cianofíceas o Cianofitas son células procariontes cuyo tamaño puede fluctuar entre 0,5 y 70 µm de diámetro, por lo cual se las ubica dentro del nanoplancton. Presentan tres grupos morfológicos: unicelulares solitarias o asociadas, cenobios no filamentosos y cenobios filamentosos.

Los cenobios no filamentosos pueden ser regulares o irregulares. Los cenobios regulares resultan según los planos en que se dividan las células: si se dividen en dos planos resulta un cenobio laminar, y si se dividen en tres planos resulta un cenobio cúbico. Los cenobios irregulares no presentan una forma definida.

Los cenobios filamentosos se forman por divisiones unidireccionales constituyendo filas de células que se denominan tricomas. Existen formas en las cuales uno o más tricomas se encuentran rodeados por una vaina común, en ese caso se denominan filamentos

Sólo presentan reproducción asexual, a través de esporas (endo o exosporas) y de hormogonios y hormosporas. También se considera estructura reproductiva una célula especializada que poseen algunos géneros filamentosos denominada aquineta, la cual corresponde a unas esporas de resistencia que le permite a la especie perdurar durante períodos de condiciones desfavorables. Finalmente, en algunos géneros, tales como *Arthrospira* o *Spirulina*. La reproducción asexual se ve favorecida por fragmentación.

Otra célula especializada que también poseen algunos géneros filamentosos corresponde al heterocisto, la que difiere del resto por su mayor tamaño y contenido hialino. El heterocisto tiene como función fijar el nitrógeno libre.

Las algas azul-verdosas han sido consideradas responsables de la temprana acumulación de oxígeno en la atmósfera terrestre. Ellas están presentes en aguas de variado rango de salinidad y temperatura, en suelos húmedos y rocas. Las algas azul-verdosas son planctónicas, de las cuales algunas microscópicas planctónicas tienen gran importancia para los laboratorios marinos comerciales y también para la industria. Algunas especies como la *Anabaena flor-aquae* y la *Macrocyctis aeruginosa* son responsables de envenenamiento en animales como peces y crustáceos, siendo también dañinas para el hombre, a quien pueden causar dermatitis. (Anónimo 3, 1981)

Entre los organismos vivos sólo las bacterias y las algas azul-verdosas son procarióticos, es decir que no tienen núcleo circundado por una membrana. La pared celular de estas algas está rodeada por una envoltura o capa viscosa mucilaginoso compuesta por ácidos pectínicos y mucopolisacáridos. Los compuestos fotosintéticos o tilacoides no están encerrados en membranas a manera de cloroplastos, como ocurre en otras algas clorofilosas, al contrario, los tilacoides están libres en el citoplasma.

También presentan los pigmentos accesorios en forma de pequeñas partículas llamadas ficobilisomas, distribuidas en el protoplasma celular, entre las que se mencionan c - ficocianina, c - aloficocianina y c – ficoeritrina. Los dos primeros ficobilisomas son azules y el restante es rojo, todos ellos compuestos por proteínas con grupos cromofóricos. Estos pigmentos accesorios al parecer transfieren energía lumínica que es absorbida por la clorofila-a.

Las algas cianofitas contienen especies unicelulares, coloniales y filamentosas. Las formas coloniales presentan sus células embebidas en matrices de polisacáridos que pueden ser planas, esféricas o de forma irregular. Las células de la colonia son similares e indiferenciadas unas con otras y las colonias son no xenóbicas - colonias o unidades de células con marcada distinción entre unidades vegetativas y reproductivas

### **3.1.3.3 Clorofíceas.**

Son algas verdes, las cuales presentan clorofila a y clorofila b cuyo tamaño comprende desde las microscópicas, unicelulares, hasta las grandes algas formadas por filamentos de considerable longitud. Sus especies se hallan profusamente distribuidas por todo el mundo. Todas contienen clorofila, lo que les permite sintetizar sustancias alimenticias a partir de materias minerales, adicionalmente tienen carotenoides como la luteína. Los alimentos sobrantes los almacenan en forma de almidón. (Lee, 2008).

Su reproducción tanto puede ser sexual como asexual; incluso algunas especies presentan una reproducción con alternación de generaciones. Las clorófitas son principalmente de agua dulce, con 90%, el 10% restante son organismos marinos. Las especies de agua dulce son cosmopolitas, las marinas tienden a estar en aguas tropicales. (Lee, 2008).

A pesar de las diferencias entre las divisiones de algas todas comparten un grupo de características comunes: poseen clorofila y son fotosintéticas. Todas requieren oxígeno para la respiración y lo producen en la fotosíntesis. Todas se diferencian de las plantas superiores por cuanto no poseen ramas, frutos, etc., con la excepción de las Laminarias “kelp”, que se fijan con raíces y presentan ramificaciones. Ninguna de las algas desarrolla sistemas de conducción.

La estructura básica de las algas verdes es semejante al de las plantas superiores, por lo que se cree que éstas evolucionaron a partir de las primeras. Las algas verdes poseen un protoplasma que contiene un núcleo, nucleolo, vacuolas, ribosomas, mitocondrias, cloroplastos y retículo sarcoplásmico. Sus cloroplastos contienen abundante clorofila-a, propio de las células eucarióticas fotosintéticas y clorofila-b que también está presente en plantas superiores. También poseen xantófilas (pigmento amarillo) y carotenoides (pigmentos anaranjados) que son accesorios.

Las algas verdes poseen pirenoides que funcionan como depósitos de almidón y yacen dentro de los cloroplastos. Las manchas oculares se las encuentran en las algas verdes mótils y las conforman gránulos compactados de carotenoides. Posiblemente estas manchas tienen respuesta positiva a la luz. Su motilidad se debe a la presencia de flagelos que están en número de 2 - 4 y de igual tamaño.

Las formas de las células son múltiples y los modos de reproducción son variados. En muchas clorofilas multicelulares la reproducción asexual es por fragmentación de colonias. Esporas asexuales también se dan en muchas algas verdes, siendo

las mitosporas aquellas producidas por mitosis. Si las esporas son móviles (flageladas) se llaman zoosporas. (Lee, 2008).

La reproducción sexual también ocurre en casi todas las clorofitas, siendo una excepción la *Chlorella* sp. en la que no se ha visto sexualidad. En lo que respecta a la reproducción sexual de las clorofitas se dan tres variaciones en base a los gametos: *Isogamia*, *Anisogamia* y *Oogamia*.

La anisogamia y la oogamia son características en plantas más desarrolladas. En todos los casos los gametos son producidos en células llamadas gametangias, que cuando son liberados, si son móviles, nadan en el agua antes de combinarse con sus parejas para formar los cigotos. Las algas verdes presentan tres grandes grupos en base a su organización celular:

- Células móviles individuales o colonias.
- Colonias compuestas de células no móviles.
- Algas de organización multinucleada tubular.

Un ejemplo del primer grupo está representado por el género *Chlamydomonas*, alga unicelular biflagelada de agua dulce con una tremenda velocidad de multiplicación (asexual) cuando los nutrientes, la luz y la temperatura son óptimos. Una sola célula puede dividirse hasta ocho veces en un día. El segundo grupo incluye formas unicelulares y filamentosas multicelulares, un ejemplo es el género *Chlorococcum*, alga unicelular de agua dulce que se reproduce asexualmente por formación de zoosporas. Un ejemplo del tercer grupo lo constituye la *Acetabularia*, que es un alga de agua salada multicelular. Su reproducción asexual ocurre con la formación de zoosporas que dan origen a un cigote y finalmente la planta.

#### **3.1.3.4. Dinoflagelados.**

Los dinoflagelados son organismos unicelulares, los cuales corresponden a un grupo del fitoplancton marino de carácter cosmopolita. Sus poblaciones se distribuyen en función de la temperatura, salinidad y profundidad. Sus características morfológicas y requerimientos nutritivos los hacen exitosos desde el punto de vista reproductivo y de crecimiento, en aguas tropicales, donde la estabilidad en la columna de agua es mayor y la concentración de nutrientes más baja.

El tamaño de los dinoflagelados fluctúa entre 50 y 500  $\mu\text{m}$ , por lo que se les ubica dentro del microplancton, y pueden ser divididos en dos grandes grupos diferenciados por la presencia o ausencia de placas de naturaleza celulósica en su pared celular o anfiesma, de acuerdo a esta característica se les denomina tecados o atecados respectivamente.

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

##### **3.1.3.4.1 Dinoflagelados atecados**

La morfología de este grupo de dinoflagelados es difícil, ya que su condición de organismos desnudos hace difícil su preservación, con la formalina se destruyen o pierden su forma original. Un buen agente para este grupo es la solución de yodo con la que se fijan las muestras para recuento

Por convención la estructura celular de los atecados se divide en dos regiones una superior o epicono y una inferior o hipocono, ambas separadas por el cingulum, que corresponde a un surco transversal que rodea a toda la célula y que aloja al flagelo transversal, en el hipocono, y en posición ventral, se encuentra el sulcus, el cual corresponde a un surco longitudinal que aloja al flagelo longitudinal. (Guiry & Guiry, 2011).

#### **3.1.3.4.2 Dinoflagelados tecados**

La estructura celular de este grupo se basa también en dos regiones denominadas epiteca la superior, e hipoteca la inferior. Al igual que en los atecados, ambas se encuentran separadas por el cingulum, que aloja al flagelo transversal, y en la región ventral de la hipoteca se encuentra en sulcus que aloja al flagelo longitudinal.

Los dinoflagelados tecados, además de diferenciarse de los atecados por la presencia de placas, también lo hacen porque generalmente la epiteca e hipoteca presentan prolongaciones denominadas cuernos. La epiteca se prolonga en un cuerno apical, y la hipoteca en dos cuernos antapicales, los cuales en algunas especies corresponden a espinas.

La dirección en que se proyectan los cuernos antapicales puede variar en las diferentes especies, es decir, se pueden disponer hacia arriba, casi paralelos al cuerno apical, o bien hacia abajo. El grupo de los tecados también se caracteriza por la presencia de estructuras accesorias: aleta o expansiones aliformes, espinas, etc. Todas se utilizan como una característica taxonómica.

Las placas de naturaleza celulósica que forman parte de la pared de estos organismos, son consideradas como la característica taxonómica más importante, ya que su forma, número y posición es propia de cada especie. (Guiry & Guiry, 2011).

#### **3.1.4. Importancia Ecológica del Fitoplancton.**

El fitoplancton se encuentra en la base de la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos, ya que sirve de alimento a organismos mayores; es decir realiza la parte principal de la producción primaria en los ambientes acuáticos, sobre todo los marinos.

Pero además de eso, el fitoplancton es el responsable original de la presencia de oxígeno (O<sub>2</sub>) en la atmósfera. La fotosíntesis oxigénica apareció evolutivamente con las cianobacterias, antepasadas además de los plastos de las algas eucarióticas. Durante casi 2.000 millones de años, hasta el desarrollo de las plantas terrestres, la fotosíntesis estuvo prácticamente restringida a los mares. La mayor parte de la producción primaria fotosintética de los mares, entonces como ahora, es atribuible al fitoplancton, con una parte menor debida a organismos bentónicos. (Cortés-Altamirano, 1989).

El fitoplancton también puede ser responsable de algunos problemas ecológicos cuando se desarrolla demasiado: en una situación de exceso de nutrientes y de temperatura favorable, estos organismos pueden multiplicarse rápidamente formando lo que se suele llamar florecimiento (o "bloom", la palabra inglesa más usada). En esta situación, el agua se vuelve de color verdoso, pero rápidamente (1-2 días, dependiendo de la temperatura) se vuelve amarillada, cuando el plancton agota los nutrientes y comienza a morir. A esa altura, la descomposición más o menos rápida de los organismos muertos puede llevar al agotamiento del oxígeno en el agua y, como consecuencia, a la muerte masiva de camarones, peces y otros organismos.

Esta situación puede ser natural - en el caso de un afloramiento intenso - pero puede también ser debida a una situación de fertilización causada por el depósito en exceso de nutrientes en el agua. En este caso, se dice que la masa de agua se encuentra eutrofizada. (Cortés-Altamirano, 1989).



En el agua dulce, cuando esta situación se vuelve crónica, el agua puede permanecer cubierta de una capa de cianobacterias. Hay también aspectos negativos que tomar en cuenta, como aquellas especies productoras de toxinas, ej: *Microcystis* (alga azul - verdosa) nociva en algún grado para peces, crustáceos y moluscos. Otra actividad adversa es que ellas son propensas a formar afloramientos (reproducción acelerada), con el consiguiente decaimiento de la población (died - off) y la alteración química del agua que puede ser letal para otras especies aledañas. Un ejemplo de microalgas nocivas en acuicultura es la *Anabaena laxa*, una cianofita que en altas concentraciones causa olor a palo verde o “choclo” al camarón, en detrimento de la calidad del cultivo. En los florecimientos naturales, el problema cesa cuando los nutrientes se agotan o la temperatura se aleja de los niveles óptimos.

El fitoplancton es importante ya que se encarga de fijar el CO<sub>2</sub> atmosférico de manera que el carbono pasa a ser parte de la cadena alimentaria, y por tanto, fuente de energía. Progresivamente la cadena trófica va enriqueciéndose, pues el fitoplancton es consumido por el zooplancton que a su vez puede ser consumido por determinados peces, etc. Otra parte de su importancia se encuentra en la posibilidad de ser un sumidero de carbono. Al encargarse de fijar el CO<sub>2</sub> atmosférico, parte del exceso de CO<sub>2</sub> que hay en la atmósfera entra en la cadena trófica del océano, de manera que todos los organismos están compuestos por carbono. Estos cada vez son organismos más grandes como peces, que poseen esqueletos y estructuras muy abundantes en carbono, al morir, por gravedad caen al fondo marino de manera que este CO<sub>2</sub> queda retenido en las profundidades del océano. En una capa profunda de agua de manera que se mantiene el equilibrio de carbono en el océano, otra pequeña parte se deposita en el fondo.

