

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA**

**UNAN – MANAGUA**

**RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**



**TRABAJO DE SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**COMPOSICIÓN FITOPLANCTÓNICA DE CINCO ESTANQUES DE LA GRANJA  
DEMOSTRATIVA DE CULTIVO DE PECES “LA CALERA”, MEDIANTE LA  
FERTILIZACIÓN INORGÁNICA EN EL PERÍODO COMPRENDIDO DE  
OCTUBRE- FEBRERO (2007-2008).**

**Autores:**

Bra. Gladys Ivania Guevara Sánchez.

Br. José María Ruiz Carcache.

**Tutora:**

MSc. Guillermina Alaniz.

**Asesores Técnicos:**

MSc. Ninoska Chow Wong.

MSc. Ana Rosa Mayorga.

**Managua, Marzo, 2008.**

## **DEDICATORIA**

*A todos ustedes que cayeron aquel día por defensa de su credo, y principalmente a vos papá; gracias por tu sacrificio ese 31 de Mayo de 1979, gracias por tu sangre que corre en mí, gracias por tus ideales, por tu revolución. Gracias por sentirme orgullosa de ser tu hija, aunque nunca nos conocimos...siempre estás presente en mí.*

*A mi mamá Isabel; donde quiera que estés, la extraño y añoro sus consejos.*

*A mi madre; por ser quien es, por estar a mi lado en los momentos difíciles y sobre todo por legarme el tesoro más preciado...la educación.*

*A mi familia; por aguantar a esta bioloca.*

*A mis amigas y amigos de todas partes (ellos saben quienes son).*

*A la naturaleza; por esculpir este bello planeta y permitirme ser parte de él.*

*Y al amor... ven y pinta con tus colores en el lienzo de mi vida.*

*Gladys Ivania Guevara Sánchez.*

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por darme fortaleza de seguir luchando y con su ayuda seguir cumpliendo mis metas propuestas.*

*A mi madre, Azucena Carcache Obregón por todo su esfuerzo, dedicación y sacrificio abnegado, para que yo concluyera mis estudios universitarios.*

*Mis hermanas Ana y Alex, por estar pendientes de mí y por compartir buenos y malos momentos siempre juntos. En especial a mi hermano Marcos José por su grato interés de preocuparse por mí y por sus consejos y su ayuda incondicional durante mi preparación académica.*

*A mi primo Noel Martín por brindarme su apoyo absoluto durante mis estudios en la UNAN.*

*A don Enrique Jiménez por haberme brindado la oportunidad de trabajar medio tiempo durante estuve estudiando hasta el final.*

*José María Ruíz Carcache.*

## **AGRADECIMIENTO**

Este pequeño esfuerzo no hubiese sido posible sin el apoyo técnico-material del grupo de especialistas del Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA-UNAN), encabezado por su Director-Fundador MSc. Salvador Montenegro Guillén y en particular a MSc. Ninoska Chow Wong por su invaluable colaboración con las muestras cualitativas y cuantitativas.

Se agradece a MSc. Guillermina Alaniz por su guía en la metodología y tutoría; y muy especialmente a MSc. Ana Rosa Mayorga por sus críticas y confianza, así como al Ing. Walter Montiel por su apoyo en la revisión de este trabajo.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA-MANAGUA) y especialmente al grupo de trabajo de la granja demostrativa de peces “La Calera”, por permitirnos realizar este importante estudio en sus instalaciones; así como a la asociación AHIMSA por abrirnos sus puertas y brindarnos acceso a sus equipos de oficina.

## RESUMEN

El presente estudio se realizó con el propósito de determinar la composición, distribución y abundancia del fitoplancton en cinco estanques de cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*), que funcionan bajo el sistema semi-intensivo y opera mediante fertilización inorgánica en la granja demostrativa de peces “La Calera” en el período de estudio comprendido del 25 de Octubre 2007 al 02 de Febrero 2008. La granja se encuentra localizada en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria (UNA-Managua), situada en el km 12 ½ de la carretera Norte, departamento de Managua.

Para este estudio se realizaron quince muestreos de fitoplancton en los cinco estanques seleccionados, los cuales se analizaron en el laboratorio del CIRA-UNAN. Las muestras de los organismos fitoplanctónicos se identificaron a nivel de géneros y se estimó la abundancia numérica (células ml<sup>-1</sup>).

Durante el período de estudio se identificaron un total de 91 taxa perteneciente a seis divisiones del fitoplancton: Chlorophyta o algas verdes (57 taxa), Bacillariophyta o diatomeas (16 taxa), Cyanophyta o algas verde-azules (11 taxa), Euglenophyta o euglenoides (5 taxa), Dinophyta o dinoflagelados (1 taxón) y Xantophyta o algas verde amarillo (1 taxón).

Sobresalen los siguientes taxa: *Microcystis aeruginosa*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Chroococcus* sp (Cyanophyta), *Coelastrum astroideum*, *Chlorella* sp, *Ankistrodesmus* sp (Chlorophyta), *Cyclotella meneghiniana*, *Rhopalodia* sp, *Navicula* sp (Bacillariophyta). Las Euglenophyta, Dinophyta y Xantophyta obtuvieron menor presencia y es por eso que se incluyeron en el término en otros.

La alta representatividad de las Chlorophyta en los estanques, obedece en primer lugar a que este grupo constituye uno de los más grandes y diversos del fitoplancton, se encuentran mayormente distribuidos en las aguas dulces y están bien adaptados para colonizar diferentes hábitats. Muchos taxa constituyen una fracción importante en la alimentación de los peces.

Las densidades poblacionales promedios estuvieron en 661 959 cel ml<sup>-1</sup> para la división Cyanophyta, 54 684 cel ml<sup>-1</sup> para la división Chlorophyta, 37.059 cel ml<sup>-1</sup> para la división Bacillariophyta y otros con 1 465 cel ml<sup>-1</sup>.

## **ÍNDICE**

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. MARCO TEÓRICO	3
3.1 Generalidades de la granja demostrativa de peces "La Calera"	3
3.2 Estado actual de la infraestructura de la estanquería	7
3.3 Situación paisajística de la granja	8
3.4 Hábitos alimenticios de la Tilapia	8
3.5 Características de cultivo	8
3.6 Característica principal de los principales grupos de algas	10
3.7 Factores ambientales que afectan la distribución y crecimiento	19
3.8 Métodos de estudio del plancton	25
3.9 Análisis cualitativo	28
3.10 Análisis cuantitativo	28
IV. HIPÓTESIS	30
V. DISEÑO METODOLÓGICO	31
VI. RESULTADOS	35
VII. CONCLUSIONES	52
VIII. RECOMENDACIONES	53
IX. BIBLIOGRAFÍA	54
X. ANEXO	55



## I. INTRODUCCIÓN

Las microalgas o fitoplancton son organismos capaces de realizar fotosíntesis oxigénica, están presentes en el medio natural en una gran diversidad de especies y constituyen el alimento natural primario de toda la cadena trófica acuática ya que sintetizan y producen la nueva materia orgánica a partir de sustratos inorgánicos y energía lumínica.

El fitoplancton contiene elementos nutricionales básicos para los peces en forma de compuestos bioquímicos importantes tales como: alta concentración de proteínas (incluyendo aminoácidos esenciales), lípidos ricos en ácidos grasos insaturados, carbohidratos, vitaminas hidro y liposolubles, carotenoides, clorofilas, enzimas, aceites esenciales, hidrocarburos, glicerol, aminos, etc.

La acuicultura es una de las áreas de más rápido desarrollo en el campo de la producción alimenticia y las microalgas son el punto de partida biológico más importante en la cadena alimenticia acuática para el inicio del flujo de energía. A pesar de muchos esfuerzos realizados para reemplazar las microalgas por dietas inertes, la acuicultura depende todavía de su producción y utilización como alimento vivo para animales acuáticos comercialmente importante como es la Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Los estudios de Hephher (1962) mostraron que la producción de fitoplancton en estanques de peces químicamente fertilizados en Israel fue de cuatro a cinco veces más alta que los equivalentes que no recibieron fertilizantes. Es importante señalar que la pobre información sobre fitoplancton en estanques de Tilapia y su distribución a lo largo del ciclo productivo son limitantes importantes para el manejo integral de los mismos. En este sentido, el presente trabajo enfoca los esfuerzos hacia el conocimiento de la respuesta de la comunidad fitoplanctónica a la fertilización inorgánica en los estanques de cultivo de *Oreochromis niloticus* en la granja demostrativa “La Calera”, cuyo propósito fue conocer la composición, abundancia, distribución y comportamiento algal en estos sistemas de producción.

Esta investigación servirá de base a la granja “La Calera” para controlar y/o reducir las aplicaciones de fertilizante, los costos de producción y disminuir la carga de exceso de nutrientes hacia el afluente de los estanques, el río Acetuno.



## II. OBJETIVOS

### Objetivo general

Determinar la composición, distribución y abundancia del fitoplancton en cinco estanques de cultivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la granja de cultivo de peces La Calera (UNA-Managua).

### Objetivos específicos

- Identificar taxonómicamente las especies de fitoplancton en los cinco estanques de cultivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*).
- Determinar la distribución temporal del fitoplancton en los cinco estanques de cultivo.
- Conocer la abundancia numérica (células ml<sup>-1</sup>) del fitoplancton en los estanques de estudio de la granja “La Calera”.





### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Generalidades de la granja demostrativa de peces “La Calera” de la UNA/ADPESCA**

##### **3.1.1 Reseña histórica**

A partir del año 1999 la Universidad Nacional Agraria firmó convenio con la Administración Nacional de Pesca y Acuicultura (ADPESCA), el cual le otorga la administración de la Granja Demostrativa de Cultivo de Peces con el propósito de formar una unidad acuícola con funciones productivas y académicas. La granja desde su inicio fue construida para operar con una estación de alevinaje y producción de varias especies dulceacuícola, principalmente, alevines invertidos para comercializarlos con pequeños y grandes productores interesados en el engorde de Tilapia.

La producción de la granja UNA/ADPESCA en los últimos años ha decaído sensiblemente, debido a problemas administrativos, calidad de agua, calidad de alimento suministrado a los peces, deterioro de las instalaciones, etc.

Después de la firma del convenio UNA/ADPESCA, la Universidad integró la materia de Acuicultura General en las carreras de Zootecnia y Patología Acuícola y Medicina Veterinaria. Ambas se imparten en la Facultad de Ciencia Animal (FACA), también se conformó el Departamento de Acuicultura de FACA. Este Departamento funciona en el mismo local de la granja y además de producir alevines monosexo para la venta, le corresponde desarrollar tareas académicas como las prácticas de campo y laboratorio de las asignaturas referidas, así como el desarrollo de módulos prácticos con los alumnos de los primeros años, realizar investigación, extensión y capacitación de productores.

La granja con la infraestructura construida tiene la capacidad de poder desarrollar de 3 a 4 ciclos productivos anualmente pudiendo ofertar al mercado hasta medio millón de alevines invertidos por ciclo. La estanquería utilizada en la granja demostrativa de peces “La Calera” de la UNA/ADPESCA, tiene 26 años de construcción.



### 3.1.2 Situación actual

- **Recurso agua**

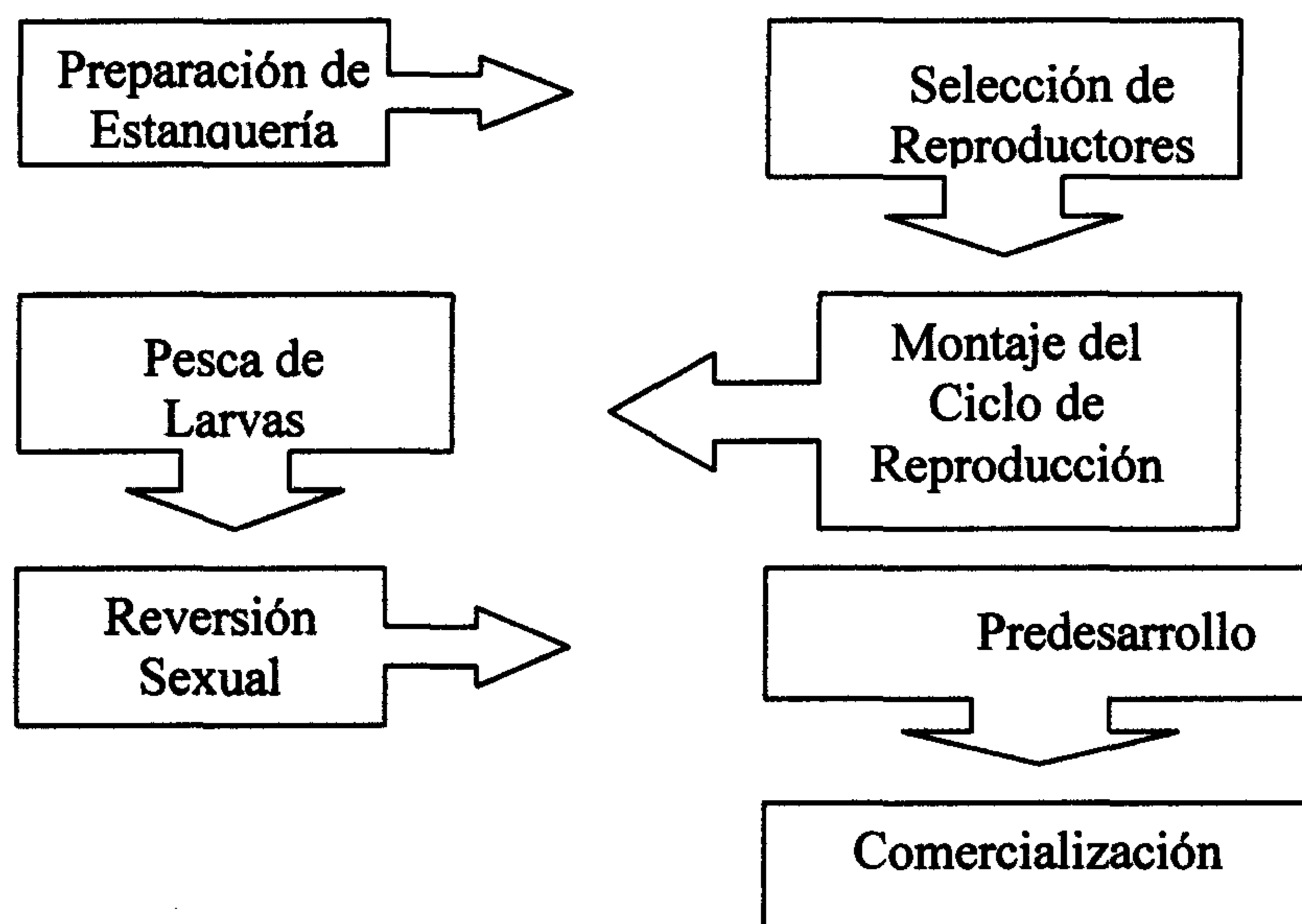
Desde su fundación la granja se abastecía de agua proveniente del río Acetuno que nacía en los predios de la Universidad Nacional Agraria y su cauce bordeaba las áreas de la granja. Posteriormente, por afectaciones del nivel freático debido a las perforaciones de pozos en la Zona Franca el río se secó, quedando el abastecimiento de agua para la granja limitado a un pozo artesanal. En el año 2005, la granja perforó un nuevo pozo con una capacidad de 600 galones  $\text{min}^{-1}$  el cual está conectado a una bomba sumergible Suivint Flex con una tubería de arranque de 6 pulgadas. El pozo abastece de agua a la granja, al arboretum y a los jardines aledaños. Actualmente la granja, según opiniones del responsable de producción, posee problemas de calidad de agua por alteración de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