Las microalgas corresponden al primer eslabón en la cadena trófica de los océanos por ser organismos fotoautótrofos obligados, es decir, requieren de la energía proveniente de la luz para realizar sus procesos biológicos. En tal sentido, al simular (o mejorar si es posible) las condiciones naturales (o ideales) donde crecen es posible realizar su cultivo en condiciones semi-controladas o controladas totalmente, para lograr de esta forma obtener de ellas una biomasa tal que permita usarlas como alimento para organismos pertenecientes al siguiente eslabón trófico: los herbívoros, los cuales generalmente corresponden a invertebrados marinos. También, algunas microalgas, tales como *Spirulina*, *Dunaliella*, *Haematococcus*, entre otras, pueden ser cultivadas como alimento o suplemento alimenticio para humanos y animales superiores o para la obtención de productos químicos específicos. Dentro del grupo de las microalgas algunas son ampliamente utilizadas en acuicultura por sus excelentes características, tales como tamaño adecuado, contenido proteico y lipídico (perfil de ácidos grasos), contenido de vitaminas y pigmentos.

### **3.1.5. Enfoque Fisiológico.**

#### **3.1.5.1. Formas.**

La revisión de las variadas formas de las algas microscópicas y macroscópicas se centra en aquellas que son más comunes a las actividades del acuicultor. Aquí se toman en cuenta algunas de esas especies solamente para fines de comparación. Las algas varían desde las más simples estructuras celulares como *Chlorella*, hasta las más complejas como la *Gracilaria sp.* que es ramificada. Así mismo hay una gran variedad de tamaños como las micromonas que pueden medir de 1 a 15 micraso las macroalgas marinas que llegan hasta 60 m. de largo. (Vaulot, 2006)

Entre las formas más comunes están las microalgas unicelulares mótils, de forma oval como la *Tetraselmis*, las circulares esféricas y circulares plano-convexas como la *Chlorella sp.* y el *Cocinodiscus sp.* respectivamente, las prismáticas rectangulares como el *Chaetoceros sp.*, las de forma de hoja como el *Monostroma*, las foliares membranosas como la *Membranoptera*, las de forma filamentosa como la *Enteromorpha* y las uniaxiales ramificadas como la *Gracilaria*. Estas formas son comunes, pero no representan el total de las existentes en los ambientes acuáticos.

Las formas particulares externas que presentan sirven para reconocerlas con alguna facilidad cuando se las observa en el microscopio, sobre todo cuando el practicante no está familiarizado con ellas. Así tenemos que son características las setas (proyecciones en punta) que presenta el *Chaetoceros sp.* en los cuatro vértices, a los cuatro flagelos que le dan motilidad a la *Tetraselmis sp.* (Bold & Wynne. 1985).

### **3.1.6 Conteo e identificación de fitoplancton.**

El objetivo de contar algas no es solamente establecer la población (densidad) de células por mililitro que hay en un recipiente, sino también determinar numéricamente el grado de división celular en un determinado tiempo. Los resultados permiten estimar en cierto modo la situación de un cultivo y relacionarlo con la curva de crecimiento de esa población algal. (Weber, 1973).

El método empleado para contar algas es sencillo. Implica el uso de un dispositivo que permita el contaje. De todos los dispositivos conocidos el más usado en los laboratorios marinos comerciales de nuestro medio es el hemocitómetro. Para fines de investigación también se usa la cámara de Sedgwick-Rafter.

Por lo general estos dispositivos son bien usados para contar algas que se cultivan en recipientes, pero no necesariamente son muy convenientes para contar poblaciones naturales. Los métodos para estimar biomasa de algas de ambientes naturales generalmente requieren de la sedimentación del plancton. (Branco, 1978).

### 3.1.6.1 Uso del hematocitómetro

Coloque el cubre objeto bien limpio sobre los pilares de soporte de la cámara. Usando una pipeta Pasteur que contiene la muestra de algas, en ángulo de 45 grados, deposite una gota en cada ranura del hemocitómetro para llenar el espacio. Es conveniente esperar por tres minutos antes de proceder al conteo en el microscopio, para dejar que las unidades algales se asienten debidamente. Use objetivos de 20X o 40X según cuál le sea más claro y cómodo para proceder. (Anónimo 3, 1981)

Mantenga un orden en la secuencia del conteo para evitar errores de suma. No considere las células que están asentadas justo en medio de cualquier línea de los cuadros, sean de las internas o de los laterales, aunque este criterio no se aplica cuando apenas es un 25% del cuerpo de la célula el que esté topando la línea.

Si la concentración es baja se contarán los cuadrantes 1, 2, 3 y 4 como se muestra en la figura:

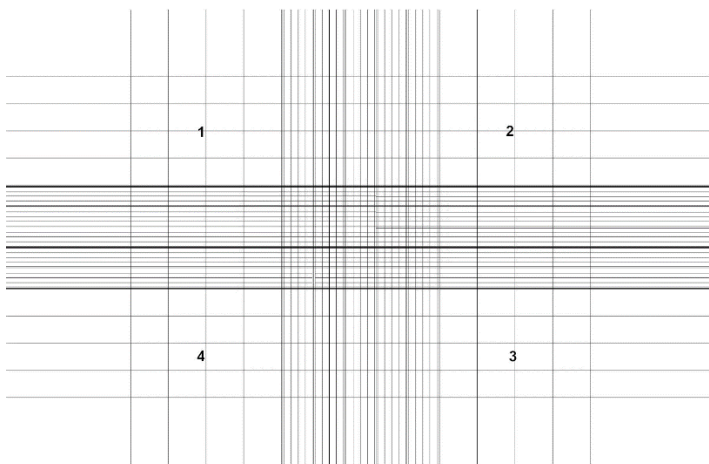


Figura 1. Cuadrantes de la Cámara Neubauer o hematocitómetro.

De lo contrario si la concentración celular es más alta se contará el área central y si es posible se contarán los 25 cuadros centrales. Pero dado un caso si la cantidad de células encontradas en los 25 cuadros es demasiada, se contarán 5 de los 25 cuadros aleatoriamente o se optará por contar los cuadros del extremo y el cuadro central como se muestra en la siguiente figura:

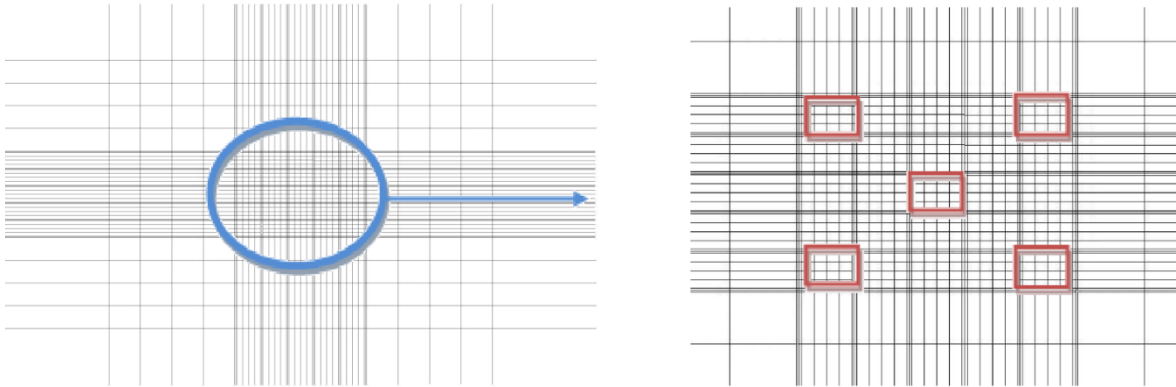


Figura 2. Cuadrantes del área central de la Cámara Neubauer o Hematocitómetro.

**Concentración celular:** es la cantidad de células de determinada especie de microalga en un mililitro de cultivo. Se hará utilizando la cámara de Neubauer. La fórmula a utilizar dependerá del lugar en la cámara de Neubauer que se emplee para contar.

$$\#cel/ml = C \times 10000$$

Donde:

C es el promedio de células contadas.

$$\#cel/ml = Ct \times 10000$$

Donde:

Ct corresponde a las células totales en los 25 cuadros centrales

$$\#cel/ml = Cc \times 25 \times 10000$$

Donde:

Cc será el promedio de los 5 cuadros contados

El 25 corresponderá a los cuatros centrales

### 3.2 Coloraciones de las agua según el tipo de fitoplancton.

- **Marrón-rojizo o rosado-rojizo.** Este color es causado por la floración de diatomeas. Especies de algas tales como *Chaetoceros*, *Navicula*, *Nitzchia*, *Skeletonema*, *Cyclotella*, *Synedia*, *Achnantes*, *Amphora* y *Euglena* son halladas frecuentemente en aguas de estanques de este color, especialmente las tres primeras especies. Este color es un poco difícil de lograr.
- **Verde claro o brillante.** Este color se debe al crecimiento de algas verdes, especialmente *Chlorella*. Además, están presentes *Dunaliella*, *Platymonas*, *Carteria*, *Chlamydomonas*. En aguas menos salinas, también pueden encontrarse *Scenedesmus* y *Euglena*. Generalmente, el agua de este color es casi estable.
- **Verde oscuro.** Cuando la temperatura del agua es muy alta o la materia orgánica se acumula rápidamente, las algas azul-verdosas desarrollan más rápido que las algas verdes. Predominan algas azul-verdosas tales como *Oscillatoria*, *Phormidium* y *Microcoleus* (representando hasta el 90%).
- **Marrón oscuro o color salsa de soja.** El pobre manejo del estanque, tal como cuando ocurre sobrealimentación o se usan grandes cantidades de desechos de peces, causan un rápido crecimiento de dinoflagelados y algas marrones; y consecuentemente dan como resultado la formación de agua de esta color. Aguas de tales condiciones son indeseables y se recomienda cambiar parcialmente el agua si es que surge este color. (Martínez y Herrera, 2012).

- **Color amarillento.** La formación de aguas amarillas es debido al crecimiento de *Chrisophyta*. Aun mas, los flagelados verdes también pueden crecer moderadamente. Debido a que todas estas algas son muy pequeñas en tamaño, ellas no pueden ser usadas directamente como alimentos naturales. El crecimiento de los camarones es inhibido en esta clase agua. En muchos casos, las mortalidades pueden ser muy altas.
- **Agua turbia.** La formación de agua turbia puede deberse a la suspensión de zooplancton, partículas de arcilla, detritus. Esta clase de agua puede ser beneficiosa o perjudicial, dependiendo de la calidad o cantidad de los materiales suspendidos.
- **Agua clara.** El agua es transparente. Esto puede ser causado por una carencia de nutrientes, la presencia de contaminantes metálicos pesados como cobre, manganeso, hierro arcilla de fondo ácido (pH 5.5 o menor). Bajo estas condiciones, ningún organismo puede crecer apropiadamente.

Cuando el color se convierte en indeseable debido a la sobre floración se pueden usar bactericidas, insecticidas y algüicidas. El incremento de la aireación o reemplazo parcial del agua con agua limpia también puede ser de utilidad en el cambio de la calidad del agua. La alimentación influye grandemente en el color y calidad del agua. Se debe evitar la sobrealimentación. Demasiado uso de desechos de pescado puede causar la floración de flagelados, lo cual no es deseable. (Martínez y Herrera, 2012).

Los valores aceptables de fitoplancton en aguas de cultivos acuícolas son los siguientes:

<b>Tipos de algas</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Diatomeas	20,000 Cel/ml	-----
Clorofitas	50,000 Cel/ml	-----
Cianofitas	10,000 Cel/ml	40,000 Cel/ml
Dinoflagelados	-----	500 Cel/ml
Algas totales	80,000 Cel/ml	300,000 Cel/ml

(Treece, 1994)

### **3.3. CALIDAD DE AGUA.**

Según Boyd 1995, Calidad de Agua en acuicultura puede definirse como la conveniencia del agua para el desarrollo de un cultivo acuícola. La calidad del agua incluye todos los parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan un cuerpo de agua. Todas las especies cultivables requieren de normas de calidad de agua para asegurar su supervivencia, crecimiento o maduración sexual.

Algunas características propias del agua de cultivo, limitan fuertemente la producción acuícola, como por ejemplo, el pH del agua, la alcalinidad, la dureza; que serán influenciados según el origen de la fuente de agua de abastecimiento e influida por los suelos que esta atraviesa; así como por los aspectos geológicos y climáticos del sitio elegido. (Boyd, 1990).

#### **3.3.1 Temperatura.**

La temperatura es un factor abiótico que regula los procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema: (Anónimo 1, 2005).



- I. Los tilapias son poiquiloterms (temperatura del medio interno es fluctuante) y su temperatura está controlada por el ambiente; que varía diario y estacionalmente.
- II. La tasa de procesos bioquímicos está controlada por la tasa de consumos de O<sub>2</sub> o ley de Van Hoff que expresa: "un aumento de 10°C en temperatura provoca velocidad de reacción elevando de dos a tres veces más el consumo de O<sub>2</sub>". Entonces la necesidad de oxígeno disuelto del camarón y de los demás órganos aeróbicos del estanque es mucho más crítica en agua caliente, que en agua más fría. (Anónimo 1, 2005).

El proceso de descomposición de la materia se acelera al aumentar la temperatura por encima de 25°C, es considerada para el cultivo. La temperatura afecta la solubilidad del oxígeno en el agua y su consumo por los organismos aumentando o disminuyendo su actividad biológica. (Anónimo 1, 2005).

Las especies de tilapias de aguas cálidas crecen mejor a temperaturas entre 25°C y 30°C. Los procesos biológicos como crecimiento y respiración se duplican, en general por cada °C que aumenta la temperatura, la tilapia consume el doble de oxígeno disuelto y es más crítico en temperaturas cálidas que en las frías. El crecimiento y la respiración de otros organismos que comparten el estanque, así como las reacciones químicas en su agua y suelo se incrementan aumentando la temperatura. Por ello los factores ambientales y en particular las variables de la calidad de agua, son más críticos conforme aumenta la temperatura (Boyd, 1998).

### **3.3.3 Oxígeno Disuelto.**

El oxígeno disuelto es la variable más crítica para la calidad del agua en un estanque. Los granjeros deben entender muy bien qué factores afectan la concentración de oxígeno disuelto en el agua y cómo influye una baja concentración de oxígeno disuelto en la tilapia.

El ciclo que sigue la concentración de oxígeno disuelto en el agua es diario. La concentración más baja corresponde a la madrugada, durante el día aumenta por efecto de la fotosíntesis y la máxima concentración de oxígeno disuelto es por la tarde, por la noche la fotosíntesis se detiene, pero como las necesidades de oxígeno de los organismos del estanque continúan, las concentraciones de oxígeno disminuyen. (Herrera, 2012).

El consumo de oxígeno es una respuesta fisiológica que se puede correlacionar con las variaciones de los factores ambientales, ya que la tasa respiratoria está relacionada con el trabajo metabólico y el flujo de energía que los organismos canalizan hacia los mecanismos de control homeostático. (Herrera, 2012)

Factores que disminuyen el nivel de oxígeno disuelto en el agua:

1. Descomposición de la materia orgánica.
2. Alimento no consumido.
3. Heces.
4. Animales muertos.
5. Aumento de la tasa metabólica por el incremento en la temperatura (variación de la temperatura del día con respecto a la noche).
6. Respiración del plancton (organismos microscópicos vegetales y animales que conforman la productividad primaria).
7. Desgasificación: salida del oxígeno del agua hacia la atmósfera.
8. Nubosidad: en días opacos las algas no producen el suficiente oxígeno.
9. Aumento de sólidos en suspensión: residuos de sedimentos en el agua, heces, etc.
10. Densidad de siembra.

Consecuencias de las bajas concentraciones prolongadas de oxígeno en el agua:

1. Disminuye la tasa de crecimiento del animal.
2. Aumenta la conversión alimenticia (relación alimento consumido/ aumento de peso).
3. Se produce inapetencia y letargia.
4. Causa enfermedad a nivel de branquias.
5. Produce inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades.
6. Disminuye la capacidad reproductiva. (Herrera, 2012).

Oxígeno Disuelto:

1. Los valores de OD disminuyen con la temperatura. Concentraciones consideradas típicas para agua superficial están influenciadas por la temperatura, pero normalmente están entre 7 a 8 ppm (mg/l).
2. La vida acuática requiere de OD. La mayoría de los animales acuáticos necesitan una concentración > 1ppm (mg/l) para sobrevivir. Dependiendo del tipo y condiciones de cultivo, necesitan de 4 a 5 ppm para evitar stress.
3. Varía significativamente en aguas superficiales, y generalmente es muy bajo, o está ausente en aguas subterráneas.
4. En piscinas de producción acuícola el OD fluctúa debido a la producción de oxígeno fotosintética por parte de las algas durante el día, y el continuo consumo de oxígeno durante la respiración.
5. El OD típicamente alcanza el máximo nivel en las últimas horas de la tarde, y un mínimo alrededor del amanecer.
6. Causas de muerte o stress de camarones y peces por disminución de OD: cielo nublado, lluvia, muerte de plancton, alta densidad de siembra.
7. El oxígeno es ligeramente soluble en agua. El agua en piscinas podría estar frecuentemente súper-saturada con oxígeno con el bloom de algas.
8. A nivel del mar, a una temperatura de 25°C, al agua pura contiene alrededor de 8 ppm (mg/l) de OD cuando está 100% saturada.
9. En horas de la tarde, pueden haber niveles de 10 a 14 mg/L, en piscinas con bloom de algas saludables. (Herrera, 2012).

La concentración de oxígeno en un estanque puede variar de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Iluminación solar, sin esta no es posible la fotosíntesis y por consiguiente la producción de oxígeno.
- La temperatura que influye en la descomposición de la materia orgánica y que en su degradación consume oxígeno a mayor temperatura del agua más rápido es el proceso de degradación y por consiguiente es mayor el consumo de oxígeno.
- La cantidad de fitoplancton que libera oxígeno durante el día y lo consume durante la noche.
- Controlar la entrada de materia orgánica disuelta en agua.
- Instalar sedimentadores.
- Mantener buena productividad primaria en estanques para que asimile el amonio como nutriente y reduzca la DBO en la nitrificación.
- Instalar filtros para materia orgánica producto de excretas y desechos alimentarios.
- Evitar exceso de alimentación.
- Evitar exceso de biomasa, mayor capacidad de carga.
- Evitar exceso de eutrofización.
- Lavar la materia orgánica, hacer recambios. (Martínez, y Herrera, 2012).

#### **3.3.4. pH.**

Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno. El pH indica cuán ácida o básica es el agua (Boyd, 2004); El pH del agua depende principalmente de la concentración de carbonatos, bicarbonatos y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) un alto contenido de CO<sub>2</sub> puede causar valores de pH ácidos, afectando el crecimiento de los peces. El rango de pH adecuado para tilapia es de 6.5 - 8.5.

Valores de pH cercanos a 5 producen mortalidad en un período de 3 a 5 horas, por fallas respiratorias; además, causan pérdidas de pigmentación e incremento en la secreción de mucus de la piel.

Cuando se presentan niveles de pH ácidos, el ion  $Fe^{+}$  se vuelve soluble afectando las células de los arcos branquiales y por ende, disminuyendo los procesos de respiración, causando la muerte por anoxia (asfixia por falta de oxígeno). (Boyd, 2000)

### **3.4 Características de la Tilapia *Oreochromis Sp.***

Las tilapias se destacan por una serie de características que las convierten en especies con un elevado potencial adaptativo (Baroiller y Jalabert, 1989). La alta eficiencia reproductiva es reflejada por la atención de los nidos, el cuidado parental de los huevos y alevines, la reproducción precoz, la tolerancia a amplias variaciones de temperaturas, salinidad y contenido de oxígeno disuelto en el agua. Además, la amplitud de alternativas de selección de alimentos y resistencia a enfermedades son características que aunado a su agresividad, adaptabilidad ecológica y etológica, capacidad de hibridación y plasticidad fenotípica le confieren el potencial para competir exitosamente con otras especies, hasta el punto de llegar a desplazarlas, cuando son introducidas en ambientes naturales no autóctonos (Pérez, et al. 1997).

El grupo de especies de tilapias han sido reportadas como caníbales a nivel de huevos y larvas y depredadora de otras especies produciendo un agotamiento de las especies autóctonas, tal como fue el caso de Costa Rica (Anónimo 2, 1996).

El Pargo Rosado (Tetrahíbrido, híbrido o albino de *Oreochromis sp.*) utilizado en los cultivos intensivos en Venezuela exhibe hábitos alimenticios carnívoros, encontrándose en su dieta huevos y alevines de peces (Castillo, 1993).

La introducción de especies exóticas o su transferencia de una localidad a otra en un mismo país aumenta la competencia interespecífica, la depredación, lo cual puede en algunos casos conducir a un incremento de la población introducida, en detrimento de las especies autóctonas (Royero y Lasso, 1992).

Existen reportes de impacto de peces deliberadamente transplantedos o escapados sobre la fauna autóctona, donde se incluye la exterminación de especies locales, debido a la depredación y competencia, entrecruzamiento con las especies nativas y adulteración del pool genético, destrucción del hábitat y aparición de enfermedades epidérmicas (Costa-Pierce, 1995).

#### **3.4.1. Clasificación Taxonómica de la tilapia.**

Phylum: *Vertebrata*

Sub Phylum: *Craneata*

Superclase: *Gnostomata*

Serie: *Piscis*

Clase: *Teleostomi*

Sub clase: *Actinopterygii*

Orden: *Perciformes*

Sub orden: *Percoidei*

Familia: *Cichlidae*

Género: *Oreochromis*

Especie: *O. niloticus*.

Fuente: (Trewavas, 1982).

### 3.5. Índice de diversidad de Shannon Wiener.

El índice de diversidad de Shannon o índice de Shannon-Wiener se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como  $H'$  y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas. La ventaja de un índice de este tipo es que no es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total.

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Donde:

- $S$  – número de especies (la riqueza de especies)
- $p_i$  – proporción de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos  
(es decir la abundancia relativa de la especie  $i$ ):  $\frac{n_i}{N}$
- $n_i$  – número de individuos de la especie  $i$
- $N$  – número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*). (Pla, 2006)

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización del área de estudio.

El Centro de Investigaciones de Hidrobiológica de Agua Dulce (**CIHAD**), se encuentra localizado en la finca El Pegón, del empalme la ceiba 800 mts al este, León. Coordenadas UTM son, 515311.18 m E y 1373234.39 m N.



Fig. N°1: Centro de Investigaciones de Hidrobiológica de Agua Dulce.

### 4.2 Fuente de agua y flujo en las instalaciones

La fuente de agua se encuentra a una distancia de 200m del área experimental. El pozo tiene una profundidad de 30 metros, el agua se extrae con una bomba centrífuga marca: **FAIRBANKS MORSE**, de tipo **KZKE**, modelo: **F377823** con una fuerza de empuje de 50hp asentada sobre una base de concreto de 1 m<sup>2</sup>. El tubo madre que abastecía de agua a los estanques son tubos galvanizados de cuatro pulgadas y cuenta con un hidrante de hierro galvanizado de tres pulgadas el cual permite el flujo de agua directo al reservorio con una línea de tuberías de tres pulgadas del mismo material ya antes mencionado.



### 4.3 Realización del estudio.

El estudio se realizó durante 42 días, tiempo en el cual se tomaron muestras de agua de 3 estanques cultivados con tilapia, a cada una de las muestras de agua se fijó para poder identificar y contar cada una de las especies de fitoplancton existentes en el agua, también se tomaron parámetros físicos y químicos de los estanques en cultivo.

### 4.4 Factores físicos-químicos:

#### 4.4.1 Oxígeno Disuelto.

Para medir el oxígeno disuelto usamos el Oxigenometro marca **YSI 550** siendo su unidad de medida mg/lit (miligramos por litro). Para calibrar:

1. Se encendió el instrumento y se dejó que se estabilizará
2. Presionamos la tecla de arriba y abajo al mismo tiempo hasta que apareció la palabra **CAL** (Calibrar).
3. Presionamos la tecla **Modo**, y calibramos mg/L.
4. Presionamos **Enter**.
5. Luego nos indicó que ingresáramos nuestra altura en pies. La ciudad de león se encuentra ubicada a **109.21** metros sobre el nivel del mar, para convertir metros en pies dividimos entre 0.3048. Ejemplo: **2=200 pies**.
6. Presionamos **Enter**.
7. Mostró el porcentaje de saturación de oxígeno.
8. Presionamos **Enter**.
9. Nos pidió que ingresáramos la concentración de sal de la muestra que vamos a medir siendo en partes por millón (ppm). Como no se tiene solo presionamos **Enter**.

Para registrar la medición se introdujo el electrodo al agua luego se sumergió en el agua a unos 15cm de profundidad, se esperó como un minuto y medio aproximadamente hasta que se observó el resultado que nos indicó de oxígeno disuelto. Se tomaba 2 veces por día a las 6:00 am y a las 6:00 pm. (Herrera, 2012).

#### **4.4.2 Temperatura.**

Para medir la temperatura se utilizó el mismo aparato descrito en el acápite anterior ya que el electrodo tiene un sensor térmico que nos indica la temperatura en grados centígrados (°C). Los datos se registraron en un formato de campo a las 6 am y 6 pm todos los días que duro el experimento tomando el dato de los estanques (Herrera, 2012).

(Herrera, 2012).

#### **4.4.3. pH.**

Para medir el pH usamos el pH-metro digital portátil **pH002**, su calibración es manual 1 punto, oprimiéndose el botón de encendido que está en la parte superior del dispositivo y luego sumergiendo el electrodo en el agua.

El pH se mide enjuagando la parte de abajo con agua dulce, luego se introduce en el agua de la pila la parte de abajo y se presiona en la parte de arriba a un lado hasta que marque el dato que observamos y después de ocuparlo se vuelve a enjuagar con agua dulce y le ponemos el tapón. Se tomó 2 veces por día a las 6:00 am y a las 6:00 pm

#### 4.5. Conteo e identificación de fitoplancton.

Para tomar las muestras se utilizó un Tubo de pvc de 2plg. Diámetro × 1m de largo, 1 pelota de esponja, se introdujo para tomar muestra de agua del estanque, se depositó en un balde para homogenizar las muestras, esta no debía de exponerse al sol, se pasó el agua a probetas con capacidad de 250 ml, aplicando 7 gotas de lugol, se dejó reposar durante un periodo de 18 a 24 horas, después de ese tiempo se sacó con una manguerita el agua y se depositó en un beaker de 50 ml y se procedió a pasar la muestra a la cámara Neubauer y después a la identificación y conteo en el microscopio electrónico, utilizando una libreta, lápiz, borrador y un catálogo de identificación de algas y una cámara digital para tomar fotos a las algas identificadas.

Se procedió al conteo de algas utilizando un hematocitometro, en esta cámara se contaron los organismos menores de 25 micras y bacterias filamentosas. La cámara Neubauer consta de cuatro cuadrantes cada uno con 16 cuadros en el interior de cada cuadrante, empezamos por el cuadro superior izquierdo de cada cuadrante y siguiendo una trayectoria en forma de “S” con relación a los organismos que se encontraban en los límites de los cuadros sobre las líneas, solo se contaron directamente los que estaban sobre el lado derecho e inferior y no se tomaran en cuenta los que estaban sobre el lado izquierdo y superior.

Es recomendable hacer dos conteos por estanque utilizando esta cámara ya que el promedio de estos conteos será un dato más real.

Para realizar el cálculo utilizaremos la siguiente ecuación.

$$N^{\circ} \text{ total de microalgas} = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ de algas contabilizadas} * 10000}{4 (\text{numero de cuadrantes})}$$

Para la identificación de especies de fitoplancton después de la fijación de la muestra con solución lugol y puesta la muestra al microscopio se procedió a la identificación de microalgas encontradas con la ayuda del microscopio. Las algas encontradas fueron identificadas de la siguiente manera se tomó fotografías utilizando una cámara digital marca Samsung de 8 mp comercial, luego se utilizaron diferentes fuentes bibliográficas (Fotografías y claves de identificación) se procedió a su identificación. Se usaron catálogos de Microalgas editados por López O. (2011). Atlas de Microorganismos de agua dulce editado por Novelo, (2011) además de Folletos con claves taxonómicas obtenidos en clases de Fitoplancton.

#### 4.6 Índice de diversidad e índice de riqueza

Se caracterizaron ecológicamente las comunidades de fitoplancton mediante El índice de Shannon o índice de diversidad. El índice de Shannon, expresa el grado de uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies que se presentan en la muestra.