### Recurso tierra

La granja posee una superficie de 2,8 hectáreas, la cual está cercada por muros de lozetas (50%) y malla (281,9 m). El área de estanquería de la granja comprende un total de 0,72 hectáreas, sumado a esto el área de los edificios, quedando disponible una superficie de aproximadamente una hectárea para posible ampliación de instalación.

### 3.1.3 Tecnología de cultivo

Figura N° 1. Flujograma del proceso de cultivo de peces





### **Preparación de estanquería**

Antes de iniciar el ciclo del cultivo de peces, las paredes de los estanques que serán utilizados, se lavan para eliminar las capas de lama presente, así mismo se chapea el fondo de los estanques. Posteriormente, las paredes y fondos ya desinfectados mediante la aplicación de cal se dejan por un período de tres días al sol, luego la cal es retirada lavándose con agua.

Antes del llenado de los estanques se coloca la tubería de aireación sujetado con bloques para evitar que se suspendan a la superficie. Realizada esta actividad, se inicia el llenado de los estanques hasta obtener una columna de agua de 120 cm. En la preparación de la estanquería es importante la cantidad y tipo de fertilizante a usar. En “La Calera” se utiliza fertilizante inorgánico NPK 15 (Ver Anexo Tabla N° 1).

El agua del estanque se fertiliza con nitrógeno, potasio y fósforo para aumentar su productividad natural (plancton), principalmente para que el fitoplancton crezca. Esta fracción constituye el primer eslabón en la cadena alimenticia y garantiza el alimento a larvas de peces e insectos que, a su vez, alimenta a otros animales cada vez más grandes, hasta llegar finalmente a los peces del estanque.

### **Características de los fertilizantes químicos**

- Pueden ser almacenados por mucho tiempo.
- Se necesita relativamente poca cantidad ya que los nutrientes están concentrados.

### **Desventajas de los fertilizantes químicos**

- Tiene un alto costo.
- No son consumidos directamente por los peces.
- Se desperdicia con facilidad cuando se aplica más de lo debido e induce un crecimiento excesivo de fitoplancton.

### **Como aplicar el fertilizante inorgánico**

Existen varios métodos y los más usados y reconocidos son los siguientes: método de plataforma, saco del nylon y disuelto en agua. Este último es el que se utiliza en la granja “La Calera” y la cantidad de fertilizante requerido es disuelto en baldes con agua, “fertilizante líquido” el cual es esparcido por toda la superficie del estanque utilizando un pequeño recipiente.



### El almacenamiento de los fertilizantes químicos

Los fertilizantes químicos no se almacenan por un período mayor al necesario. Si deben ser almacenados se colocan en un lugar seco y sobre plataformas de madera o bambú por encima del suelo (Figura N° 2 y 3).



Figura N° 2. Fertilizante inorgánico



Figura N° 3. Bodega de insumos

### Efecto de los fertilizantes químicos sobre la productividad de los estanques y la producción de peces

Los fertilizantes químicos actúan principalmente sobre las cadenas alimenticias autótrofas y de pastoreo por la estimulación directa de la producción de fitoplancton en el estanque. Por ejemplo, los estudios de Hepher (1962) mostraron que la producción de fitoplancton en estanques de peces químicamente fertilizados en Israel fue de cuatro a cinco veces más alta que los equivalentes que no recibieron fertilizantes; la productividad primaria de los estanques químicamente fertilizados variaron de una toma de carbón de  $4 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  –  $8 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  durante el verano (temperatura del agua a mediodía de  $25 \text{ °C}$  –  $30 \text{ °C}$ ) a  $2,5 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  –  $5 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  durante la primavera y el otoño (temperatura del agua a mediodía  $20 \text{ °C}$  –  $25 \text{ °C}$ ).

Como una consecuencia directa de su efecto sobre la producción de fitoplancton, los fertilizantes químicos también aumentan la producción del zooplancton. No obstante, que la producción de acuicultura en estanques químicamente fertilizados variará dependiendo del hábito de



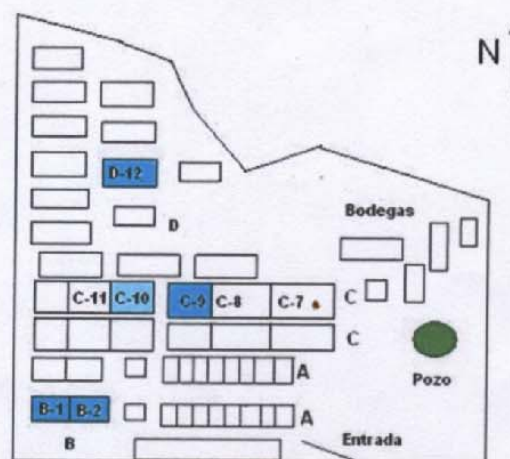
### Composición fitoplanctónica de cinco estanques de la granja "La Calera", UNA.

alimentación y la densidad de las especies cultivadas, es posible obtener incrementos considerables en la producción de peces y camarones. Por ejemplo Schroeder (1978) reporta que la máxima producción de peces obtenida sin alimento suplementario (en estanques rústicos en Israel) son de  $1 \text{ kg ha}^{-1}\text{día}^{-1}$  –  $5 \text{ kg ha}^{-1}\text{día}^{-1}$  y  $10 \text{ kg ha}^{-1}\text{día}^{-1}$  –  $15 \text{ kg ha}^{-1}\text{día}^{-1}$  para estanques que no recibieron entrada de fertilizantes y que recibieron fertilizantes químicos, respectivamente (policultivos de carpa común, Tilapia y carpa plateada de 4500 – 9500 peces por hectárea). De la misma manera, Horvat, Tamas y Tolg (1984) reportaron un incremento en la producción de peces (principalmente policultivo de carpas) en estanques rústicos en Hungría de  $11 \text{ kg} - 25 \text{ kg}$  y  $15 \text{ kg} - 30 \text{ kg}$  con una entrada de fertilizantes de 200 kg de superfosfato o nitrato de amonio, respectivamente.

Sin embargo, tal como se mencionó anteriormente, el éxito de aplicar una estrategia de fertilizantes químicos dependerá de la habilidad de la especie de pez cultivado para tomar ventajas del incremento de la productividad primaria dentro del estanque.

### 3.2 Estado actual de la infraestructura de la estanquería

Figura N° 4. Plano general de la infraestructura de la granja "La Calera"  
Fuente: Granja "La Calera".





### **3.3 Situación paisajística de la granja**

De los productos utilizados en la producción de alevines de monosexo de Tilapia en la granja, se tiene como resultado la descarga de agua con contenidos de nutrientes, producto de la aplicación de fertilizantes y materia orgánica procedente del alimento no utilizado por los peces y sus metabolitos. Las aguas residuales se vierten directamente al cauce del río Acetuno, misma que pudiera ser utilizada para riego agrícola. Es muy importante hacer referencia al basurero que está adyacente a la granja, a la orilla del camino que va hacia el REGEN lo que ocasiona un impacto negativo para la granja por la proliferación de vectores y la afectación del paisaje.

En cuanto al aspecto de la bioseguridad, la granja no cumple con los procedimientos indicados en cuanto a las buenas prácticas de manejo, ya que casi siempre las áreas de los estanques se mantienen con la maleza muy alta y esto genera una visión de abandono; problemática que se presenta por la falta de atención de las instancias correspondientes (Fuente: Granja “La Calera”).

### **3.4 Hábitos alimenticios de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*)**

Un aspecto importante de la alimentación de la Tilapia, es el que se refiere al consumo de detritos (mezcla compleja de compuestos vivos y no vivos) sobre el cual se desarrolla una intensa actividad microbiana (bacterias aerobias) contribuyendo de esta manera en el incremento del contenido proteico, vitaminas, ácidos grasos, etc.

Además de detritos, se han empleado diversos tipos de alimentos en el cultivo de Tilapia entre los que se mencionan: plantas, desperdicios de frutas, verduras, vegetales, semillas oleaginosas, cereales y estiércol de animales (gallinaza, vacaza, etc); todos ellos como alimento suplementario. Se dice alimento suplementario, porque la base de alimentación de la Tilapia la constituyen los alimentos naturales que se desarrollan en el agua y cuyo contenido proteico es de un 55% aproximadamente (peso seco). Por lo tanto, solamente cuando la densidad de peces es elevada se requerirá el empleo de alimentos suplementarios ricos en proteínas (Ver Anexo Tabla N° 3).

### **3.5 Características del cultivo**

Para el cultivo de *Oreochromis niloticus* se destacan los siguientes factores:



- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- pH
- Transparencia

### Temperatura

Prefieren temperaturas elevadas, por ello su distribución se restringe a áreas cuyas isothermas de invierno sean superiores a los 20 °C. El rango natural oscila entre 20 °C y 30 °C, pudiendo soportar temperaturas menores.

### Oxígeno Disuelto

La Tilapia puede vivir en condiciones ambientales adversas debido a que soporta bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Ello se debe a la capacidad de su sangre a saturarse de oxígeno, aún cuando la presión parcial de este último sea bajo. Asimismo, la Tilapia tiene la facultad de reducir su consumo de oxígeno cuando la concentración en el medio es baja (inferior a 3 mg l<sup>-1</sup>). Finalmente, cuando esta concentración disminuye aún más, su metabolismo se vuelve anaeróbico.

### pH

Los valores de pH del agua que se recomiendan para que prevalezcan en un cultivo no se refieren tanto a su efecto directo sobre la Tilapia, sino más bien a que se favorezca la productividad natural del estanque. Así, el rango conveniente de pH del agua para piscicultura oscila entre 7 y 8. Por otra parte, mientras más estable permanezca el pH, mejores condiciones se propiciarán para la productividad natural misma que constituye una fuente importante de alimento para la Tilapia cuando el cultivo se desarrolla en estanques.

### Transparencia

Se refiere a la cantidad de luz que penetra hasta cierto punto dentro de la columna de agua y ésta función está ligada a la productividad natural del estanque. Es por ello que se recomienda que el agua de los estanques sea transparente para que el fitoplancton se pueda desarrollar adecuadamente (Curtis, 2001 y Lacayo, 2006).



### **3.6 Características fundamentales de los principales grupos de algas**

#### **Características de los protistas fotosintéticos**

Las algas varían mucho en sus características bioquímicas, especialmente en los pigmentos, naturaleza de las reservas alimenticias, componentes de la pared celular y en el número y posición de sus flagelos cuando los tienen. Típicamente, las paredes celulares de las algas tienen una matriz de celulosa pero algunas tienen otros polisacáridos que les dan una consistencia mucilaginosa. Los ciclos de vida de las algas son extremadamente variados pero todas, con excepción de las algas rojas, presentan células móviles flageladas, al menos en una etapa de su ciclo de vida.

#### **3.6.1 Chlorophyta o algas verdes**

Las Chlorophyta constituyen uno de los grupos de algas más diversos (Tabla N° 1). Aunque la mayoría son acuáticas, algunas aparecen en una gran variedad de hábitats, incluyendo la superficie de la nieve y troncos de árboles; también se encuentran como simbioses en distintos organismos. Entre las especies acuáticas, las hay marinas y de aguas continentales. Muchas algas verdes son unicelulares y microscópicas: *Chlamydomonas*, tiene un tamaño que oscila entre 15  $\mu$  - 20  $\mu$ ; otras son muy grandes, por lo que se cree que dentro de este grupo tan diverso se encuentran los organismos predecesores de las plantas. Las plantas y las algas verdes contienen clorofila a y b, beta caroteno, como pigmentos fotosintéticos y almacenan alimentos en forma de almidón. Además, algunas de ellas tienen paredes celulares que contienen celulosa y su división celular se caracteriza por la formación de una placa celular.