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

- S – número de especies (la riqueza de especies)
- pi – proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es

decir la abundancia relativa de la especie i):  $\frac{n_i}{N}$

- ni – número de individuos de la especie i
- N – número de todos los individuos de todas las especies Donde: D= índice de diversidad.

(Magurran, 1998; citado por Moreno, 2001).

#### **4.7. Prueba de confiabilidad de los resultados.**

La información se manejó en una bitácora donde se llevaron los datos requeridos de la investigación. Después que los datos se recopilaron en la bitácora se pasaron estos datos a Microsoft Excel para realizar el índice de diversidad de Shannon Wiener, y las gráficas de los factores físicos y químicos así también como las poblaciones de fitoplancton, La información se procesó en Excel 2013 de Microsoft Office 2013. Se utilizaron los índices de diversidad para determinar la diversidad de las especies de fitoplancton encontradas y la riqueza de las especies.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

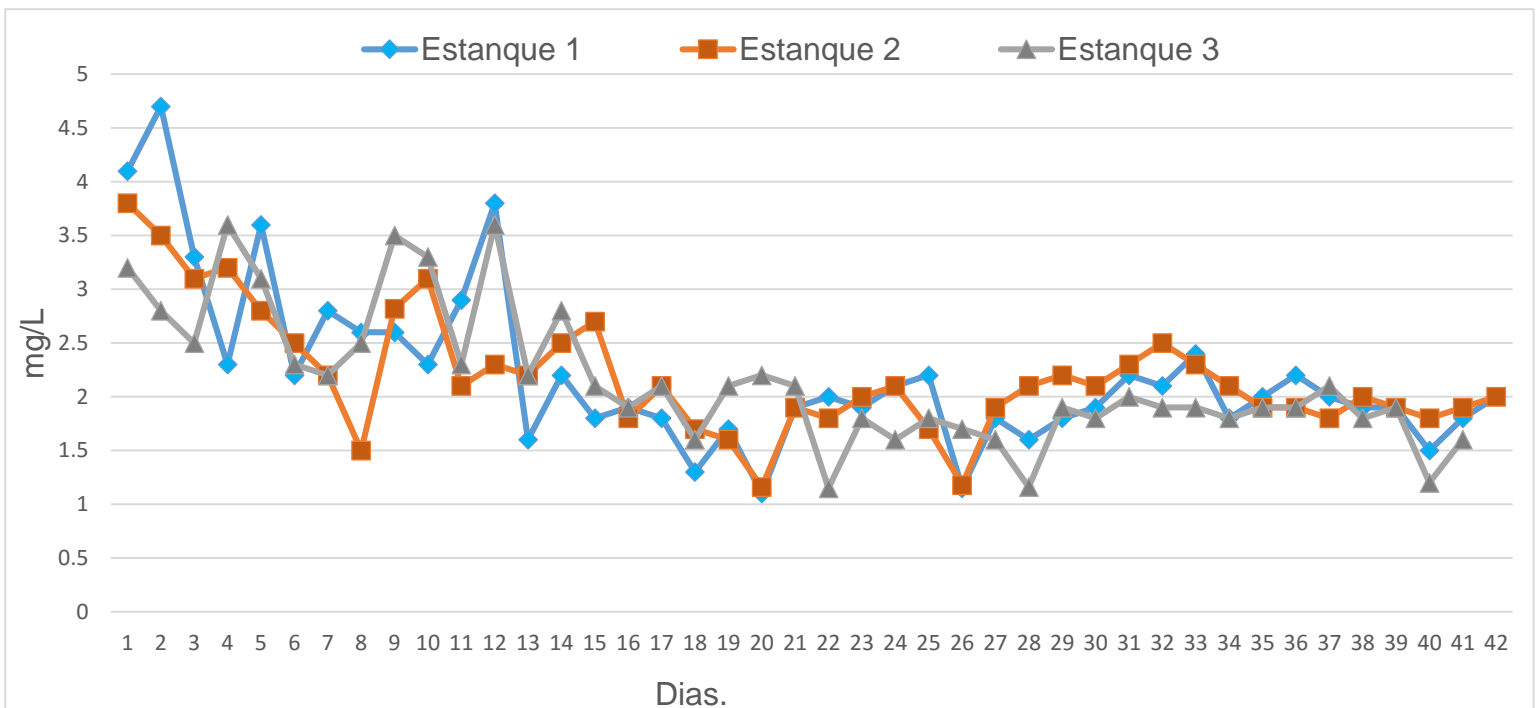
### 5.1.- Factores Físicos y Químicos.

#### 5.1.1 Oxígeno.

En la gráfica 1 podemos observar que las variaciones del oxígeno que tuvimos con el valor más alto fue de 4.7 mg/lit en el 1 día y la más baja fue 1.1 mg/lit por debajo de los rangos óptimos para el crecimiento en el día 20, en el estanque 1, el valor más alto fue de 4.7 mg/lit (día 1), y el más bajo fue de 1.16 mg/lit en el día 20, para el estanque 3 el más alto fue 3.6 mg/lit (día 12) y el más bajo fue 1.15 mg/lit (día 22)

Según Martínez y Herrera (2009), Las menores concentraciones de Oxígeno Disuelto se observan durante la mañana y las mayores a última hora del día. Se consideran rangos normales de concentración entre 3.2 a 8 mg/L.

De acuerdo a los valores obtenidos podemos decir que el oxígeno disuelto estuvo por debajo del valor óptimo descrito por Martínez y Herrera (2009).



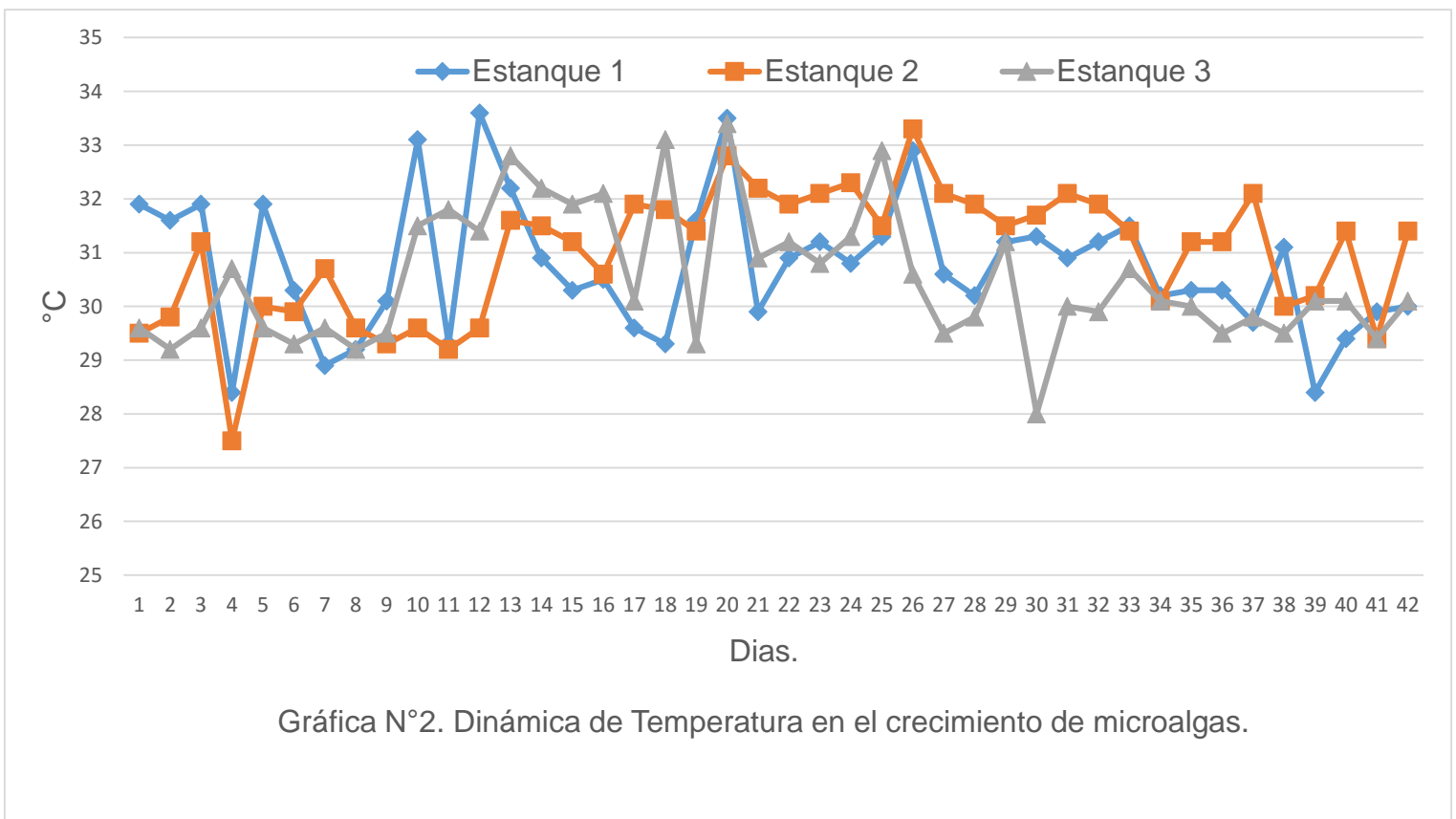
Gráfica N°1. Dinámica de Oxígeno Disuelto en el crecimiento de microalgas

### 5.1.2. Temperatura.

La temperatura del agua de los 3 estanques donde se realizaron los muestreos se observó que había una oscilación entre los 27,5 y los 33,6 °C, para el caso del estanque 1 la temperatura siempre tuvo una fluctuación entre los 28,4 y los 33,6 °C; el estanque 2 registro temperatura que variaban entre los 27,5 y los 33,3 °C; para el estanque 3 la oscilación de la temperatura entre los 28 y los 33,4 °C.

Según Lara, et al. (1996) La temperatura óptima para el crecimiento de microalgas varia en un intervalo que va desde 25 °C a los 34 °C.

De acuerdo a los datos obtenidos los valores de la temperatura fueron los adecuados para el crecimiento de las microalgas. Ver gráfica número 2.



Gráfica N°2. Dinámica de Temperatura en el crecimiento de microalgas.

### 5.1.3 pH.

El pH que se registró en el agua de cada uno de los estanques los valores fluctuaban entre los 7,2 y los 11., para cada uno de los estanques las oscilaciones de pH fueron, para el estanque 1 se registró un pH de 7,8 y 10,6, para el estanque 2 la fluctuación es de 7,2 y 11 presentando el valor más alto entre cada uno de los estanques, para el estanque 3 la variación de pH fue 7,8 y 10,3.

Según Martínez et al (2009): Menciona que el pH varía entre 6.5 -8.5 para el óptimo crecimiento de las microalgas.

Observamos en la gráfica que los primeros 15 días los valores estaban fuera del valor óptimo descrito por Martínez (2009), los siguientes valores partir del día 16 se mantienen los valores óptimos. Exceptuando el estanque 3 que a partir del día 9 se mantiene en los valores óptimos.

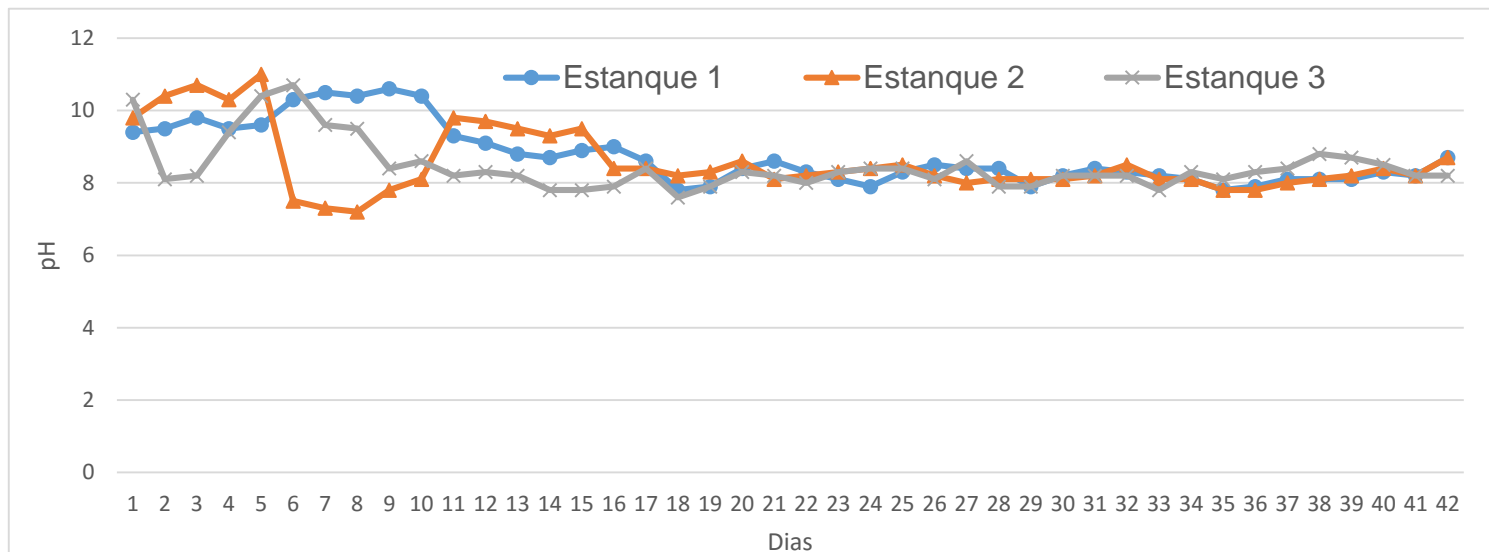


Gráfico N° 3. Dinámica de pH en el crecimiento de microalgas



## 5.2.- Identificación de especies de fitoplancton

### CLOROFITAS



Orden: *Chlorellales*  
Familia: *Oocystaceae*  
Género: *Oocystis*  
Especie: ***Oocystis Solitaria***