Tabla N° 1 Clasificación del grupo Chlorophyta (Fuente: Curtis, 2001 y Lacayo, 2006)

<b>Chlorophyta</b>				
<b>Células verdes nadadoras</b>	<b>Colonias de algas verdes nadadoras</b>	<b>Algas verdes inmóviles unicelulares y colonias (pero no desmidias)</b>	<b>Algas verdes inmóviles unicelulares y colonias</b>	<b>Algas verdes inmóviles unicelulares y filamentosas</b>
<i>Chlamydomonas</i>	<i>Pyrobotrys</i>	<i>Chlorella</i>	<i>Coelastrum</i>	<i>Pleurococcus</i>
<i>Chlorogonium</i>	<i>Eudorina</i>	<i>Oocystis</i>	<i>Pediastrum</i>	<i>Trebouxia</i>
<i>Brachiomonas</i>	<i>Pandorina</i>	<i>Chodatella</i>	<i>Crucigenia</i>	<i>Stichococcus</i>
<i>Pteromonas</i>	<i>Gonium</i>	<i>Tetraedron</i>	<i>Scenedesmus</i>	<i>Botryococcus</i>
<i>Haematococcus</i>	<i>Stephanosphaera</i>	<i>Ankistrodesmus</i>	<i>Tetrastrum</i>	<i>Mougeotia</i>
<i>Lobomonas</i>	<i>Volvox</i>	<i>Characium</i>	<i>Dictyosphaerium</i>	<i>Oedogonium</i>
<i>Phacotus</i>		<i>Actinastrum</i>	<i>Hydrodictyon</i>	<i>Zygnema</i>
<i>Pyramimonas</i>		<i>Micractinium</i>		<i>Spirogyra</i>
<b>Algas verdes filamentosas</b>	<b>Algas verdes, filamentosas planas y globulares</b>	<b>Algas verdes filamentosas planas y desmidias</b>	<b>Desmidias (grupo de algas verdes especializadas)</b>	
<i>Ulothrix</i>	<i>Prasiola</i>	<i>Aphanochaete</i>	<i>Hyaloteca</i>	<i>Staurastrum</i>
<i>Microspora</i>	<i>Stigeoclonium</i>	<i>Trentepohlia</i>	<i>Mesotaenium</i>	<i>Micrasterias</i>
<i>Draparnaldia</i>	<i>Chaetophora</i>	<i>Coleochaete</i>	<i>Pleutotaenium</i>	<i>Xanthidium</i>
<i>Bulbochaete</i>	<i>Enteromorpha</i>		<i>Closterium</i>	<i>Euastrum</i>
<i>Cladophora</i>	<i>Tetraspora</i>		<i>Cosmarium</i>	

### 3.6.2 Xantophyta o algas verdes amarillo

Son algas unicelulares, coloniales o filamentosas, que se caracterizan por notables cantidades de carotenoides en comparación a la clorofila que resulta en su predominante colorante verde amarillo. Casi todas las células móviles poseen dos flagelos, uno de los cuales es suave y más largo que el otro. Generalmente no poseen pared celular, pero cuando está presente, ésta contiene grandes cantidades de pectina y en muchas especies puede contener compuestos de sílice.

#### Reproducción y desarrollo

Su reproducción es asexual y usualmente por fisión, con la formación de zoosporas, la reproducción sexual ha sido poco estudiada, pero es a menudo isógama. La mayoría de las algas Xantophyta son asociadas con substratos y muchas son epífitas en plantas acuáticas grandes. Algunos representantes comunes son: *Ophiocytium*, *Tribonema*, *Botrydium*, *Vaucheria* etc.



### 3.6.3 Chrysophyta o algas pardas-doradas

Entre los protistas unicelulares, las algas doradas son las que muestran una mayor tendencia a formar colonias multicelulares. Sin embargo, a pesar de la complejidad que estas colonias puedan alcanzar, cada una de sus células mantiene las características del grupo que permite identificarlas fácilmente. Pueden o no tener flagelos; sus cloroplastos contienen clorofila a y c, pero su color verde está enmascarado por la fucoxantina que le da su característica tonalidad dorada; la sustancia de reserva mas importante es un polisacárido líquido, la crisolaminarina o leucocina, aunque también almacenan gotas de lípidos.

#### Morfología

Las crisófitas pueden encontrarse desnudas, recubiertas por escamas, envolturas mucilaginosas o rodeadas por una teca. Algunas especies presentan escamas silíceas por fuera de la membrana plasmática; esta característica tiene un valor muy importante en la determinación de las especies. Las escamas silíceas se forman en el interior de la célula y luego son secretadas al exterior. Algunas otras crisófitas carecen de paredes celulares y son ameboides y excepto por la presencia de cloroplastos, son indistinguibles de los protozoos ameboides. Las crisófitas son en su gran mayoría de hábitat dulceacuícola. Son muy sensibles a los cambios ambientales y sobreviven a los períodos desfavorables como estatocistos o estatosporas. Cuando se forma un estatocisto, la célula produce un caparazón externo silíceo, que a menudo se cubre con minerales de hierro. En su parte anterior posee un poro, por lo general rodeado por un cuello relleno de un tapón que se disuelve en el momento en que va a salir una nueva crisófitas. Estos tapones presentan características morfológicas y ornamentales particulares según las diferentes especies. Algunos de ellos se han conservado por mucho tiempo permitiendo a los microspaleontólogos identificar que algas estuvieron presentes en otras épocas. Los representantes mas comunes son: *Ochromonas*, *Mallomonas*, *Dinobryon*, *Synura*, *Uroglena* etc.

#### Reproducción y desarrollo

La mayoría de estas algas se reproducen en forma asexual por una división longitudinal; en aquellas que se reproducen sexualmente, el cigoto tiene la forma de un quiste silíceo.



### **3.6.4 Bacillariophyta o diatomeas**

Las diatomeas son algas unicelulares, aunque a veces forman filamentos simples o colonias. En sus cloroplastos contienen clorofila a y c, beta caroteno y xantofilas (fucoxantina, luteína y diatoxantina), los cuales le confieren una coloración pardo-dorada. Todas almacenan sus reservas como crisolaminarina (unos carbohidratos) y aceites. Son un componente muy importante del fitoplancton oceánico y constituye una fuente importante de alimento para los pequeños animales marinos. Las diatomeas habitan también cuerpos de agua continentales, algunas pueden encontrarse en lagunas y estanques hipersalinos y otras en aguas menos salobres. Todas son fotosintéticas, aunque algunas necesitan algunas sustancias orgánicas (como las vitaminas) para su crecimiento.

#### Morfología

Las diatomeas tienen dos valvas o frústulos impregnado de sílice. Las valvas encajan una dentro de otra por sus bordes y presentan importantes ornamentos, poros, costillas, etc, los cuales son muy importantes para la determinación de las especies. Según las formas de sus valvas, se diferencian dos clases de diatomeas: las céntricas, con simetría radial y las pennadas con simetría bilateral. Estas últimas tienen un surco en el medio de las valvas llamado rafe, por donde secretan al exterior un mucílago citoplasmático que posibilita el movimiento de las diatomeas por deslizamiento. Las valvas silíceas de diatomeas acumuladas durante millones de años constituyen un tipo de roca llamada diatomita. Las diatomitas están formadas por depósitos de una sustancia fina, desmenuzable, que se conoce como "tierras de diatomeas", la cual es usada como abrasivo para pulir la plata, en dentríficos, como material de filtración y como aislantes.

#### Reproducción y desarrollo

Las diatomeas se reproducen en forma sexual y asexual. La mayor parte de su ciclo de vida es diploide y la meiosis se produce justo antes de la formación de gametos haploides. La fusión de gametos o singamia es el proceso que en las plantas y los animales habitualmente se conoce como fecundación o fertilización.



Luego de producida la singamia, el cigoto diploide da lugar a una diatomea típica. Normalmente, la reproducción asexual en estas algas es mas frecuente que la sexual y se realiza simplemente por división mitótica, donde cada célula hija retiene una de las valvas paternas y produce la nueva, este proceso implica una gradual pérdida de tamaño que, con las sucesivas divisiones es cada vez mas importante. Cuando se alcanza un determinado tamaño, la célula genera una auxospora, que consiste en una diatomea sin valva y de mayor tamaño que se forma cuando el protoplasma abandona el frústulo. Las auxosporas tienen el tamaño normal de la especie, anterior al de las sucesivas disminuciones y segregan nuevas valvas con el tamaño característico para cada especie. Entre los representantes más comunes se mencionan: *Melosira*, *Cyclotella*, *Stephanodiscus*, *Tabellaria*, *Diatoma*, *Meridion*, *Synedra*, *Fragilaria*, *Asterionella*, *Cocconeis*, *Navicula*, *Gyrosigma*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Nitzschia*, *Surirella*, *Pinnularia* etc.

### **3.6.5 Cryptophyta o algas criptofita**

Estas son algas con bajos números de especies, constituyen un excelente alimento para el zooplancton cuando alcanzan altas densidades. Células vegetativas, casi siempre comprimidas dorsoventralmente, biflageladas y móviles, no forman colonias móviles. Poseen uno o más cromatóforos que contienen clorofila-c, carotenos, ficocianina y ficoeritrina. Presentan como producto de clorofila-a reserva, la amida. Su reproducción es asexual, por división longitudinal. Algunos representantes de este grupo son: *Cryptomonas*, *Rhodomonas*, *Chroomonas*, *Chilomonas* etc.

### **3.6.6 Dinophyta o dinoflagelados**

Los dinoflagelados son generalmente unicelulares y autótrofos. Se encuentran ampliamente distribuidas en aguas dulces, marinas y estuarinas.

#### Morfología

Los pigmentos fotosintéticos son clorofila a, clorofila c y carotenos. El color de los plastidios es pardo o amarillo y almacenan almidón y grasas. Las células presentan dos flagelos, uno de ellos longitudinal, colocado en una fisura denominada sulco y ortotransversal, yaciendo en un surco conocido como cíngulo o annulus. Uno de los flagelos impulsa el organismo hacia delante y el otro sirve para producir movimientos rotatorios. En muchas especies la pared celulosa esta



formada por un gran número de placas celulósicas, cuyo número y coloración reviste importancia para la identificación del organismo.

### Reproducción

La reproducción asexual se lleva a cabo por fisión binaria y sexualmente por conjugación de aplanogametos o mediante zoogametos.

La distribución de dinoflagelados en relación a las principales características químicas muestran que, algunas especies son altamente tolerantes, la mayoría de especies de dinoflagelados tienen rangos estrictos con respecto al calcio, pH, materia orgánica disuelta y temperatura.

El tamaño relativamente grande del cuerpo (400  $\mu$ ) las hace vulnerables ante la mayoría de los organismos depredadores y únicamente unos pocos organismos del fitoplancton poseen polimorfismo y ciclomorfismo bajo ciertas condiciones estacionales.

Un ejemplo de ciclomorfismo fitoplanctónico es la extensión celular en dinoflagelados. *Ceratium* incrementa como lo hace la temperatura de primavera a medio verano en regiones templadas. En *Ceratium*, la separación de la pared celular por la marca transversa en la parte superior (epiteca) y la parte inferior (hipoteca) esa acentuada por el desarrollo de una especie de cachos. Entre los géneros más comunes se mencionan: *Ceratium* y *Peridinium*.

### **3.6.7 Euglenophyta o algas euglenoides**

Son algas con una organización celular compleja. Poseen clorofila a y b, presentan como producto de reserva el paramido. Por lo general son células grandes y desnudas que tiene uno, dos o tres flagelos. Frecuentemente dos son gruesos, pero en la forma planctónica uno es mas corto. Su color es casi siempre verde pero muchas formas heterótrofas son incoloras. Poseen un núcleo fácilmente visible. La reproducción es asexual, por división longitudinal que comienza en la pared anterior de la célula.

Sin embargo, algunas euglenoideas son no pigmentadas y fagotróficas (capaces de ingerir partículas sólidas) y son mejor tratadas como protozoos, la mayoría son fotosintéticos y facultativamente heterotróficos.

La nutrición es suplida por la remoción de compuestos orgánicos disueltos. El amonio y los compuestos de nitrógeno orgánico disuelto son las fuentes de nitrógeno para la mayoría de las



algas euglenoideas. Su desarrollo en el fitoplancton ocurre más a menudo en estratos o sistemas lagunares en los cuales especialmente el amonio y la materia orgánica disuelta son altos. Entre los representantes más comunes se mencionan: *Euglena*, *Phacus*, *Trachelomonas*, *Strombomonas* etc.

### **3.6.8 Rhodophyta o algas rojas**

La mayoría de las algas marinas son rojas y se encuentran comúnmente en aguas cálidas y menos del 2% de las especies habitan aguas continentales. Habitualmente crecen adheridas a rocas o a otras algas, su color rojo indica que absorben la luz azul, esta fracción de luz visible con mayor penetración en el agua, les permite vivir a mayores profundidades que otras algas; algunas han sido encontradas en las aguas claras del trópico a 175 m debajo de la superficie de los océanos, alcanzando a veces varios metros de longitud.

Las algas rojas contienen diversos pigmentos (clorofila a, carotenoides, ficobiliproteínas, ficocianina y ficoeritrina) que les dan sus colores distintivos. El producto de la fotosíntesis es un polisacárido sólido llamado almidón florídeo.

#### Morfología

Las paredes celulares de la mayoría de las formas incluyendo una capa interna de celulosa y una externa de carbohidrato mucilaginoso.

#### Usos

Se obtiene agar, el cual es usado como sustrato de cultivos de colonias de microorganismos. Otros polisacáridos provenientes de esas algas son usados en la industria alimentaria y cosmetológica. Algunas algas rojas, llamadas coralinas tienen la capacidad de depositar carbonato de calcio en sus paredes celulares y desempeñan un papel muy importante en la construcción de los arrecifes de coral.

#### Reproducción y desarrollo

El ciclo de vida básico de un alga roja involucra una alternancia de generaciones. En la mayoría de las especies el gametofito y el esporofito son isomórficos, pero se han descubierto un número creciente de ciclos de vida heteromórficos. Los gametos son atípicos, porque ninguno de ellos es móvil; el gameto masculino es conducido por el movimiento del agua, hasta la célula



reproductora femenina inmóvil. Las algas rojas son unos de los pocos grupos de organismos que no tienen células flageladas y también carecen de centriolos. *Porphyridium*, *Asterocytis*, *Batrachospermum* etc.

### **3.6.9 Cyanophyta o algas verde azules**

Se les llama Myxophyta, Schizophyta o Cyanophyta (Cianobacterias) y comúnmente se les denomina algas verde azules. Algunos de estos nombres se deben a la afinidad que existe con las bacterias por su organización procariótica, siendo el tamaño la diferencia fundamental. Además de lo anterior, la presencia de la clorofila a y la fotosíntesis que libera O<sub>2</sub> separa a estas algas de otros procariotas fotoautótrofos y se utiliza como justificación para que se les continúe considerando como algas. Las algas verde azules presentan clorofila a y el producto fotosintético almacenado es la glicídica semejante al glicogenio.

El color verde azul se debe a la presencia de ficocianina, uno de los pigmentos accesorios conocidos como ficobiliproteínas. La ficoeretrina puede predominar en algunas algas verde azules al grado que se ven de color púrpura o rojo más que verde azules. Además, poseen clorofila y varios carotenoides.

No se sabe que ocurra durante la reproducción sexual en el sentido tradicional de la fisión de gametos, mas bien se informa que ocurre una recombinación genética. Las Cyanophyta filamentosas se reproducen generalmente por fragmentación de los tricomas. También pueden reproducirse por esporas y acinetos. Este grupo algal constituye una parte importante de la biomasa presente en los ecosistemas acuáticos, su importancia se fundamenta en la capacidad de fijar o almacenar nitrógeno atmosférico.

Las algas verde azules, carecen de membranas celulares internas, es decir, no exhiben la estructura celular típica de otras algas, en los cuales los cromosomas están incluidos dentro de un núcleo y los plastidios y cromatóforos están rodeados por una membrana. Comprenden algas unicelulares y pluricelulares. Las células de paredes delgadas, están normalmente cubiertas por sustancias mucilaginosas que a veces forman estratos. Las formas filamentosas predominan dentro del grupo y son en su mayoría bentónicas.



### Hábitat

Crecen en la mayoría de los hábitats de agua dulce, salobres y marinas, así como en los hábitats subaéreo húmedos, donde el agua y la luz solar están disponibles durante breves o largos períodos de tiempo. Son mas abundantes en aguas dulces que en aguas saladas y mas abundantes cerca de la superficie que en las profundidades. La mayoría de las especies son capaces de sobrevivir a la desecación durante largos períodos estacionales y frecuentemente son diseminadas en el polvo llevadas por el viento, así como el agua, animales (incluyendo humanos) y vehículos de transporte.

Para la mayoría de estas algas el crecimiento es principalmente o completamente fotoautótrofo y esto depende de la cantidad y calidad de radiación fotosintética activa recibida, energía consumida en la respiración, disponibilidad y asimilación de nutrientes. Fogg (1973) sugiere que la abundancia de las Cyanophyta puede ser debido al efecto de altas cantidades de materia orgánica en el agua, también es sabido que son abundantes cuando afecta la eutrofización.

Entre los efectos que determinan la abundancia o sucesión de este grupo destaca como el de mayor consideración la relación que existe entre ellos y la presencia de nitrógeno, así como la alta cantidad de materia orgánica, concentración de fósforo, calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, manganeso, pH y temperatura de las aguas (Parra,1981). Poblaciones densas de Cyanophyta son a menudo asociadas con altas temperaturas y su mayor relevancia es la capacidad de fijar o almacenar nitrógeno molecular, además tiene la propiedad de ser tóxicas. Solo algunas de las toxinas de las algas han sido identificadas químicamente. Se trata de alcaloides y polipéptidos de bajo peso molecular. Los alcaloides, que actúan en cuestión de minutos, provocan un bloqueo neuromuscular. Los polipéptidos, causan daños hepáticos y su efecto se deja sentir lentamente. La toxina de *Microcystis*, denominada microcistina, es un polipéptido cíclico y por ser una endotoxina, permanece normalmente dentro de la célula. La toxina de las algas verde azules ha sido considerada como un mecanismo de defensa y se estima importante el significado adaptativo de la toxina como protección frente a los herbívoros planctónicos y que la defensa pudiese ser la causa principal de la producción de toxina. Entre los géneros mas comunes se mencionan: *Anabaena*, *Lyngbya*, *Chroococcus*, *Gomphosphaeria*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Gloeocapsa*, *Cylindrospermopsis*, *Merismopedia*, *Aphanothece*, *Gloetrichia* etc.





### **3.6.10 Phaeophyta o algas pardas.**

La mayoría de las algas marinas de las regiones templadas y de las costas rocosas de las regiones más frías del mundo pertenecen a este grupo en el que muy pocas son dulceacuícolas. Las algas pardas contienen clorofila a, clorofila c y fucoxantina que al igual que en las crisófitas es el principal derivado carotenoide que les da su color. En general, almacenan como sustancia de reserva un polisacárido inusual llamado laminarina y a veces aceite, pero nunca almacenan almidón, como lo hacen las algas verdes y las plantas. Sus paredes celulares contienen celulosa.

Las algas pardas suelen ser muy grandes y muchas presentan una variedad de tejido especializado. Son los protistas de mayor tamaño: las algas del género *Laminaria*, por ejemplo, pueden tener 100 m de longitud y puede alcanzar su máximo tamaño en una sola estación. El cuerpo de un protista multicelular (así como el de una planta), relativamente no especializado se conoce como talo. En *Laminaria*, el talo está bien diferenciado en un soporte (raíz), un estípite (tallo) y una lámina (hoja).

Los carbohidratos producidos en las láminas expuestas a la luz solar, son transportados a través de ella al estípite y al soporte que pueden estar muy por debajo de la superficie del agua. En este grupo no hay formas unicelulares actuales (excepto los gametos).

#### Reproducción y desarrollo

Los ciclos de vida de la mayoría de las algas pardas incluye una alternancia de generaciones, las cuales algunas especies son iguales (isomórficas) mientras que en otras son heteromórficas. En las especies de mayor tamaño, el gametofito es mucho más pequeño que el conspicuo esporofito. En el género *Fucus* y otros géneros relacionados, el ciclo de vida es superficialmente similar a la de los animales. La meiosis ocurre en células especializadas de organismos diploides y producen células haploides que por mitosis originan los gametos.

### **3.7 Factores ambientales que afectan la distribución y crecimiento fitoplanctónico**

En todos los ecosistemas, la energía ingresa casi exclusivamente en forma de energía luminosa que mediante la fotosíntesis, es convertida en energía química por los productores.

*Factores ambientales más relevantes: Luz, Calor, Gases Disueltos y Nutrientes (González, 1998).*



**Luz:** la fotosíntesis solo puede llevarse a cabo en las capas superficiales iluminadas. En aguas de ciertas profundidades se observan dos estratos en cuanto a su clima lumínico: el superior, donde hay luz como para que el oxígeno producido por la fotosíntesis exceda el requerimiento para la respiración en 24 horas (zona trofogénica) y el estrato profundo, donde solo se consume oxígeno o la respiración excede a la fotosíntesis por ser la luz escasa (zona trofolítica). El límite entre estas dos zonas es el nivel de compensación.

La luz que penetra en la superficie experimenta un proceso de atenuación exponencial como resultado de la absorción y dispersión por el agua y las partículas suspendidas. La absorción está determinada por los compuestos orgánicos disueltos, por las partículas suspendidas en el agua y por las propias moléculas de agua. Como consecuencia de esta absorción selectiva, algunas longitudes de onda penetran más profundamente que otras, lo que influye en la distribución vertical de las algas.

La luz es también factor determinante en las migraciones verticales y en la probabilidad de encuentro de la presa por los depredadores visuales del plancton. Además de su utilización por los organismos fotosintéticos, la energía solar es disipada en forma de calor y define la estructura térmica del agua.

**Calor:** debido al elevado calor específico del agua, las fluctuaciones de temperatura en ella son menos pronunciada que en el aire. Aproximadamente el 53% de la energía radiante total que penetra en el agua queda retenida en forma de calor dentro del primer metro superficial. Luego, debido a la acción mecánica del viento ese calor se distribuye hacia las profundidades. Durante la primavera y el verano en la zona templada o durante la época de calma o baja actividad de los vientos en los trópicos, el calor se acumula en la superficie con más rapidez de la que puede esperarse de la fuerza mecánica del viento que lo lleva hacia las profundidades. Así, el agua superficial caliente y menos densa se mantiene sobre el agua fría del fondo, es decir, el agua se estratifica térmicamente.

La capa superficial en el lago estratificado se llama epilimnion y la profunda hipolimnion y reviste gran importancia para el plancton, pues cuando los organismos que se vienen sedimentando llegan a ella son frenados con la mayor densidad de agua, y es así como el plancton suele concentrarse en la termoclina. Cuando llega el otoño o la época "fría" y seca en los trópicos, el agua de la superficie se enfría en grado suficiente para provocar una mezcla de



ambas capas y eliminar la estratificación. En ese nuevo estado, el plancton se distribuye de manera bastante uniforme desde la superficie hasta las profundidades.

### **Gases disueltos**

**Oxígeno:** el oxígeno disuelto en el agua es indispensable para la respiración de los organismos aeróbicos. La fuente principal de este gas en el agua es la atmósfera y su solubilidad depende de la temperatura. A baja temperatura, el agua disuelve una mayor cantidad de oxígeno. Así, en las épocas de frío y sobre todo, cuando se pierde la estratificación térmica, es mayor la cantidad de oxígeno disuelto en los lagos.

En épocas de calor, aun cuando las aguas superficiales puedan estar saturadas de oxígeno, su concentración es por lo general menor. En los trópicos, donde la mezcla de ambas capas no es ocasionada por los grandes cambios en la temperatura anual, el enfriamiento nocturno es muy importante para reaprovisionar de oxígeno el lago.

En esas latitudes los lagos profundos son con frecuencia anóxicos en el hipolimnion. La fotosíntesis del plancton y la de los microfitos constituyen otra fuente importante de oxígeno en el agua. La respiración y la descomposición de la materia orgánica pueden consumir una fracción importante de dicho gas y llegar a agotarlo en el hipolimnion, con lo cual el espacio para la vida planctónica queda restringido. Además de la importancia directa que tiene el oxígeno en el mantenimiento de la vida, la solubilidad y especiación química de algunos nutrientes se ven afectadas por su concentración.

**Dióxido de carbono:** gas de gran trascendencia para el metabolismo de los lagos; se intercambia a través de la superficie o se genera en el proceso respiratorio dentro del mismo lago. Aunque el aire contiene apenas un 0,032% de CO<sub>2</sub> en volumen, su solubilidad en el agua es muy elevada, lo que asegura su provisión permanente. Sólo excepcionalmente el carbono inorgánico puede llegar a ser factor limitante para la fotosíntesis. Cuando el CO<sub>2</sub> reacciona con el agua se forma ácido carbónico, el cual se disocia y aumenta la concentración de H<sup>+</sup>. Se producen, además, bicarbonatos y carbonatos. La proporción relativa de las diferentes formas del CO<sub>2</sub> en el agua, dependen del pH. A valores altos de pH, predominaran los carbonatos y a valores bajos, el CO<sub>2</sub>. En aguas que no son extremadamente ácidas o básicas, el sistema CO<sub>2</sub> – bicarbonato – carbonato actúa como tampón y por ello, la mayoría de los lagos mantienen su pH entre 6 y 8.



**Nutrientes:** los nutrientes inorgánicos de mayor importancia para la producción del fitoplancton son los compuestos del nitrógeno y fósforo, este último es con frecuencia el factor limitante de la producción. Los fosfatos y nitratos se consumen con rapidez en la parte superior de los lagos durante los períodos de intensa proliferación del fitoplancton. En las aguas más profundas hay por lo general mayor concentración debido a la descomposición de la materia orgánica y a la regeneración desde los sedimentos, sobre todo cuando prevalecen condiciones de anoxia.

Algunas algas necesitan de preferencias ciertos nutrientes, por ejemplo, las diatomeas, cuyo ciclo anual guarda cierta relación con la disponibilidad de sílice en el agua.

La concentración de nutrientes puede también limitar, saturar o inhibir el crecimiento de las algas. Algunos de estos nutrientes se encuentran en el agua en forma de compuestos inorgánicos solubles y pasan directamente a través de la membrana semipermeable al interior de la célula. Sin embargo, en la mayoría de los casos la difusión de los nutrientes es muy pasiva porque su concentración en el medio exterior es baja. Deben actuar entonces los sistemas específicos de transporte enzimáticos o bombas iónicas, localizada cerca de la superficie de la célula. La limitación de nutrientes en el medio externo se puede compensar temporalmente con las reservas internas que se acumulan en exceso cuando aquellos están disponibles en el medio. Esta capacidad de almacenaje se denomina "consumo de lujo". La amplia fluctuación espacial y temporal de que es objeto la concentración externa de los nutrientes tienen, pues, un importante significado ecológico.

Cuando proliferan las poblaciones de fitoplancton, sobre todo en agua no turbulentas, puede agotarse momentáneamente el  $\text{CO}_2$  debido a su rápido consumo, lo que limita la tasa fotosintética. A medida que el  $\text{CO}_2$  es eliminado, el pH del agua aumenta por que el equilibrio entre el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3$  y  $\text{CO}_3$  se desplaza a favor de este último. Cuando el  $\text{CO}_2$  alcanza concentraciones muy bajas en el medio, algunas algas pueden experimentar limitación de ese elemento a hacer uso del  $\text{HCO}_3$  como fuente de carbono. Así mantiene su tasa fotosintética aún cuando el pH alcance valores de 9 o 10; alcanzando a veces una máxima actividad fotosintética.