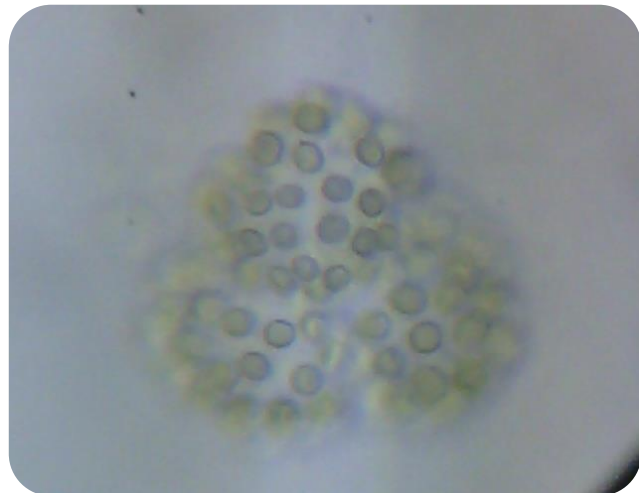
Características generales:

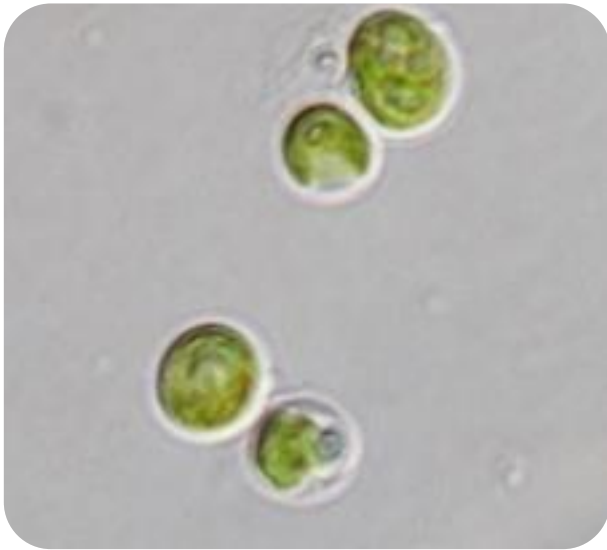
es una de las numerosas algas verdes que pueden vivir flotando formando parte del plancton en las aguas dulces que se encuentran embalsada, está recubierta por una membrana en la que se pueden encontrar de 1 a 8 células, aguas verde claro, vista a 40X

Orden: *Chlorellales*  
Familia: *Chlorellaceae*  
Género: *Chlorella*  
Especie: ***Chlorella Vulgaris.***

Características generales:

Es un grupo de algas verdes unicelulares, tiene forma esférica en la que se combinan otras algas, la cual se reproduce a gran velocidad a causa de la fotosíntesis. Encontrada en agua con coloración verde brillante. Vista a 40x





brillante. Vista a 40x.

Orden: *Chlorellales*

Familia: *Chlorellaceae*

Género: *Chlorella*

Especie: ***Chlorella Sorokiniana***.

Características generales:

Es un grupo de algas verdes unicelulares, tiene forma esférica en la que se combinan otras algas, la cual se reproduce a gran velocidad a causa de la fotosíntesis. Encontrada en agua con coloración verde

Orden: *Volvocales*

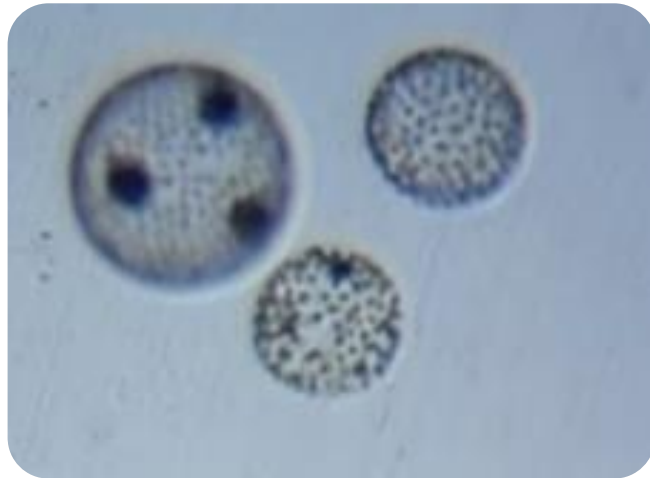
Familia: *Volvocaceae*

Género: *Volvox*

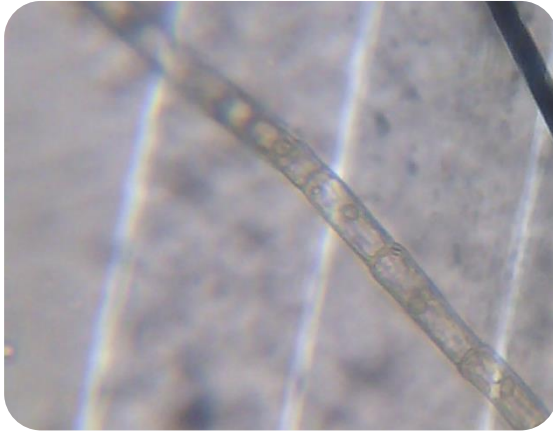
Especie: ***Volvox Aureus***

Características generales:

Es un alga verde, que vive en colonias dioicas, constituida por muchas células, la cual forma esferas de células que están interconectadas entre sí. Vista a 40x



## DIATOMEAS.



Orden: *Thalassiosirales*

Familia: *Skeletonamaceae*

Género: *Skeletonema*.

Especie: ***Skeletonema Tropicum***

Características generales:

Células de forma cilíndrica, unidas entre sí por tubos de sílice, se encuentra en regiones tropicales con aguas verde/amarillentas. Vista a 40X

Orden: *Thalassiosirales*

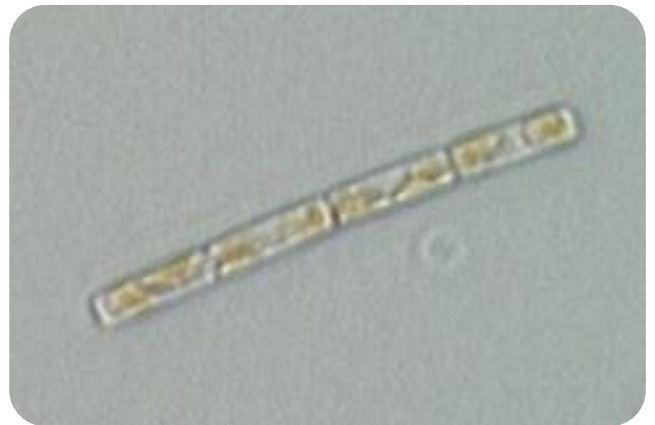
Familia: *Skeletonamaceae*

Género: *Skeletonema*.

Especie: ***Skeletonema Costatum***

Características generales.

Las células están unidas por tubos externos, proceso, organizados en un anillo marginal y conformado por un canal ancho, es cosmopolita y se encuentra en aguas de color verde/amarillento, vista a 40X



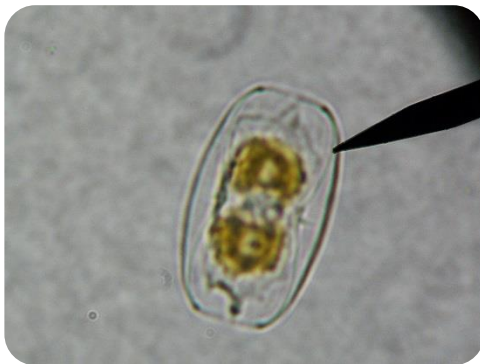


Orden: *Centrales*  
Familia: *Chaetocerotaceae*  
Género: *Chaetocero*  
Especie: ***Chaetocero Pendulus***

Características Generales:

Es una alga del grupo de las diatomeas, es muy cosmopolita por lo que se puede encontrar en agua

dulce y marina, es encontrada en aguas con tonalidades verdes y verde/amarilla, observada a 40X



Orden: *Thalassiophysales*  
Familia: *Catenulacea*  
Género: *Amphora*  
Especie: ***Amphora arenicola***

Características Generales

Alga del grupo de las diatomeas, puede encontrarse en aguas marinas, como dulceacuícolas, estas algas presentan coloraciones, entre verde y amarillo, la coloración del agua en la que se encuentra es verde amarillento, vista a 40x

Orden: *Naviculales*

Familia: *Naviculaceae*

Género: *Navícula*

Especie: ***Navícula Trivialis***

Características generales:

En particular el género navícula, son algas del grupo de las diatomeas, estas algas con formas de óvalos, pueden encontrarse en ambientes marinos y dulceacuícolas. Presente en aguas amarillentas y vista a 40x



Orden: *Naviculales*

Familia: *Pleurosigmataceae*

Género: *Gyrosigma*

Especie: ***Gyrosigma Procerum***

Características Generales.

Esta alga del grupo de las diatomeas, mueve sus extremos en forma de hélice de ahí proviene su nombre, es muy cosmopolita por la

que la podemos encontrar en ambientes marinos y dulceacuícolas, vista a 40x en aguas con color verde/amarillento



Orden: *Rhizosolenaceae*

Familia: *Rhizosolenaceae*

Género: *Rhizosolenia*

Especie: ***Rhizosolenia Alata***

Características Generales:

Son células largas, rectas o cilíndricas, las cuales pueden estar solitarias, o conformadas por otras. Encontrada en agua amarillenta, vista a 40x



Orden: *Coscinodiscales*

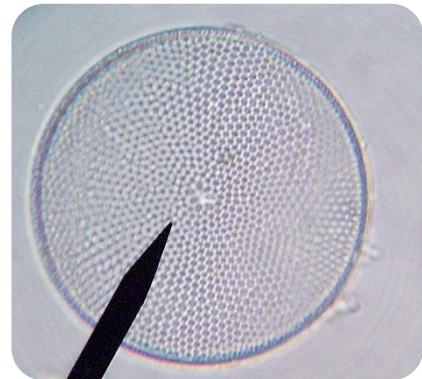
Familia: *Coscinodiscaceae*

Género: *Coscinodiscus*

Especie: ***Coscinodiscus Radiatus***.

Características generales:

Alga del grupo de las diatomeas, presenta células en forma de disco, generalmente son solitarias y muy cosmopolitas. Vista a 40x



## CIANOFITAS.

Orden: *Chroococales*

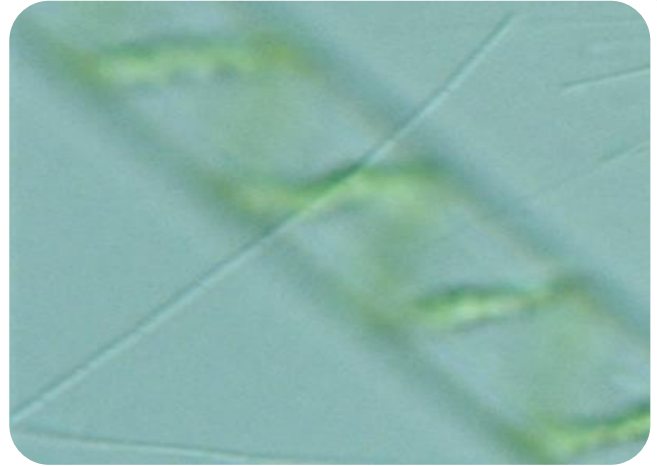
Familia: *Spirulinaceae*

Género: *Spirulina*

Especie: ***Spirulina Platensis***

Características Generales:

La *Spirulina Platensis* es un micro-alga verde-azul conocido por su alto valor nutritivo, fue encontrada en una coloración verde oscura, y está conformada en forma de cadenas en las que varias algas se han unido para dar la forma de espiral, fue localizada en un microscopio óptico a 40X



Orden: *Oscillatorales*

Familia: *Oscillatoraceae*

Género: *Oscillatoria*.

Especie: ***Oscillatoria Princeps***

Características Generales:

Es una de las especies más conocidas, forma parte del grupo de la cianofitas, se les ha dado el nombre de oscilatorias por el movimiento que realizan en forma de oscilación, encontrada a 40X, la coloración en la que se encontró es verde oscuro.



Orden: *Oscillatorales*

Familia: *Oscillatoraceae*

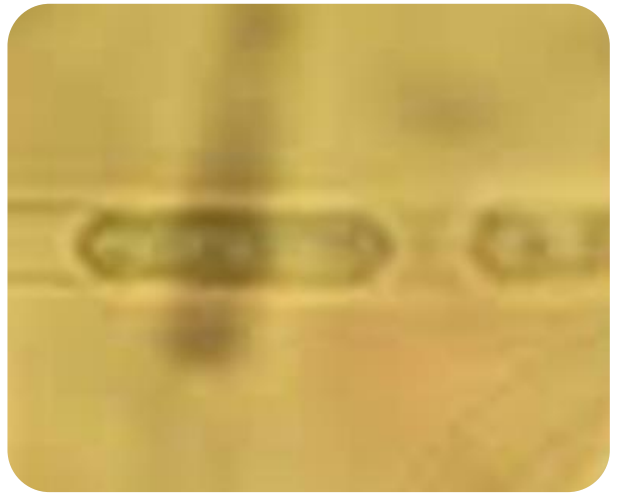
Género: *Oscillatoria*.

Especie: ***Oscillatoria Corallinae***

Características Generales:

Posee filamentos unitarios, es de color verde, es parte del grupo de la cianofitas se puede encontrar en aguas con coloraciones verdes.

Encontrado a 40X



## PROTOZOARIOS



Orden: *Centrohelida*

Familia: *Acanthocystidae*

Género: *Acanthocystis*

Especie: ***Acanthocystis turfacea***

Características generales:

Es un protozoo que pertenece al grupo de los heliozoos, presenta espinas rígidas de sílice de dos longitudes diferentes y todas ellas rematadas en una pequeña horquilla. Encontrada en aguas verdes brillantes, y vista en microscopio a 40x.