Esta facultad de las algas para formar sus máximas poblacionales bajo condiciones alcalinas de agotamiento de  $\text{CO}_2$  libre permitió a ciertos investigadores establecer las secuencias de predominancia de las siguientes algas en orden creciente de alcalinidad: *Melosira italica*, *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Microcystis aeruginosa*. Ello lo indujo a la



conclusión de que el sistema CO<sub>2</sub> desempeña un papel importante, tanto en la composición cualitativa como en la actividad fotosintética del fitoplancton. Importancia fundamental tienen asimismo otros macro y micronutrientes, en especial el fósforo y el nitrógeno.

El **fósforo**, que es esencial para la vida, escasea en el medio acuático, por lo que se considera con frecuencia limitante de la producción. Es un componente de los ácidos nucleicos y del ácido adeniltrifosfórico (ATP) y por consiguiente la base de la síntesis enzimática y de los sistemas de transferencia de energía en las células. En el agua se encuentra en dos formas: la inorgánica o iones ortofosfatos y la orgánica.

El fitoplancton absorbe el ortofosfato cuya concentración frecuente en los lagos es de 1 µg P l<sup>-1</sup> a 1000 µg P l<sup>-1</sup>. Pero muchas algas pueden utilizar el fósforo de compuestos orgánicos disueltos debido a la producción de fosfatasas alcalinas. La porción de fósforo que se encuentra en forma orgánica es muy variada.

Conforme a las numerosas investigaciones realizadas sobre los requerimientos y utilización del fósforo por las algas del plancton, existen diferencias interespecíficas en la limitación de las tasas de crecimiento, de modo que dicho nutriente puede influir sobre la composición y dinámica poblacional del fitoplancton. Esto quedó claramente establecido en una serie de trabajos de Tilman y colaboradores (1997) con las diatomeas, *Asterionella formosa* y *Cyclotella meneghiniana*. Ambas crecen rápidamente por separados, en un medio adecuado. Cuando se trata de cultivarlas juntas, una de ellas persiste y la otra desaparece. En este caso, el éxito competitivo está determinado por las concentraciones relativas de silicio y fósforo. La concentración crítica, que puede expresarse como la relación silicato / fosfato, es alrededor de 6 para *Cyclotella* y 90 para *Asterionella*. Así, una especie limitada por cualquiera de los dos nutrientes, si los otros elementos están presentes en cantidad suficiente. Cuando la limitación en las dos especies tiene que ver con el silicato, predomina *Cyclotella* y si concierne al fosfato predomina *Asterionella*.

El **nitrógeno** es necesario para la síntesis de aminoácidos y proteínas. Las algas superficiales en contacto con la atmósfera tienen en ella una reserva permanente de nitrógeno. En los lagos, las algas son capaces de utilizar varias formas de nitrógeno que incluyen nitrato, nitrito y amonio, así como algunos compuestos orgánicos nitrogenados solubles. Las cianofíceas pueden, además, fijar nitrógeno atmosférico en el agua. El nitrato y nitrito sólo pueden ser metabolizados luego



de su reducción catalizada por las reductasas respectivas, de modo que el amonio es la fuente de nitrógeno inorgánico más favorable desde el punto de vista energético. La fijación de nitrógeno atmosférico por las algas es una propiedad exclusiva de las cianofíceas, especialmente de las Nostocales y depende de la luz. En estas algas la presencia de nitrato y amonio, fácilmente asimilables, puede suprimir parcialmente la formación de heterocistes y la fijación de nitrógeno molecular.

Para ciertas algas con estructuras esqueléticas silíceas, como las diatomeas y las crisofíceas, el silicio es un nutriente esencial. Las demás lo necesitan en cantidades mínimas para la síntesis de proteínas y carbohidratos. El silicio se encuentra disponible para las algas en formas de ácido ortosilícico soluble ( $\text{Si(OH)}_4$ ) que resulta de la despolimerización de polímeros sólidos o coloidales. El ácido silícico puede acumularse en la célula por transporte activo, ya que su concentración en aguas abiertas es por lo general baja, al parecer no se trata de una "captación de lujo", sino que se acumula lo suficiente como para completar la siguiente división celular.

Muchos otros elementos químicos son necesarios para la vida y funcionamiento normal del fitoplancton: S, K, Mg, Ca, Na y Cl en cantidades relativamente elevadas (macronutrientes), mientras que Fe, Mn, Cu, Zn, B, Si, Mo, V y Co en cantidades mínimas (micronutrientes).

### **Dinámica del crecimiento de las algas**

El crecimiento de las algas puede expresarse en términos de división celular (Gráfica N° 1) y en presencia de nutrientes, luz y temperatura adecuada, las poblaciones describen una evolución exponencial.

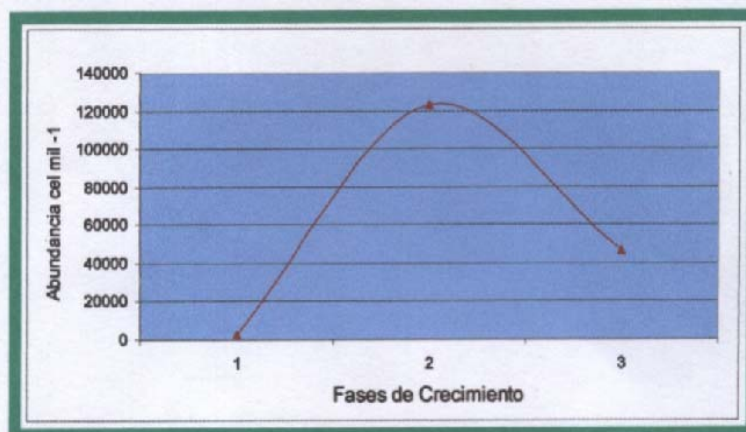
La dinámica de la población de las algas es la siguiente:

Primera fase, se conoce como "lenta" o "retrasada" y no está completamente entendida. Pero podría ser atribuida al incremento en tamaño de las células sin división celular. La segunda es la fase exponencial y durante ella la célula se divide rápidamente. En la tercera, disminuye el crecimiento por el agotamiento de un nutriente en particular, el cuarto estadio es la fase estacionaria donde la tasa de crecimiento de las algas se equilibra con los limitados nutrientes presentes en el agua, el estado final es la muerte del cultivo, usualmente debido a niveles extremos de agotamiento de nutrientes. A pesar que esto, rara vez ocurre en los sistemas de estanques ya que el objetivo de la fertilización es mantener las algas en la fase dos o de



crecimiento exponencial. Un programa de fertilización de rutina debería disminuir las posibilidades de una caída en el crecimiento por agotamiento de nutrientes.

Gráfico N° 1. Curva de crecimiento de las algas en un estanque (Ochoa 2001).



En el caso del micro-ecosistema de estanque, sucede exactamente lo mismo. Sin embargo, de la luz que incide en el agua, parte no penetra debido al fenómeno de la reflexión y de la que penetra, parte se emplea para elevar la temperatura del agua y sólo una pequeña porción es utilizada por los productores.

Estos productores usan parte de su energía en sus procesos metabólicos, por los que a los herbívoros (primer eslabón de los consumidores) les llega menos energía de lo que captó el productor. Lo mismo ocurre cada vez que pasa de un consumidor a otro, lo que significa que en cada uno de los pasos de una cadena trófica se va perdiendo energía llegando una pequeña cantidad a los transformadores.

La energía que se pierde en cada uno de los pasos lo hace en forma de calor, por lo que ya no puede ser utilizada de nuevo por los productores, de ahí que se defina el paso de la energía por el ecosistema como un flujo.

### 3.8. Métodos de estudio del plancton (Margalef, 1983)

Células: para su estudio el fitoplancton se recolecta con redes de mallas finas ( $10 \mu - 25 \mu$ ) ordinariamente. Este método puede proporcionar indicaciones útiles sobre especies de abundancia variable que tienen gran valor como indicadores ecológicos, pero no sirve para



estudios cuantitativos, para esto hay que estudiar todo el fitoplancton contenido en un volumen de agua determinado separado por centrifugación, filtración o sedimentación.

El método mas apropiado para combinar el estudio taxonómico de los organismos presentes en el plancton con su evaluación cuantitativa, es la sedimentación en cubetas y examen al microscopio invertido, según el método de Utermöehl (1958). Cuando la densidad de las poblaciones no es muy grande, hay que usar un volumen de agua considerable (cubetas de 10 cm y de 20 cm de altura) y para facilitar el manejo y la iluminación, conviene usar cubetas de fondo desmontable, es decir dispuestas de manera que se pueda correr lateralmente y separar de la columna el fondo de la cubeta, de muy poca altura (unos 4 mm). El tiempo de sedimentación conveniente, en horas, puede tomarse una cifra igual a tres veces la altura de la cubeta o cilindro, expresada en centímetros. Es fácil referir a un volumen determinado el número de organismos contados sobre una superficie del fondo. Así por ejemplo, para una cubeta de 10cm de altura, los organismos que se encuentran sobre  $10 \text{ mm}^2$  del fondo corresponden a  $10 \times 100 = 1000 \text{ mm}^3 = 1 \text{ ml}$ .

Según el tipo de microscopio de que se disponga y según las preferencias del observador en función del tiempo que se pueda dedicar a cada muestra, se contarán los individuos que en un área rectangular pequeña o en varias áreas circulares (que pueden ser otros tantos campos del ocular) o en un transecto estrecho, raramente en toda la superficie de la cubeta, cuyo diámetro, en las mas usadas se aproxima a una pulgada.

Muchas veces se recomienda no cortar las áreas marginales, por el posible efecto que la proximidad de las paredes haya podido tener sobre la sedimentación. Sobre el fondo de una cubeta de sedimentación los organismos se distribuyen al azar y sus recuentos, en cierto número de pequeños cuadrados han de seguir la ley de Poisson. En los organismos coloniales, las colonias seguirán dicha ley; pero las células mostrarán una distribución con contagio. La realización de censos de fitoplancton plantea inmediatamente la necesidad de elegir entre células y colonias, como forma de expresión.

### **3.8.1. Recolección del fitoplancton**

El éxito de cualquier investigación que se emprenda sobre el plancton depende de un diseño adecuado de muestreo, el que debe hacerse conforme al tipo de información que se desea obtener. Si por ejemplo, se quiere efectuar un estudio taxonómico exacto del plancton de un





lago, es importante incluir en las muestra todas las especies allí presentes, tanto las abundantes como las escasas para ello es preciso seleccionar los equipos de recolección que permita la captura de las variedades mas pequeñas. Así mismo deben elegirse el tiempo y el espacio que garantice la inclusión de todas las especies. El tiempo debe abarcar las distintas estaciones del año a fin de capturar los taxones de presencia estacional.

El espacio debe incluir el perfil vertical desde el fondo con miras a coleccionar las especies migratorias o las que viven a mayor profundidad. Además, deben tomarse muestras en diferentes lugares de la masa de agua, en espacial cuando se estudian lagos de gran tamaño o de morfometría compleja donde existen subcuencas que pudieran exhibir una gran heterogeneidad ambiental.

Los métodos para la recolección cualitativa y cuantitativa del fitoplancton se agrupan en dos categorías:

**1- Recipientes captadores (botellas hidrográficas)**

Diseñados para extraer un cierto volumen de agua que, luego debe ser concentrado por sedimentación o filtración para reunir el plancton de un pequeño volumen de agua. A esta categoría pertenecen los cilindros de captación y los tubos.

**2- Redes para filtración in situ**

Las redes (10  $\mu$  y 25  $\mu$ ) permiten la concentración del fitoplancton contenido en la columna de agua mediante arrastres verticales.

**3.8.2. Preservación**

A veces es necesario mantener las muestras vivas; de lo contrario no es posible observar ciertas estructuras esenciales para identificar al organismo. Lo aconsejable es conservar estas muestras en frío mientras se llevan al laboratorio y una vez en el laboratorio ser analizados con prontitud. Este procedimiento se aplica en el caso de algas flageladas, protozoarios y algunos rotíferos, especialmente los de cuerpo blando que se contraen y no pueden ser reconocidos después de preservados.

Lo mejor para conservar el fitoplancton es la solución lugol en cantidad suficiente para obtener una concentración final de la muestra de 1% (unas 20 gotas para 100 ml de agua). La solución



de lugol se prepara con 10 g de yodo puro y 20 g de yoduro de potasio disueltos en 200 ml de agua destilada y de 20 ml de ácido acético glacial concentrado. Además de colorear las células y hacerlas más visibles, la absorción del yodo acelera la sedimentación. Como el lugol se oxida fácilmente, debe guardarse en frascos de vidrio y a oscuras. En el caso del fitoplancton también puede usarse la solución de formalina neutralizada a fin de obtener una concentración final de 0,5% - 2,5% (relación volumen/volumen), pero este preservativo tiende a romper o ha de deformar las células. La formalina neutralizada se prepara agregando a la solución de formaldehído al 40% una cantidad de acetato de sodio que permita un pH de 7,5 a 8 en la muestra preservada.

### **3.8.3. Montaje**

Siempre es posible mantener por largo tiempo colecciones de plancton en frasquitos debidamente identificados y periódicamente revisados a fin de reponer el líquido conservador que hubiera podido evaporarse. Si se agrega un pequeño volumen de glicerina se evita la desecación total en caso de descuido. Muchas veces es necesario hacer montajes de organismos que pasan a formar parte de colecciones permanentes, para lo cual existen numerosas técnicas y productos. Una de las técnicas más sencillas y eficaces consiste en colocar los especímenes en una gota de glicerina al 5% sobre un portaobjetos. Una o dos veces al día puede agregarse una gota de la misma solución hasta que se haya evaporado toda el agua y el alga o animal se encuentre en glicerina pura. Se añade, entonces, una gota de gelatina glicerinada derretida y se coloca un cubreobjeto y se sella.