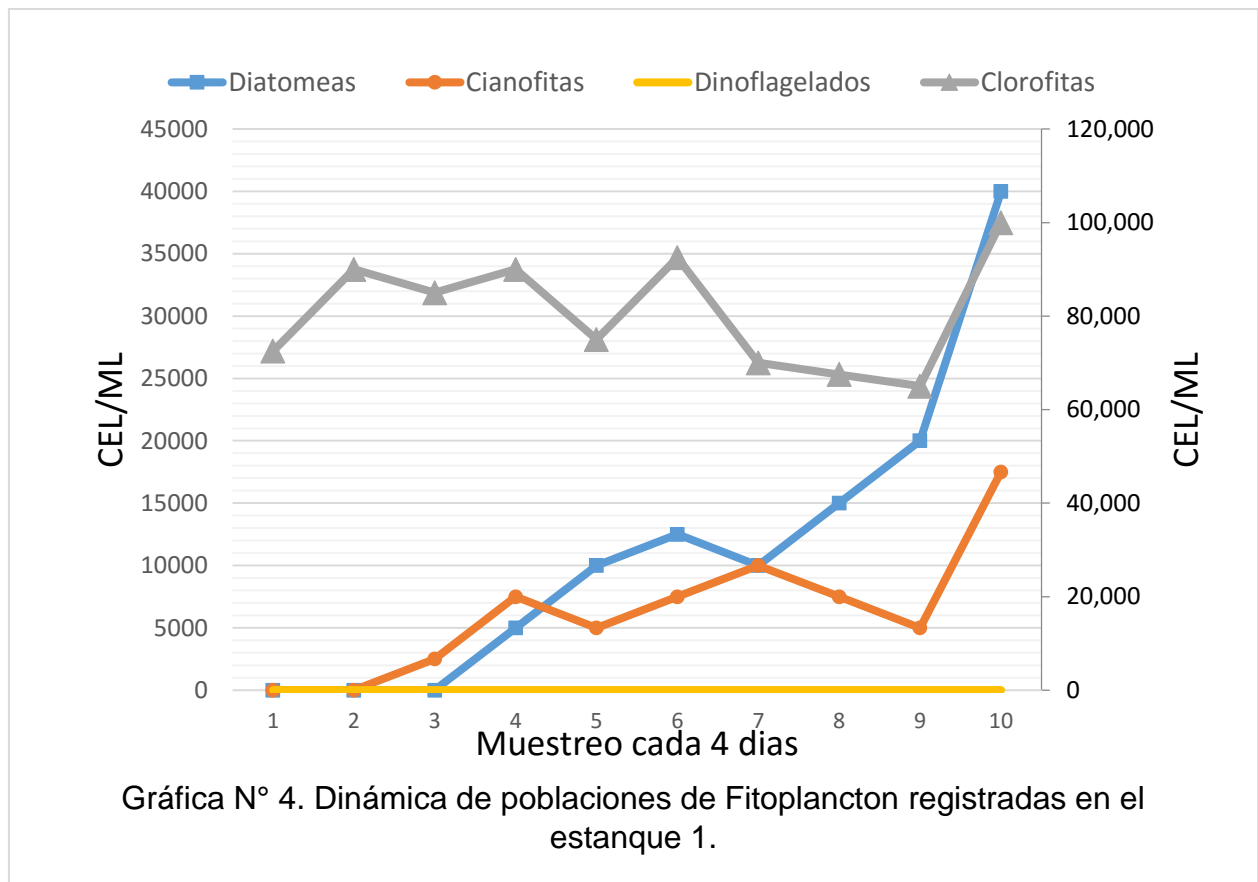


### 5.3.- Dinámica de las poblaciones de los cuatro grupos de fitoplancton

En el estanque 1 se obtuvo como resultado que el grupo que más predominó fue las clorofitas con su valor más alto en los 100,000 cel. /ml, siguiendo las diatomeas con 40,000 cel. /ml, teniendo en tercer lugar el grupo de las Cianofitas con 17,500 cel/ml y por último el grupo de los dinoflagelados con un crecimiento de 0 Cel. /ml Ver gráfico N°4

Según Treece (1994), las densidades deseables de microalgas varían para el caso de Diatomeas deben de estar en un intervalo de 20,000 cel./ml a más; las Cianofitas deben alcanzar una población máximo de 40,000 cel./ml, las clorofitas deben de estar arriba de los 50,000 cel. /ml

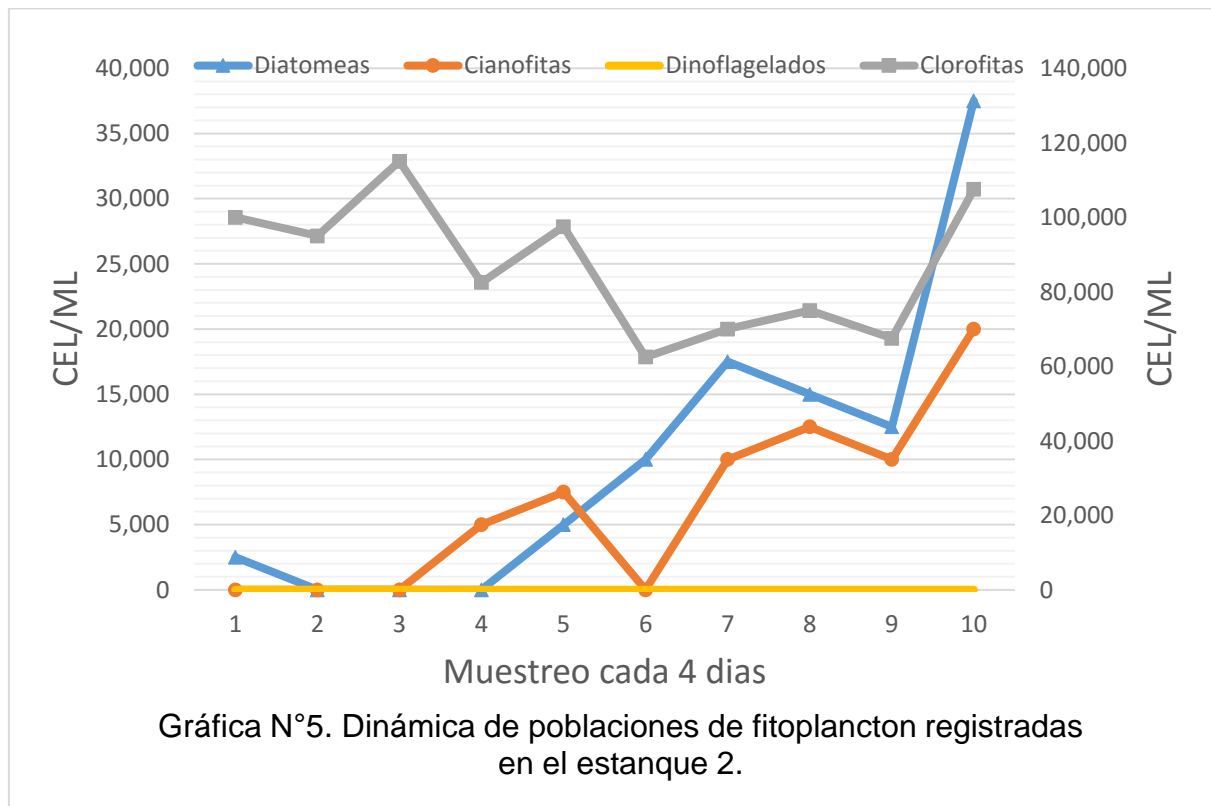
Por lo anteriormente descrito podemos decir que las concentraciones de algas están en condiciones aceptables, excepto en las primeras semanas en las que las diatomeas estuvieron debajo del valor óptimo



En el estanque 2, se obtuvo como resultado que el grupo que más predominó fue las clorofitas con una cantidad de 115,000 cel/ml, siguiendo las diatomeas con 37,500 cel /ml, teniendo en tercer lugar el grupo de las Cianofitas con 20,000 cel/ml y por último el grupo de los dinoflagelados con 0 cel/ml. Ver gráfico N°5

Según Treece (1994), las densidades deseables de microalgas varían para el caso de Diatomeas deben de estar en un intervalo de 20,000 cel/ml a más; las Cianofitas deben alcanzar una población máximo de 40,000 cel/ml, las clorofitas por encima de las 50,000 Cel./ml

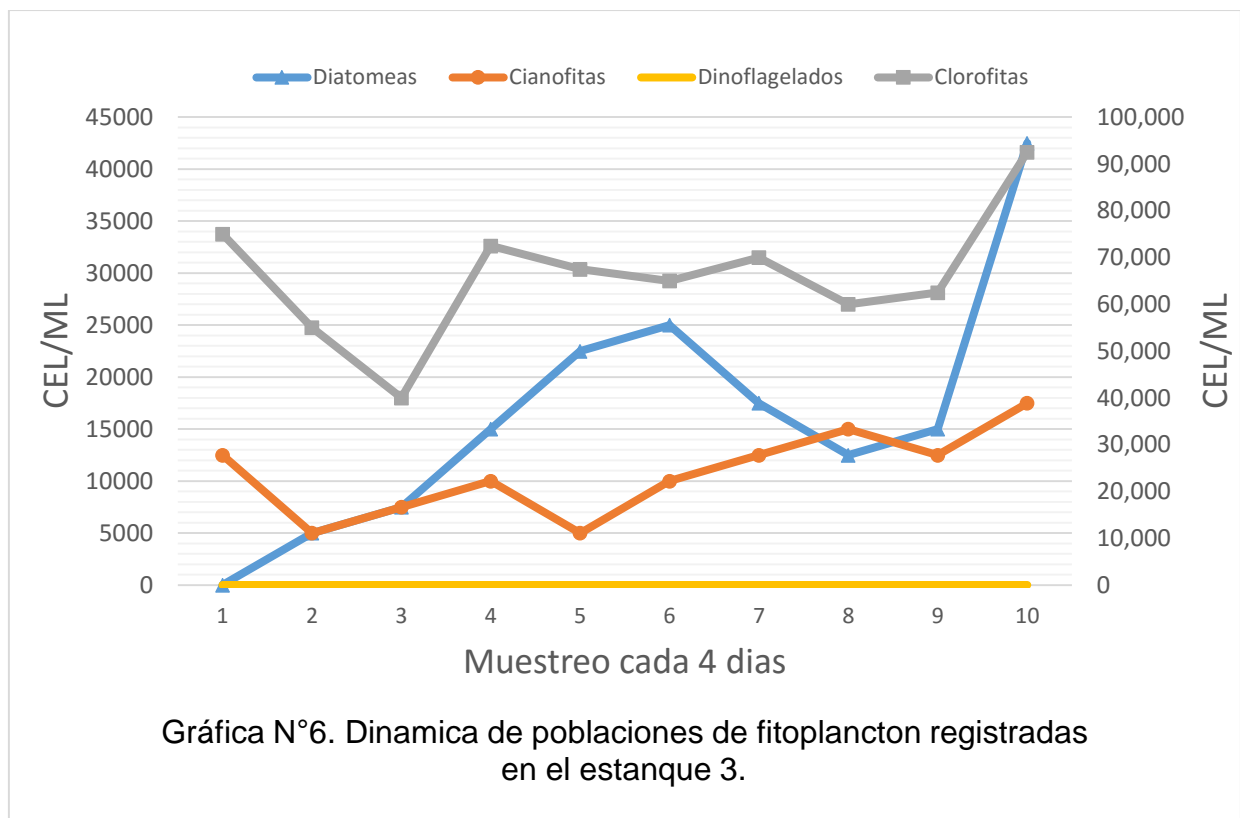
Por lo antes expuesto, se concluye que la cantidad de diatomeas encontradas no son similares a las reportadas por el autor antes señalado, sin embargo se desarrollan las tilapias aparentemente en buenas condiciones. Para el caso de las, clorofitas y Cianofitas se encuentran en las cantidades adecuadas y no afectan a los organismos en cultivo.



En el estanque 3, se obtuvo como resultado que el grupo que más predominó fue las clorofitas con una cantidad de 92,500 cel/ml, siguiendo las diatomeas con 42,500 cel /ml, teniendo en tercer lugar el grupo de las cianofitas con 17,500 cel/ml y por último el grupo de los dinoflagelados con 0 cel/ml. Ver gráfico N°6

Según Treece (1994) las densidades deseables de microalgas varían para el caso de Diatomeas deben de estar en un intervalo de 20,000 cel/ml a más; las Cianofitas deben alcanzar una población máximo de 40,000 cel/ml, las clorofitas con un valor mínimo de 50,000 cel/ml

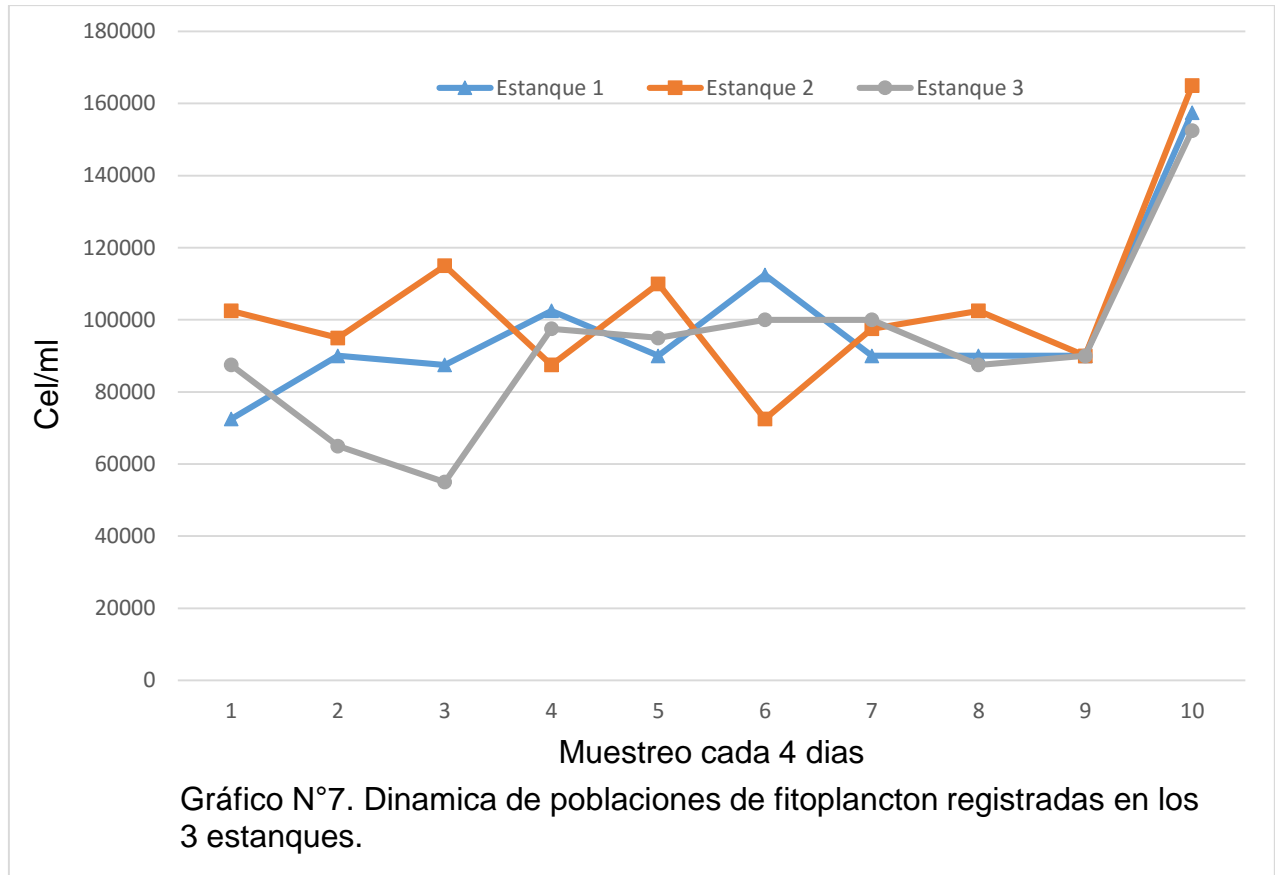
Por lo antes expuesto, se concluye que la cantidad de diatomeas encontradas no están en las cantidades propuesta por autor antes señalado, sin embargo los organismos acuáticos pueden vivir en aparente normalidad por debajo del rango que describe Treece (1994). Para el caso de las, clorofitas y Cianofitas se encuentran en las cantidades adecuadas y no afectan a los organismos acuáticos.



Los recuentos totales de algas están ubicados de la siguiente manera, el mayor crecimiento de algal está en el estanque 2 con un total de 165,000 Cel./ml, seguido encontramos al estanque 1 con un total de 157,500 cel/ml y por último el estanque 3 en el que encontramos 152,500 cel/ml.

Según Treece (1994), los rangos óptimos en cuanto a crecimiento total de algas encontramos que está entre los 80,000 y los 300,000 cel/ml.

En la Gráfica N° 7, podemos observar y afirmar que los valores obtenidos en el experimento están dentro de los valores adecuados para el cultivo de organismos acuáticos.



#### 5.4 Índice de diversidad.

Según Moreno (2001). Si  $H' = 0$ , solamente cuando hay una sola especie en la muestra y  $H'$  es máxima cuando las especies están representadas por el mismo número de individuos. El valor máximo suele estar cerca de 5.

Por lo antes descrito, podemos decir que la diversidad y la riqueza biológica de las especies de fitoplancton son abundantes ya que el índice de diversidad de Shannon está en el intervalo de 3.

Tabla N° 1. Índice de Diversidad de especies.

N°	Especies	Cantidad	Pi	H'
1	<i>Spirulina Platensis</i>	8	0.04	-0.192
2	<i>Oscillatoria Princeps</i>	8	0.04	-0.192
3	<i>Oscillatoria Corallinae</i>	6	0.03	-0.157
4	<i>Skeletonema Tropicum</i>	6	0.03	-0.157
5	<i>Skeletonema Costatum</i>	5	0.03	-0.138
6	<i>Chlorella Vulgaris</i>	36	0.19	-0.455
7	<i>Chlorella Skoriniana</i>	55	0.29	-0.518
8	<i>Chaetocero Pendulus</i>	8	0.04	-0.192
9	<i>Oocystis solitaria</i>	5	0.03	-0.138
10	<i>Navícula Trivialis</i>	9	0.05	-0.208
11	<i>Gyrosigma Procerum</i>	8	0.04	-0.192
12	<i>Rhizosolenia Alata</i>	6	0.03	-0.157
13	<i>Volvox aereus</i>	24	0.13	-0.377
14	<i>Coscinodiscus Radiatus</i>	3	0.02	-0.094
15	<i>Amphora Arenicola</i>	3	0.02	-0.094
	total	190		3.265

## 5.5. Índice de riqueza de especies.

La riqueza de especies está determinada por la cantidad de especies encontradas y la variedad de estas. Como se puede observar en la tabla 2 el estanque que presenta mayor índice de riqueza es el estanque 1, con un valor por encima de 3, en el cual Moreno (2001) nos dice que Si  $H' = 0$ , solamente cuando hay una sola especie en la muestra y  $H'$  es máxima cuando las especies están representadas por el mismo número de individuos. El valor máximo suele estar cerca de 5.

Entre los valores encontrados de índice de riqueza por estanque podemos decir que para el estanque 1 el índice es **3.2702**, para el estanque 2 es de **3.195**, y para el estanque 3 es **3.2581**

Tabla N°2. Índice de Riqueza de Especies.

N°	Especies.	Estanque 1			Estanque 2			Estanque 3		
		Cantidad	Pi	H'	Cantidad	Pi	H'	Cantidad	Pi	H'
1	<i>Spirulina Platensis</i>	2	0.0317	-0.1580	4	0.0606	-0.245	2	0.0328	-0.1617
2	<i>Oscillatoria Princeps</i>	3	0.0476	-0.2092	2	0.0303	-0.153	3	0.0492	-0.2137
3	<i>Oscillatoria Corallinae</i>	2	0.0317	-0.1580	2	0.0303	-0.153	2	0.0328	-0.1617
4	<i>Volvox Aereus</i>	9	0.1429	-0.4011	8	0.1212	-0.369	7	0.1148	-0.3584
5	<i>Oocystis solitaria</i>	2	0.0317	-0.1580	2	0.0303	-0.153	1	0.0164	-0.0972
6	<i>Chlorella Vulgaris</i>	12	0.1905	-0.4557	13	0.1970	-0.462	11	0.1803	-0.4456
7	<i>Chlorella Skoriniana</i>	17	0.2698	-0.5100	20	0.3030	-0.522	18	0.2951	-0.5196
8	<i>Chaetocero Pendulus</i>	2	0.0317	-0.1580	2	0.0303	-0.153	4	0.0656	-0.2578
9	<i>Skeletonema Tropicum</i>	2	0.0317	-0.1580	1	0.0152	-0.092	3	0.0492	-0.2137
10	<i>Navicula Trivialis</i>	4	0.0635	-0.2525	3	0.0455	-0.203	2	0.0328	-0.1617
11	<i>Gyrosigma Procerum</i>	3	0.0476	-0.2092	2	0.0303	-0.153	3	0.0492	-0.2137
12	<i>Rhizosolenia Alata</i>	2	0.0317	-0.1580	2	0.0303	-0.153	2	0.0328	-0.1617
13	<i>Skeletonema Costatum</i>	1	0.0159	-0.0949	3	0.0455	-0.203	1	0.0164	-0.0972
14	<i>Coscinodiscus Radiatus</i>	1	0.0159	-0.0949	1	0.0152	-0.092	1	0.0164	-0.0972
15	<i>Amphora Arenicola</i>	1	0.0159	-0.0949	1	0.0152	-0.092	1	0.0164	-0.0972
	total.	63		3.2702	66		3.195	61		3.2581

## VI. CONCLUSIONES

1. En cuanto a los parámetros físicos y químicos se puede concluir que tanto, la temperatura y el pH, se encontraban en intervalos con valores óptimos para el crecimiento de fitoplancton en el que cada uno de los estanques tuvo diversas oscilaciones pero siempre dentro de los intervalos óptimos excepto el parámetro de oxígeno que siempre estuvo fuera del intervalo óptimo acercándose a valores críticos en cada uno de los tres estanques
2. Se encontraron 3 de los grupos de fitoplancton, la clorofitas se presentaron en mayor cantidad entre las clorofitas se encontraron las siguientes especies: *Chlorella*, *Vulgaris*, *Chlorella Skoriniana*, *Volvox aereus*, *Oocystis solitaria*; luego el grupo de las diatomeas en las que se encontraron más especies pero en menor cantidad que las antes descritas entre estas están las siguientes: *Skeletonema Tropicum*, *Skeletonema Costatum*, *Chaetoceros Pendulus*, *navícula triviales*, *Gyrosigma Procerum*, *Rhizosolenia Alata*, *Coscinodiscus Radiatus* y *Amphora arenícola*; y por último el grupo de las cianofitas en el que se encontraron las siguientes especies: *Spirulina Platensis*, *Oscillatoria prínceps*, y *Oscillatoria Corallinae*.
3. En cuanto a la dinámica de cada uno de los grupos encontrados de fitoplancton podemos concluir que se mantuvieron entre los intervalos óptimos, por lo tanto decimos que el agua de cultivo es apta para el cultivo de organismos acuáticos en nuestro caso de *tilapia sp.*
4. El índice de diversidad de Shannon-Weiner, nos hace concluir que la diversidad de las especies es alta por los que esta se encuentra arriba del intervalo tres siendo su valor máximo cinco.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Contar con equipos como los que hemos usado en nuestra investigación de buena calidad, para así tener buenos resultados
- Hacer análisis de fitoplancton diariamente para determinar si los grupos de algas existentes en los estanques son deseados para la nutrición de los organismos en cultivo y así evitar proliferaciones de fitoplancton.
- Mantener una buena calidad de agua en los estanques donde están los organismos en cultivo para garantizar buena calidad y cantidad de fitoplancton deseado en los estanques.



## VIII. BIBLIOGRAFÍA.

Anónimo 1, 2005. Aquaculture, yearbook of fishery statistics. Vol., 96/2. Budapest, Hungría. Pág. 42. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/010/a1238e/a1238e00.htm>

Anónimo 2, Profauna. 1996. Diagnóstico actual y problemática del cultivo de tilapia en Venezuela. MARNR, Caracas, pág. 46. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S079872692005000400008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S079872692005000400008&script=sci_arttext)

Anónimo 3, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION et al, 1981. Methods for the Examination of Water and Wastewater. 15 ed. New York, USA. Pag. 14-21. Consultado el 26 de agosto de 2015. Disponible en:

[http://www.mwa.co.th/download/file\\_upload/SMWW\\_1000-3000.pdf](http://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf)

Bold, H. C. y M. Wynne. 1985. Introduction to the Algae: Structure and Reproduction. 2a. ed., Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. pág.720. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

<http://www.elsevier.es/es-revista-revista-mexicana-biodiversidad-91-articulo-biodiversidad-del-fitoplancton-aguas-continentales-90372260>

Boyd, C. E. 1995 bottom soils, sediment and pond aquaculture. Capman and hall, New York, New York, USA. Pág. 517-520. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8666/1/lkrebs.pdf>

Boyd, C.E. (1990). Water quality in ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University. Birmingham Publishing Co.

Alabama, USA. Pág 482. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015.  
Disponible en:

<https://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0CG0QFjAJahUKEwjV6ZPVIIbGAhWEN6wKHenABo&url=http%3A%2F%2Fwww.cseas.kyotou.ac.jp%2Fbrahmaputra%2FJAE%2FASFBpdf%2F10.AFSB5%25282%2529pdf%2F27.%2520Ahmed%2520Parvvez3.pdf&ei=VLh4VdXvFITvsAXvz4LQAQ&usq=AFQjCNHdcp6SITaMTrxgu41hRZSQdd4OA&sig2=P5W9uOMKYXlwQoIPKd27XQ>

Boyd, C. E. and D. Gautier. 2000. Effluent composition and water quality standards. Global Aquaculture Advocate pág. 61-66. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

<http://www.limnology.ro/Lakes/2013/201307101.pdf>

Boyd, C. E. and C. S. Tucker. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts, USA. Pág. 700. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

[http://www.powershow.com/view/2805e8Zjk1M/Diapositiva\\_1\\_flash\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/2805e8Zjk1M/Diapositiva_1_flash_ppt_presentation)

Branco, S. M. 1978. Hidrología aplicada a engenharia Sanitária. 2 ed. CETESB, Sao Paulo, Brazil. Pag. 42. Consultado el 26 de Agosto de 2015.  
Disponibles en:

<http://www.ambiente.sp.gov.br/pactodasaguas/files/2011/05/livro-Fundamentos-da-Gestao-da-agua-sma.pdf>

Carbonell, M. C. 1981. Fitoplancton de República Dominicana. Boletín Científico del CIOH No. 3, pág. 11-52. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

[www.cioh.org.co/files/Doc/Fitoplancton2012.pdf](http://www.cioh.org.co/files/Doc/Fitoplancton2012.pdf)

Castillo L.F. 1993. Genética e Ictiopatología. Seminario "Aplicación de nuevas tecnologías para la producción del híbrido de tilapia roja" Univ. Jose Tadeo Lozano, Bogotá. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Pág. 10.

[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S079872692005000400008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S079872692005000400008&script=sci_arttext)

Cortés- Altamirano, R. 1989. Fitoplancton del lago de Chapala, Jalisco. Tiempos de Ciencia. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. Pág. 51-53. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-4532014000200006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-4532014000200006&script=sci_arttext)

Costa-Pierce, B.A. y Hadikusumah, H. 1995. Production management of double-net tilapia *Oreochromis* spp. hatcheries in a eutrophic tropical reservoir. Journal of the World Aquaculture Society. London, United Kingdom. pág. 453-459. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

[https://www.unan.edu.ni/dir\\_invest/web\\_judc/proyectos.../tilapia.pdf](https://www.unan.edu.ni/dir_invest/web_judc/proyectos.../tilapia.pdf)

Cotto, A. (2013). Peces y Pesca en Nicaragua. Consultado el 21 de agosto de 2015. Blog disponible en:

<http://pecesyescanicaragua.blogspot.com/2013/03/la-produccion-y-el-consumo-y-de-tilapia.html>.