### **3.9. Análisis cualitativo**

La separación de los organismos planctónicos en categorías taxonómicas específicas es esencial para el conocimiento de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. En esta labor se usan las claves taxonómicas. En algunos casos, es necesario utilizar material fresco porque ciertas estructuras o movimientos de importancia para la identificación se pierden en el material fijado. Sin embargo, la mayoría de las veces es posible usar ejemplares preservados.

### **3.10. Análisis cuantitativo, enumeración (González, 1998).**

La enumeración de las células individuales dentro de las muestras de fitoplancton no es siempre fácil porque algunas formas se presentan reunidas en colonias o filamentos.



En ese caso, es necesario calcular el número promedio de células por colonias o longitud promedio de los filamentos. Antes de proceder al recuento de las células o colonias presente en una muestra es preciso concentrarlas sobre una superficie y esto puede hacerse por filtración o por sedimentación.

El método de concentración por sedimentación en cámara fue ideado por Utermöehl (1958) Pueden obtenerse cámaras de 5 ml, 10 ml, 25 ml, 50 ml y 100 ml de capacidad. Existen diferentes diseños de cámaras; las más usadas constan de una placa base con una depresión cilíndrica y un fondo de vidrio muy delgado. Sobre la placa base se coloca la parte tubular de la cámara cuidando que quede perfectamente centrada sobre la depresión cilíndrica.

La muestra debe homogenizarse cuidadosamente antes de ser vertida en la cámara y esta debe seleccionarse según la densidad de plancton en la muestra. Si la muestra contiene mucho fitoplancton, es preciso emplear una cámara de pequeño volumen o diluir a muestra en caso de ser necesario.

Las cámaras de 50 ml y 100 ml son adecuadas para las muestras pobres de fitoplancton. Las cámaras se llenan desde arriba y luego se cubre dejando que el plancton se sedimente durante un tiempo medido en horas, que corresponde aproximadamente a la altura de la cámara en centímetros, multiplicada por tres. Una vez sedimentada la muestra, se desplaza la parte tubular hacia un lado, manteniéndola firmemente presionada hacia abajo para evitar que el líquido se derrame. El desplazamiento se hace sobre otra placa de igual altura que la placa base. En la depresión cilíndrica de la base quedan un pequeño volumen del líquido y las algas sedimentadas sobre el fondo. Las cuales pueden identificarse y contarse con ayuda de un microscopio invertido.

Pueden contarse todos los organismos sobre la superficie de la cámara, lo que tal vez exija mucho tiempo. Es preferible hacer el recuento por bandas diametrales, de preferencia en el centro de la cámara. Se cuentan aquellos organismos que quedan dentro de las dos líneas paralelas del micrómetro ocular; los que caen sobre la línea de la banda se cuenta en un solo lado.



#### **IV. HIPÓTESIS**

La variedad y abundancia de la población fitoplanctónica en los cinco estanque seleccionados en la granja "La Calera", está directamente relacionada a la aplicación de fertilizantes y el manejo técnico de la calidad del agua.



## **V. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **5.1 Descripción del área de estudio**

La granja demostrativa de peces “La Calera”, está localizada en las instalaciones de la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, situada en el km 12 ½ de la carretera norte, ciudad de Managua-Nicaragua.

La granja está constituida por 46 estanques de concreto levantado y destinado al cultivo y producción de alevines de monosexo de *Oreochromis niloticus*. Para el estudio de investigación se seleccionaron al azar cinco estanques (B1, B2, C9, C10, D12). El agua para el llenado es extraída por bombeo de un pozo perforado que está situado en las instalaciones de la granja. Las coordenadas de la granja son: 12° 8' N y 86° 10' E, con una elevación de 56 msnm.

### **5.2 Tipo de estudio**

Según los resultados de los datos obtenidos de la investigación, se realizó un análisis descriptivo cualitativo y cuantitativo de carácter longitudinal de las muestras recolectadas en cinco estanques de cultivo de Tilapia, determinándose la clasificación taxonómica de las clases de fitoplancton, su distribución y abundancia numérica (células ml<sup>-1</sup>) en un período determinado.

### **5.3 Población de estudio**

Es el fitoplancton existente en cada uno de los cinco estanques de cultivo que se manejan a diferentes densidades de siembra y estadíos de crecimiento de Tilapia en la granja demostrativa de peces “La Calera”, ubicada en la UNA-MANAGUA.

### **5.4 Muestra de estudio**

Para la realización del estudio se obtuvieron muestras integrales en cada uno de los cinco estanques. Para obtener la muestra integral se colectó muestras a tres diferentes profundidades desde los 0 cm hasta 120 cm, las cuales fueron posteriormente homogenizadas en un recipiente.

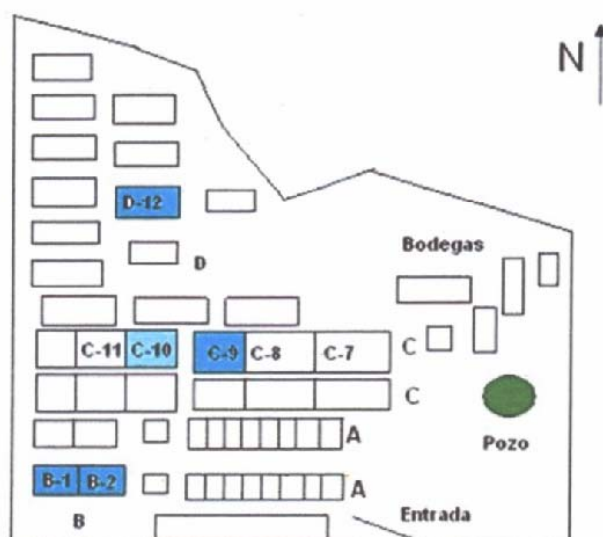
### **5.5 Diseño de toma de muestras**

En la siguiente tabla se presenta el diseño de muestreo efectuado durante el período de estudio comprendido entre Octubre 2007 a Febrero 2008.



No de estanques.	VARIABLES	No de muestreo	Tipo de muestreo
B1, B2, C9, C10, D12.	Fitoplancton cualitativo y cuantitativo. Nutrientes.	Uno de nutrientes y Tres de fitoplancton.	Integral que va desde los 0 cm - 1.20 cm.

Figura N° 5. Estanques de cultivo de Tilapia donde se tomaron las muestras de fitoplancton (color turquesa) Fuente: Granja "La Calera"





## 5.6 Variables de estudio

### a) *Identificación y ubicación taxonómica*

Es la existencia de especies de organismos que integran las poblaciones del fitoplancton.

Indicadores: Variedad de especies, taxonomía.

### b) *Abundancia numérica del fitoplancton*

Cantidad de organismos vivos por unidad de medida (células ml<sup>-1</sup>) contenidos en una muestra de agua.

Indicadores: cantidad de células ml<sup>-1</sup> de las taxa encontradas.

### c) *Distribución del fitoplancton en los estanques de estudio.*

Comportamiento vertical del fitoplancton en el cuerpo de agua.

Indicadores: Espacio y tiempo.

## 5.7 Métodos e Instrumentos de estudio

Instrumentos para la obtención o recolecta de datos

Toma de muestra in situ:

Ficha de campo: Se estructuró una ficha de registro para almacenar el valor de cada una de las variables.

Ubicación Taxonómica:

Claves taxonómicas: Se utilizó para la identificación del fitoplancton.

Entrevista:

Guía de entrevistas: Se elaboró una guía de entrevista con preguntas abiertas, teniendo en cuenta las variables a medir.

## 5.8 Procedimientos para la medición de variables

Las muestras de agua se recolectaron en frascos de plástico de 1000 ml, previamente lavados. La colecta se llevó a cabo en el centro de las pilas en 3 estratos de la columna de agua, luego se homogenizó en un recipiente, dando esto la muestra integral.



Posteriormente las muestras se trasladaron al laboratorio CIRA-UNAN, en termos con hielo para su preservación y posterior observación directa y clasificación taxonómica.

#### Muestras cualitativas

La identificación de los organismos fitoplanctónicos se llevó a cabo por observación directa bajo un microscopio compuesto Leitz Labovert (25x, 40x y 100x) y utilizando claves taxonómicas adecuadas: Huber-Pestalozzi (1961), Pascher, A. (1925), Patrick R. & Ch. Reimer (1966), Carter, J. R. (1981).

#### Muestras cuantitativas

El método mas apropiado para combinar el estudio taxonómico de los organismos presentes en el plancton con su evaluación cuantitativa, es la sedimentación en cubetas y examen al microscopio invertido, según el método de Utermöehl (1958). Las cámaras fueron colocadas en un microscopio invertido Olympus (100x) para dar inicio al conteo de todos los organismos contenidos dentro de las dos líneas paralelas. El tiempo de sedimentación requerido es igual a tres veces la altura del cilindro expresado en horas.

Para conservar el fitoplancton se utilizó solución lugol en cantidad suficiente para obtener una concentración final de la muestra de 1% (unas 20 gotas para 100ml de agua).

#### **Fórmula para el cálculo de la abundancia numérica del fitoplancton**

$$\text{Células ml}^{-1} = \frac{\text{individuos contados} \times \text{área del fondo de la cámara (mm}^2) \times 1\text{ml}}{\text{Área contada (mm}^2) \times \text{volumen de muestra sedimentada (ml)}}$$





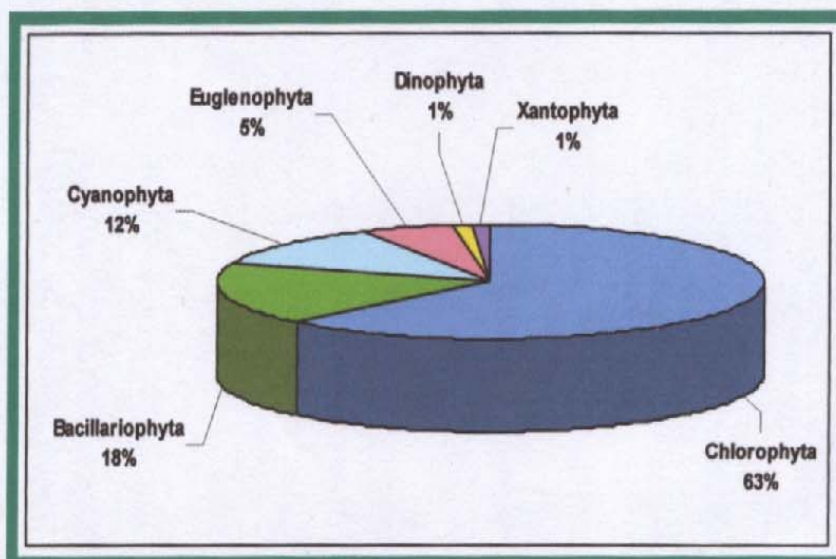
## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Composición cualitativa del fitoplancton

Un total de 91 taxa agrupados en seis Divisiones algales fueron identificados en los tres muestreos realizados en los cinco estanques de peces "La Calera - UNA" durante el período de estudio (Octubre 2007- Febrero 2008) Anexo Tabla N° 4.

El grupo más diverso fueron las Chlorophyta (57 taxa: 63%), seguidas de las Bacillariophyta (16 taxa: 18%), Cyanophyta (11 taxa: 12%), Euglenophyta (5 taxa: 5%), Dinophyta y Xantophyta (1 taxón: 1%) Gráfico N° 2.

Gráfico N° 2 Composición porcentual de los grandes grupos taxonómicos del fitoplancton a la riqueza de especies



La alta riqueza de fitoplancton registrada en la fase de estudio nos sugiere una alta disponibilidad y variedad en forma y tamaño de alimento natural que garantiza los micronutrientes necesarios para el engorde y crecimiento de la especie bajo cultivo (*Oreochromis niloticus*).

Esta abundancia existente en los estanques de cultivo de Tilapia se explica por las dosis de fertilizante inorgánico aplicadas en los estanques, ya que el fertilizante sirve para mantener niveles adecuados de los principales nutrientes (nitrógeno, fósforo y silice) en el agua para garantizar densidades adecuadas de poblaciones fitoplanctónicas.



Composición fitoplanctónica de cinco estanques de la granja "La Calera", UNA.

En la Tabla N° 2, se reportan los taxa comunes (29 en total) y más frecuentemente encontrados en los cinco estanques de cultivo. Sobresalen las Chlorophyta o algas verdes (15 taxa), seguidas de las Cyanophyta o algas verde azules (6 taxa), Bacillariophyta o diatomeas (5 taxa), Euglenophyta o euglenoides (2 taxa) y por último las Dinophyta o dinoflagelados con un taxón.

La alta representatividad de las Chlorophyta en los estanques, obedece en primer lugar a que este grupo constituye uno de los más grandes y diversos del fitoplancton. Se encuentran mayormente distribuidos en las aguas dulces y están bien adaptados para colonizar diferentes hábitats. Muchos taxa constituyen una fracción importante en la alimentación de los peces.

Tabla N°2 Taxa frecuentes en los cinco estanques de cultivo

Cyanophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Euglenophyta	Dinophyta
<i>Anabaenopsis circularis</i>	<i>Aulacoseira granulata</i>	<i>Ankistrodesmus</i> sp	<i>Euglena</i> sp	<i>Peridinium</i> sp
<i>Chroococcus</i> sp	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Chlamydomonas</i> sp	<i>Phacus orbicularis</i>	
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	<i>Navicula</i> sp	<i>Coelastrum astroideum</i>		
<i>Merismopedia</i> sp	<i>Nitzschia</i> sp	<i>Coelastrum microporum</i>		
<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Rhopalodia gibba</i>	<i>Coelastrum reticulatum</i>		
<i>Oscillatoria</i> sp		<i>Crucigenia tetrapedia</i>		
		<i>Kirchneriella</i> sp		
		<i>Monoraphidium</i> sp		
		<i>Oocystis</i> sp		
		<i>Pediastrum duplex</i>		
		<i>Pediastrum simplex</i>		
		<i>Scenedesmus acuminatus</i>		
		<i>Scenedesmus quadricauda</i>		
		<i>Scenedesmus</i> sp		
		<i>Tetraedron caudatum</i>		

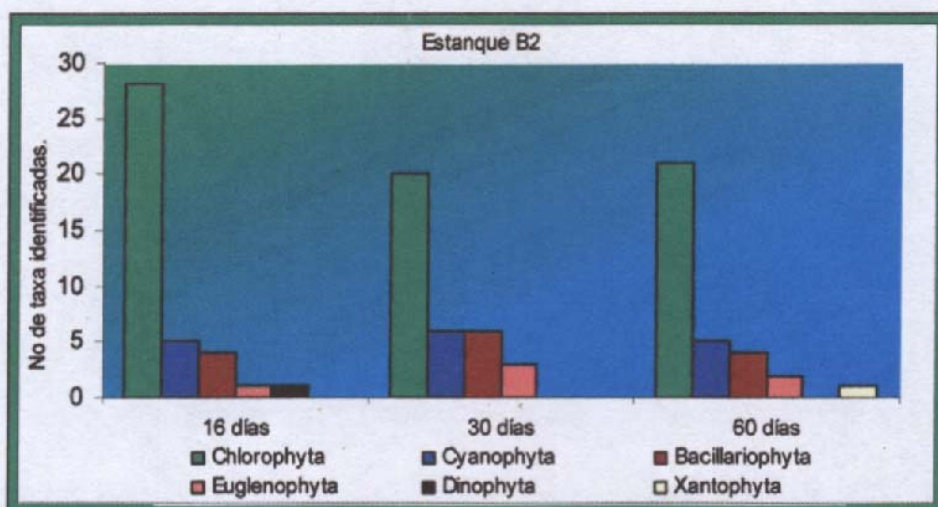
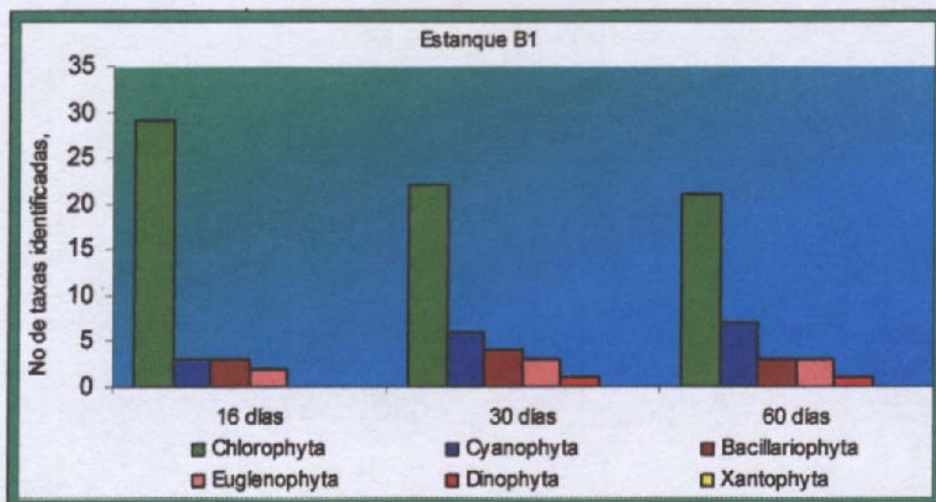
La aparición frecuente de Cyanophyta en estanques de cultivos de peces y camarones no es muy deseable ya que ocasionan pérdidas económicas, problemas de salud y hasta mal sabor del producto.

En el Gráfico N° 3 se presenta la variación en el aporte de los diferentes grupos fitoplanctónicos a la riqueza de especies en los tres muestreos realizados en cada estanque de cultivo (B1, B2, C9, C10 y D12), en los cuales es notorio que los grupos algales contribuyen de manera similar durante todo el período muestreado.



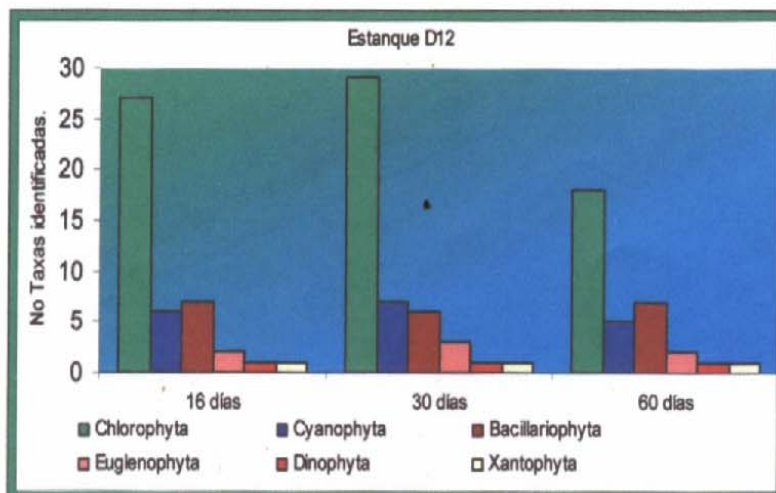
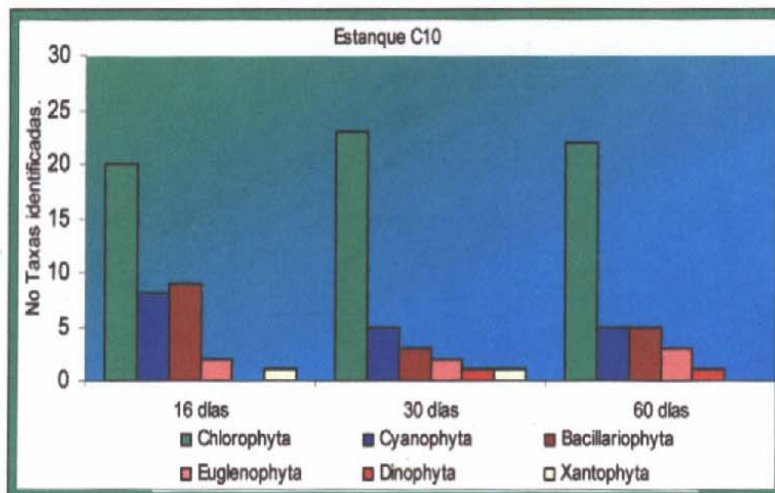
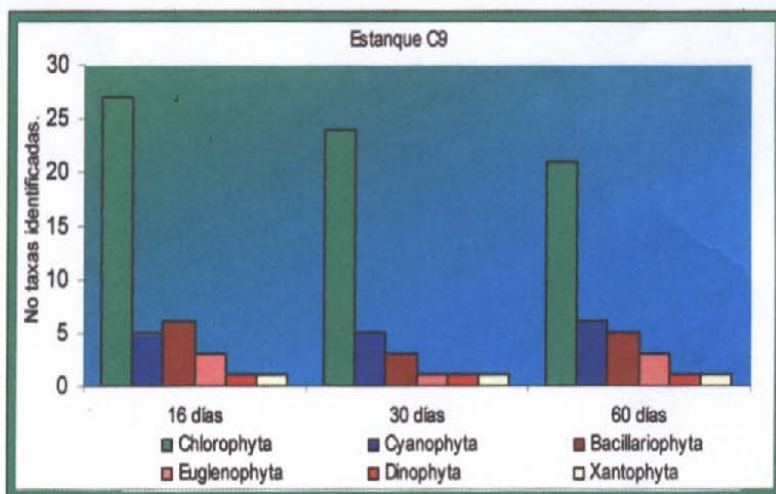
## Composición fitoplanctónica de cinco estanques de la granja "La Calera", UNA.

Gráfico N° 3 Comportamiento y aporte de los grupos algales a la riqueza de especies en los diferentes estanques.





### Composición fitoplanctónica de cinco estanques de la granja "La Calera", UNA.





Las Chlorophyta siguen siendo el grupo mas variado y se destacan principalmente en los estanques B1, B2 y C9 después de los 16 días de fertilizado. En los estanques C10 y D12 registran un leve aumento 30 días posteriores a la fertilización.

Las Bacillariophyta y Cyanophyta fueron el segundo y tercer grupo en importancia en los estanques B1 y B2. En cambio, los grupos anteriormente mencionados se alternan en los estanques C9, C10 y D12.

Se analizó el contenido estomacal de cinco peces, representado por un pez por estanque. Los resultados (Anexo Tabla N° 6) reflejan un consumo muy variable de alimento natural en cada uno de ellos, los cuales parece obedecer al estadio de desarrollo de los mismos.

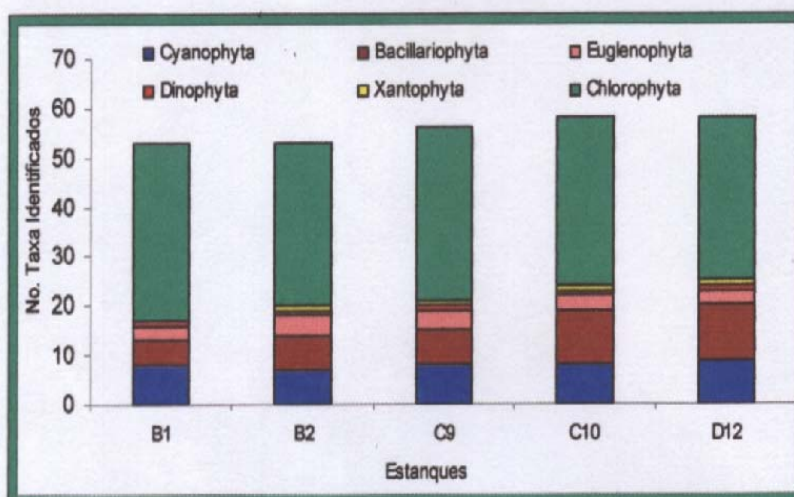
La contribución de los grandes grupos algales a la riqueza de especies en cada uno de los estanques durante el período de estudio se presenta en la Tabla N° 3 y Gráfico N° 4. El total de taxa identificados en cada uno de los estanques fue similar oscilando entre 53 y 58 taxa. Las Cyanophyta, Euglenophyta, Chlorophyta registran presencia regular y constante en todo el ciclo de cultivo, caso contrario registran las Bacillariophyta y Xantophyta.

Tabla N° 3. Contribución de los grupos del fitoplancton a la riqueza de especies en cada uno de los estanques

División	B1	B2	C9	C10	D12	CV (%)
Cyanophyta	8	7	8	8	9	9
Bacillariophyta	5	7	7	11	11	33
Euglenophyta	3	4	4	3	3	16
Dinophyta	1	1	1	1	1	0
Xantophyta	0	1	1	1	1	56
Chlorophyta	36	33	35	34	33	4
Total de taxa	53	53	56	58	58	



Gráfico N° 4. Comportamiento de los diferentes grupos del fitoplancton a la riqueza de especies



## 6.2 Abundancia Numérica del fitoplancton (células ml<sup>-1</sup>)

La abundancia numérica promedio algal fue de 755 167 cel ml<sup>-1</sup> constituida por seis Divisiones algales: tres Divisiones principales (Cyanophyta, Chlorophyta y Bacillariophyta) y tres secundarias (Euglenophyta, Dinophyta y Xantophyta).

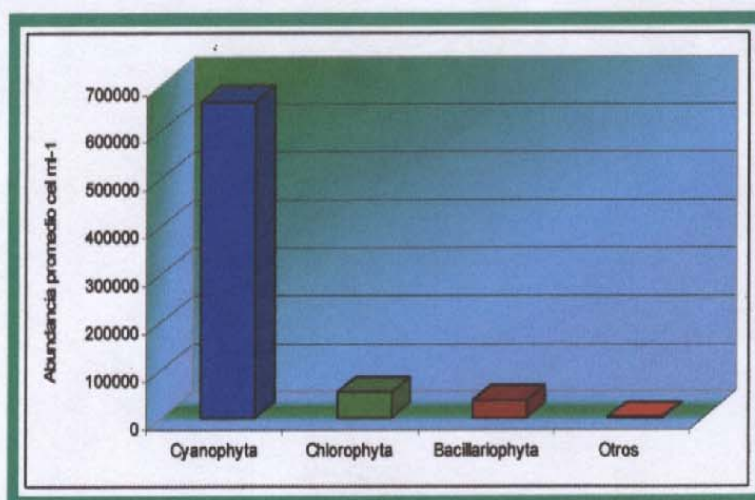
En la Tabla N° 4 se presentan los valores máximo y mínimo, así como el promedio de la abundancia numérica de cada División algal registrado durante el periodo de estudio. Las Cyanophyta reportan la mayor abundancia numérica promedio, con 661 959 cel ml<sup>-1</sup>, le siguen en orden las Chlorophyta (54 684 cel ml<sup>-1</sup>), Bacillariophyta (37 059 cel ml<sup>-1</sup>) y por último los grupos menores representadas como otros (Euglenophyta, Dinophyta y Xantophyta), las cuales reportan una abundancia numérica promedio de 1 465 cel ml<sup>-1</sup>.

Tabla N° 4 Abundancia Numérica máxima, mínima y promedio de las Divisiones del fitoplancton registradas durante el período de estudio en la granja "La Calera".

División	Abundancia (células ml <sup>-1</sup> )		
	Máximo	Mínimo	Promedio
Cyanophyta	6 802 446	967	661 959
Chlorophyta	110 999	666	54 684
Bacillariophyta	123 307	0	37 059
Otros	5 225	31	1 465



Gráfico N° 5 Abundancia numérica promedio de las Divisiones algales en el período de estudio



De las seis Divisiones taxonómicas identificadas, la División Cyanophyta fue la que presentó la mayor abundancia promedio durante el período de estudio, lo cual puede estar vinculado a diversos factores como la calidad del agua y la profundidad somera de los estanques. La mayoría de los representantes de este grupo tienen la capacidad de flotar en la columna de agua debido a la presencia de vacuolas de gas, evitando de esta manera la pérdida de células por sedimentación.