David, M y M. Percovi. 2003. Ballast Water sampling in the Republic of Slovenia. In: Globallast monograph series N° 9. 1st International Workshop on guidelines and standards for Ballast Water Sampling. Rio de Janeiro, Brazil. Pág. 22-30. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

<http://projects.inweh.unu.edu/inweh/display.php?ID=3390>

Dodgshun, T. 2003. Sampling Ships, Ballast Water. The New Zealand Experience (Or Beaasts in Ballast water and how Catch Them) In: Globallast monograph series N° 9. 1st International Workshop on guidelines and standards for Ballast Water Sampling. Rio de Janeiro, Brazil. Pág 55-60. (En línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

<http://projects.inweh.unu.edu/inweh/display.php?ID=3390>

Guiry, M.D. and Guiry, G.M. 2011 AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Ireland. (En línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en :

<http://www.algaebase.org>.

Herrera Sirias, C. 2012. Calidad de Agua, Ingeniería Acuícola, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA, LEON-NICARAGUA., folleto de Curso de Calidad de agua 2012. Pág. 8. (En línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015 Disponible en:

<https://docs.google.com/file/d/0B26D1eFiWs9AY1h1WTV1d2VKcDQ/edit>

John, D.M. and Tsarenko, P.M. 2002 Order Chlorococcales. In: The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae. (John, D.M., Whitton, B.A. & Brook, A.J. Eds), Cambridge: Cambridge University Press. Pág. 327-409. (En línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

[http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species\\_id=T0f98372dbf62e526](http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=T0f98372dbf62e526)

Kilham, P. y R. E. Hecky. 1988. Comparative ecology of marine and freshwater phytoplankton. Limnology and Oceanography. Sydney, Australia. Pág. 776-795. (En línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

[http://www.aslo.org/lo/toc/vol\\_33/issue\\_4pt2/0776.pdf](http://www.aslo.org/lo/toc/vol_33/issue_4pt2/0776.pdf)

Lara-Villa, M., Moreno-Ruiz, J. y Amaro-Mauricio, E. (1996). Fitoplancton: conceptos básicos y técnicas de laboratorio (pp. 227). México: Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

Lee, Robert E. 2008. Phycology. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom. (Consultado Agosto 21 de 2015). Disponible en:

[www.cioh.org.co/files/Doc/Fitoplancton2012.pdf](http://www.cioh.org.co/files/Doc/Fitoplancton2012.pdf)

<http://www.dbbe.fcen.uba.ar/contenido/objetos/PhycologyLee.pdf>

López Osorio, R. 2011. Catálogo de Fitoplancton de la Bahía de Cartagena, Bahía Portete y Agua de Lastre. Dirección General Marítima- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Ed Dimar, Serie de Publicaciones Especiales CIOH Vol 5. Cartagena de Indias, Colombia. Pág. 135 (Consultado en Septiembre 4 de 2015) Disponible en:

<http://www.cioh.org.co/files/Doc/Fitoplancton2012.pdf>

Martínez E y Herrera C. 2012. Folleto Guía para el componente curricular calidad de agua en estanques acuícolas. UNAN-León, Nicaragua. Pág.1-28. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

[https://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB0QFjAAahUKEwjtauCxIbGAhVCI6wKHTtWAI4&url=http%3A%2F%2Frevista.unanleon.edu.ni%2Findex.php%2Funiversitas%2Farticle%2Fdownload%2F72%2Fpdf\\_7&ei=-](https://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB0QFjAAahUKEwjtauCxIbGAhVCI6wKHTtWAI4&url=http%3A%2F%2Frevista.unanleon.edu.ni%2Findex.php%2Funiversitas%2Farticle%2Fdownload%2F72%2Fpdf_7&ei=-)

[I4VaPMIsLGsAW7rIHwCA&usq=AFQjCNF\\_sdeYgVyDyQqUMwUYZ5ZyuwxM9w&sig2=pOov5jzGoJ4VIl3h0TQ6mQ](https://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB0QFjAAahUKEwjtauCxIbGAhVCI6wKHTtWAI4&url=http%3A%2F%2Frevista.unanleon.edu.ni%2Findex.php%2Funiversitas%2Farticle%2Fdownload%2F72%2Fpdf_7&ei=-I4VaPMIsLGsAW7rIHwCA&usq=AFQjCNF_sdeYgVyDyQqUMwUYZ5ZyuwxM9w&sig2=pOov5jzGoJ4VIl3h0TQ6mQ)

Martínez E. y Zapata B. 1997. Aprovechamiento del alimento natural, para el engorde y la importancia del control y del análisis de los parámetros. IV encuentro nacional de productores de cultivo. El Viejo, Chinandega. Pág. 15-30. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en: <http://encuentro.uca.edu.ni/images/stories/2012/pdf/51e/51e3a.pdf>

Martínez Gonzales, E. Herrera Sirias, Claudia y Ortega, Salvador. 2009. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de Biología. Manual de fitoplancton en aguas marinas y estuarinas. León, Nicaragua.

NICOVITA. (2002). Manual de crianza de Tilapia. (En línea). Consultado 23 abril 2012. Disponible en:

<http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>

Moreno C.E. 2001. M&T – Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Métodos para medir la biodiversidad. CYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, ORCYT – UNESCO, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO. 86 p.

<http://www.sea-entomologia.org/PDF/M&TSEA02.pdf>

Novelo, E. 2003. Bibliografía sobre aguas continentales de México (1974-2002). *In* Contribuciones ficológicas de México, D. Robledo Ramírez, J. L. Godínez Ortega y Y. Freile-Pelegrín (eds.). Sociedad Ficológica de México, A. C., Mérida. México. Pág. 63-88. Consultado (Agosto 22 de 2015) Disponible en:

<http://mtodo-iv-405.yolasite.com/resources/prog%20metod%20iv.pdf>

Novelo, E. 2011. Cyanoprokaryota. Flora del Valle de Tehuacán- Cuicatlán. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F. Fascículo 90:1-96. Pág 27-43 Consultado (Agosto 21 de 2015) Disponible en:

[http://www.ibiologia.unam.mx/barra/publicaciones/floras\\_tehuacan/2012/F90\\_Cyan\\_comp.pdf](http://www.ibiologia.unam.mx/barra/publicaciones/floras_tehuacan/2012/F90_Cyan_comp.pdf)

Novelo, E. 2012. Chlorophyta. Flora del Valle de Tehuacán- Cuicatlán. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F. Fascículo 94:1-86. Pág. 14-28 (Agosto 21 de 2015) Disponible en:

[http://www.ib.unam.mx/m/revista/pdfs/06.-\\_1256.pdf](http://www.ib.unam.mx/m/revista/pdfs/06.-_1256.pdf)

Novelo, E. y R. Tavera. 2011. Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. *Hidrobiológica* 21:333-341. Pág. 23-32 (Agosto 21 de 2015)  
Disponible en:

[http://apps.elsevier.es/watermark/ctl\\_servlet? f=10&pident\\_articulo=90372260&pident\\_usuario=0&pcontactid=&pident\\_revista=91&ty=128&accion=L&origen=zonadelectura&web=www.elsevier.es&lan=es&fichero=91v85nSupl.1a90372260pdf001.pdf](http://apps.elsevier.es/watermark/ctl_servlet? f=10&pident_articulo=90372260&pident_usuario=0&pcontactid=&pident_revista=91&ty=128&accion=L&origen=zonadelectura&web=www.elsevier.es&lan=es&fichero=91v85nSupl.1a90372260pdf001.pdf)

Novelo, E., R. Tavera y C. Ibarra. 2007. Bacillariophyceae from karstic wetlands in Mexico. J. Cramer, Stuttgart. pág 136. (Agosto 21 de 2015)  
Disponible en:

[http://apps.elsevier.es/watermark/ctl\\_servlet? f=10&pident\\_articulo=90372260&pident\\_usuario=0&pcontactid=&pident\\_revista=91&ty=128&accion=L&origen=zonadelectura&web=www.elsevier.es&lan=es&fichero=91v85nSupl.1a90372260pdf001.pdf](http://apps.elsevier.es/watermark/ctl_servlet? f=10&pident_articulo=90372260&pident_usuario=0&pcontactid=&pident_revista=91&ty=128&accion=L&origen=zonadelectura&web=www.elsevier.es&lan=es&fichero=91v85nSupl.1a90372260pdf001.pdf)

Pla, Laura, 2006. «Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza». *Interciencia* 31 (8). ISSN 0378-1844. Consultado el 24 de agosto de 2015. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/339/33911906.pdf>

Pérez J., C. Graziani y M. Nirchio. 1997. Hasta cuando los exóticos. *Act. Cient. Ven.*, 48(3): pag.127-129. Disponible en:

[www.interciencia.org/v24\\_05/perez.pdf](http://www.interciencia.org/v24_05/perez.pdf)

Quiroz, C. H. 1999. Abundancia y diversidad del fitoplancton en estanques con policultivo de peces, utilizando fertilizantes orgánicos, inorgánicos y combinados. *Ciencia y Mar* pag. 3-12. (en línea), Consultado 20 de agosto de 2015. Disponible en:

[http://www.cib.uaem.mx/pdf/Hidrobiologia\\_Publicaciones.pdf](http://www.cib.uaem.mx/pdf/Hidrobiologia_Publicaciones.pdf)

Reynolds, C. S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge. United Kingdom. Pag. 384. (en línea). Consultado 22 de Agosto de 2015. Disponible en:

<http://icesjms.oxfordjournals.org/content/65/8/1475.full>

Reynolds, C. S. 1996. Plant life of the pelagic. Proceedings of the International Association for Theoretical and Applied Limnology. pág. 97-113. (En línea) Consultado 22 de agosto de 2015. Disponible en:

<https://books.google.com.ni/books?id=xVDRBQAAQBAJ&pg=PA60&lpg=PA60&dq=Reynolds,+C.+S.+1996.+Plant+life+of+the+pelagic.+Proceedings+of+the+International+Association+for+Theoretical+and+Applied+Limnology.&source=bl&ots=eTbmIOTYDk&sig=gCg9TRprCP5t8XfGw6EGKJk0PfE&hl=es>  
=  
[419&sa=X&ved=0CCQQ6AEwAWoVChMluby1rcTAxwIVBtgeCh2VngDh#v=onepage&q=Reynolds%2C%20C.%20S.%201996.%20Plant%20life%20of%20the%20pelagic.%20Proceedings%20of%20the%20International%20Association%20for%20Theoretical%20and%20Applied%20Limnology.&f=false](https://books.google.com.ni/books?id=xVDRBQAAQBAJ&pg=PA60&lpg=PA60&dq=Reynolds,+C.+S.+1996.+Plant+life+of+the+pelagic.+Proceedings+of+the+International+Association+for+Theoretical+and+Applied+Limnology.&source=bl&ots=eTbmIOTYDk&sig=gCg9TRprCP5t8XfGw6EGKJk0PfE&hl=es)

Rosas, A., R. Velasco, A. Belmont y A. M. Báez. 1993. The algal community as an indicator of the trophic status of lake Patzcuaro, México. México. Environmental Pollution. pág. 255-264. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

[http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/cong\\_nal\\_06/tema\\_05/17\\_magdalena\\_velazquez.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/cong_nal_06/tema_05/17_magdalena_velazquez.pdf)

Royero R. y C. Lasso.1992. Distribución actual de la Mojarra de Río, Caquetaia kraussii (Steindachner, 1878) (Perciformes, Cichlidae) en Venezuela: Un ejemplo de problema de la introducción de especies. Soc. Cien. Nat. La Salle, 52(138): pág. 163-180. (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:



[http://cdcht.ucla.edu.ve/investigacion/peces/1.%20Pagina%20WEB%20Bio%20diversidad%20Tocuyo%202011/pdf/2005\\_Rodriguez-Olarte\\_et\\_al\\_Prochilodus\\_Introduccion\\_Aroa.pdf](http://cdcht.ucla.edu.ve/investigacion/peces/1.%20Pagina%20WEB%20Bio%20diversidad%20Tocuyo%202011/pdf/2005_Rodriguez-Olarte_et_al_Prochilodus_Introduccion_Aroa.pdf)

Trewavas, E. 1982. Tilapias: Taxonomy and speciation. In R. S. V. Pullin and R.H. Lowe – McConell (eds) The Biology and Culture of Tilapias. ICLARM. Conference Proceeding. Pág. 7-13. (En línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015 Disponible en:

<http://books.google.com.ni/books?id=rtoFISlmzoC&lpg=PA3&ots=Lb5pJXAESz&dq=Tilapias%3A%20taxonomy%20and%20speciation.&pg=PR1#v=onepage&p=Tilapias:%20taxonomy%and%20speciation.&f=false>

.Tomas C. 1997. Identifying marine phytoplankton. Academic Press. New York. USA. Pág. 858.

<http://www.cim.uh.cu/rim/pdf/2002/3/2002-229.pdf>

Treece, Granvil D. 1994. Métodos para mejorar la Camaronicultura en Centroamérica, Fertilización. Texas A&M University, Sea Grant College Program 2700 Earl Rudder Frwy.South College Station, Texas 77845. Pág. 94-98.

Vaulot, D. 2006. Phytoplankton. eLS. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. <http://www.els.net> (doi: 10.1038/npg.els.0004306). (en línea). Consultado el 21 de Agosto de 2015. Disponible en:

<http://www.elsevier.es/en-revista-revista-mexicana-biodiversidad-91-articulo-biodiversidad-del-fitoplancton-aguas-continetales-90372260>

Weber, Cornelius I. 1973. Biological field and laboratory methods for measuring the quality of surface waters and effluents. Cincinnati, EPA, USA. Pag 46. Consultado el 26 de agosto de 2015, Disponible en:

<http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/library/upload/Biological-Methods-Manual-07-1973.pdf>

Wher, J. D. 2003. Freshwater habitats of algae. *In* Freshwater algae of North America. Ecology and classification, J. D. Wher y R. J. Sheath (eds.). Academic Press, San Diego. Pág. 11-57.

<http://khwyatt.iweb.bsu.edu/publications/Wyatt%20et%20al.%202008.pdf>

**IX. ANEXOS.**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA.

UNAN-LEÓN.



Fecha.	FITOPLANCTON Cel./ml				
	Diatomeas	Cianofitas	Clorofitas	Dinoflagelados	Total



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA.

PARAMETROS FÍSICOS – QUÍMICOS



Factores Físicos y Químicos.			
Fecha:	Oxígeno Disuelto.	Temperatura	pH.



Disco de Secchi

pH-metro.



Oxigenometro.

Camara Neubauer





Microscopio