La abundancia de las Cyanophyta, también está relacionada, con la presencia de nitrógeno y con la capacidad que tienen algunos taxa de fijar la fracción molecular, alta concentración de materia orgánica, altos valores de pH y temperatura del agua, entre otros.

La División Chlorophyta se ubica en segundo lugar en cuanto a abundancia numérica. Su representatividad en los estanques, obedece principalmente a que este grupo constituye uno de los más grandes y diversos del fitoplancton. Se encuentran mayormente distribuidos en las aguas dulces, en el suelo y están bien adaptados para colonizar diferentes hábitats.

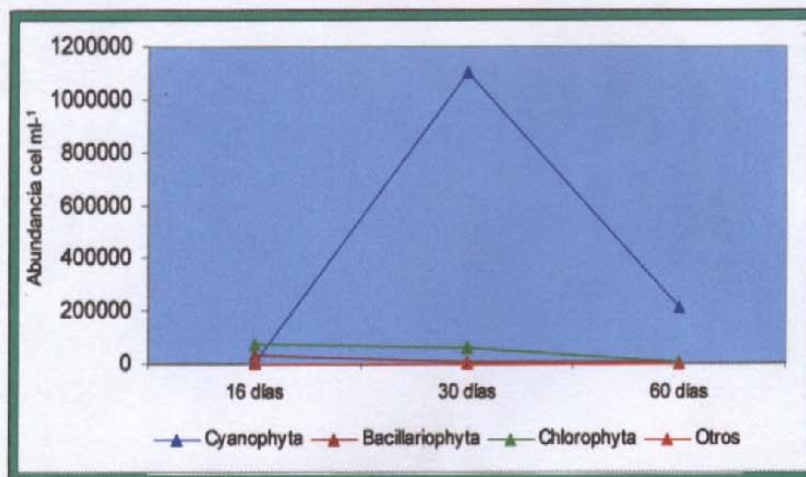
La presencia de las Bacillariophyta fue escasa, situación que podría obedecer a la actividad de depredación por parte del zooplancton, peces y demás organismos bentónicos, ya que las diatomeas constituyen el alimento natural predilecto de estos organismos y son una fuente de alta energía. Las Divisiones Euglenophyta, Dinophyta y Xantophyta registran baja representatividad numérica.



### 6.3 Comportamiento temporal de la abundancia del fitoplancton en cada uno de los estanques.

Atendiendo las densidades de cultivo, estadios, tipo y cantidad de alimento suplementario, área del estanque y proporciones de fertilizantes utilizados en cada uno de ellos; se analiza a continuación el comportamiento fitoplanctónico a nivel individual por cada estanque.

Gráfico N° 6. Distribución temporal del fitoplancton registrada en cada muestra extraída del estanque B1.



La variación en el comportamiento de los grupos algales en el estanque B1 en los diferentes tiempos de toma de muestras post fertilización se ilustra en el Gráfico N° 6. A los 16 días de fertilización, la abundancia del fitoplancton fue baja ( $697 \text{ cel ml}^{-1}$  -  $77\,328 \text{ cel ml}^{-1}$ ) y corresponde a la fase lenta de crecimiento donde ocurre un incremento en tamaño de las células sin división celular (reproducción).

En la segunda muestra (30 días) la abundancia osciló entre  $697 \text{ cel ml}^{-1}$  y  $1\,104\,766 \text{ cel ml}^{-1}$ , la cual podría asociarse con la fase de crecimiento exponencial donde las células se dividen rápidamente.

A los 60 días de cultivo, la abundancia algal disminuyó drásticamente, la cual obedeció principalmente al descenso marcado de las algas verde azules ( $212\,361 \text{ cel ml}^{-1}$ ). Las Euglenophyta, Dinophyta y Xantophyta reportan bajos valores ( $1\,858 \text{ cel ml}^{-1}$ ).

A pesar de la reducción evidente de las algas verde azules, estas fueron siempre las dominantes y son consideradas no deseables en los estanques porque pueden causar inestabilidad en la





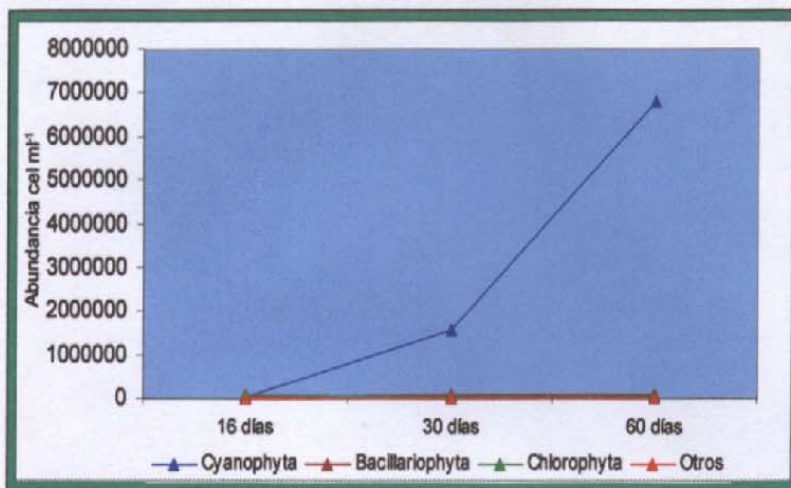
## Composición fitoplanctónica de cinco estanques de la granja "La Calera", UNA.

química del agua, problemas en la salud de los organismos bajo cultivo, así como inhibición del crecimiento.

La abundancia promedio de las Cyanophyta fue de 441 094 cel ml<sup>-1</sup>, el cual se encuentra muy por encima del rango óptimo recomendado y las Bacillariophyta y Chlorophyta se aproximan al valor mínimo recomendado (15 407 cel ml<sup>-1</sup> y 48 119 cel ml<sup>-1</sup> respectivamente).

La abundancia algal a los 16 días de muestreo en el estanque B2 (Gráfico N° 7) fue bajo (232 cel ml<sup>-1</sup> - 105 774 cel ml<sup>-1</sup>), correspondiendo el mayor valor a la División Chlorophyta.

Gráfico N° 7 Distribución temporal del fitoplancton registrado en cada muestra extraída del estanque B2



A medida que avanza el ciclo de cultivo (30 días), las algas experimentan un ligero aumento (1 585 336 cel ml<sup>-1</sup>) la cual obedeció a las Cyanophyta. Las Chlorophyta y los grupos menores (Euglenophyta, Dinophyta y Xantophyta) no describen una respuesta creciente en su abundancia.

El comportamiento anterior fue similar a lo observado a los 60 días, en la cual sobresale y dominan las Cyanophyta. Este grupo experimenta a partir del segundo muestreo un crecimiento notable y brusco donde las células se dividen rápidamente, alcanzando en este último muestreo su máxima abundancia algal (6 802 446 cel ml<sup>-1</sup>).

Esta respuesta posiblemente obedezca, a la alta cantidad de materia orgánica generada por los desechos fecales de los peces, los cuales se acumulan en el estanque debido a que no se realizó un recambio de agua durante la fase de estudio.



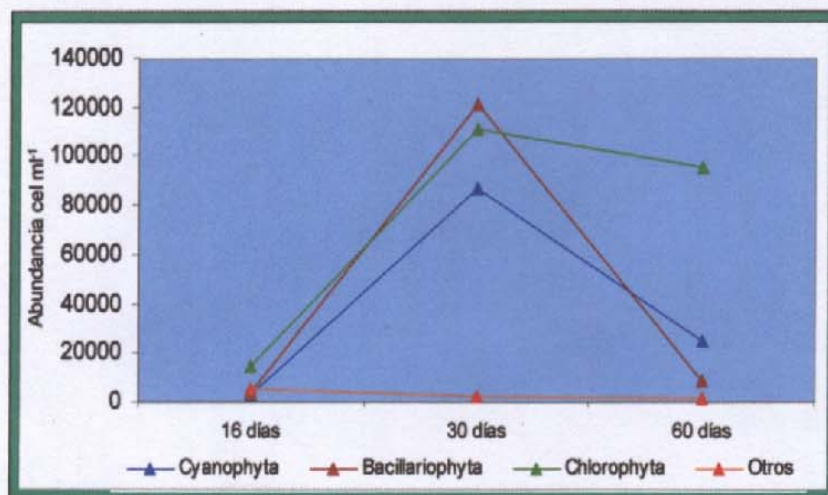
## Composición fitoplanctónica de cinco estanques de la granja "La Calera", UNA.

A excepción de las Cyanophyta ( $2\ 811\ 486\ \text{cel}\ \text{ml}^{-1}$ ), la abundancia promedio de los grupos algales fueron relativamente bajos (Bacillariophyta:  $64\ 053\ \text{cel}\ \text{ml}^{-1}$  y Chlorophyta:  $61\ 150\ \text{cel}\ \text{ml}^{-1}$ ).

En los estanques C9, C10 y D12 (Gráficos N° 8, 9 y 10 respectivamente) existen variaciones significativas en cuanto al porcentaje y variación de taxa.

En el estanque C9 (Gráfico N° 8) se encontraron que las Divisiones Cyanophyta, Chlorophyta y Bacillariophyta presentaron un crecimiento similar a la curva de crecimiento de las algas, es decir, presentaron las tres fases de dicha curva que son, en el primer muestreo la fase lenta, el segundo muestreo corresponde a la fase exponencial y el tercer muestro a la fase estacionaria.

Gráfico N° 8 Distribución temporal del fitoplancton registradas en cada muestra extraída del estanque C9



Las Cyanophyta en el primer muestreo del estanque C9 tienen una presencia mínima de  $2\ 956\ \text{cel}\ \text{ml}^{-1}$  en cambio las Chlorophyta sobresalen en su abundancia con  $15\ 094\ \text{cel}\ \text{ml}^{-1}$ .

En el segundo muestreo los grupos, Euglenophyta, Dinophyta y Xantophyta alcanzan valor de  $2\ 554\ \text{cel}\ \text{ml}^{-1}$ , las Bacillariophyta estallan con una abundancia algal de  $121\ 448\ \text{cel}\ \text{ml}^{-1}$  y las Cyanophyta tienen un valor numérico de  $87\ 081\ \text{cel}\ \text{ml}^{-1}$ .

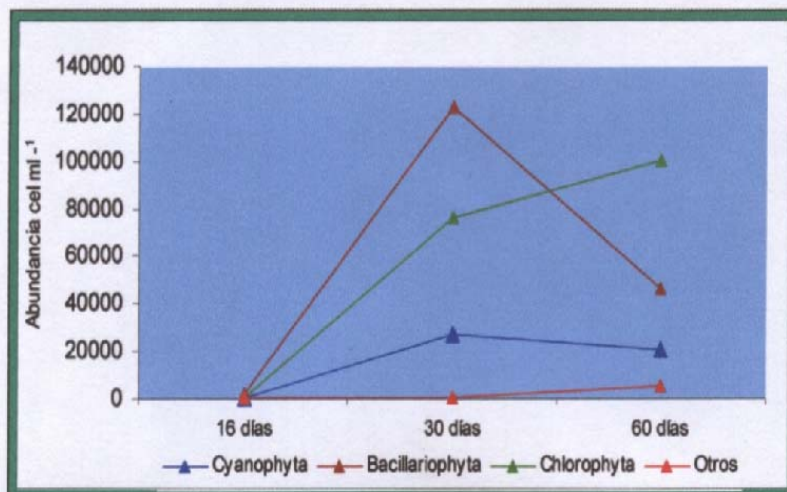
En el último muestreo las Euglenophyta, Dinophyta y Xantophyta disminuyeron en un 41% ( $1\ 509\ \text{cel}\ \text{ml}^{-1}$ ) con respecto al segundo muestreo, y las Chlorophyta continúan siendo más abundantes en esta última muestra con  $95\ 324\ \text{cel}\ \text{ml}^{-1}$ . Las Cyanophyta obtuvieron valor numérico de  $24\ 731\ \text{cel}\ \text{ml}^{-1}$ .



## Composición fitoplanctónica de cinco estanques de la granja "La Calera", UNA.

En el estanque C10 (Gráfico N° 9), las Bacillariophyta y Cyanophyta presentan un crecimiento de acuerdo a la curva típica, el cual en el primer muestreo son pocas, en el segundo muestreo crecen exponencialmente y en el tercer muestreo decrecen y se mantienen. Sin embargo, las Chlorophyta y otros grupos presentan una progresión constante a partir del primer muestreo hasta el último.

Gráfico N° 9 Distribución temporal del fitoplancton registrado en cada muestra extraída del estanque C10



Las Cyanophyta presentan una abundancia de 16 394 cel ml<sup>-1</sup>, este valor está dentro del rango óptimo esperado. En cambio, las Bacillariophyta presentan una abundancia promedio de 57 540 cel ml<sup>-1</sup>, cuyo valor se encuentra muy por encima del valor promedio esperado y las Chlorophyta presentan una abundancia promedio de 59 138 cel ml<sup>-1</sup>.

Las Euglenophyta, Dinophyta y Xantophyta tienen una abundancia algal mínima en la primera muestra del estanque C10 (828 cel ml<sup>-1</sup>), sobresaliendo las Bacillariophyta como las algas más abundantes (2 520 cel ml<sup>-1</sup>).

En la segunda muestra, otra vez las Euglenophyta, Dinophyta y Xantophyta registran mínima presencia (813 cel ml<sup>-1</sup>), destacándose nuevamente las Bacillariophyta (123 309 cel ml<sup>-1</sup>).

En la tercera toma de muestra, los resultados reflejan baja abundancia fitoplanctónica de los grupos menores (5 921 cel ml<sup>-1</sup>), distinguiéndose las Chlorophyta como grupo abundante (100 465 cel ml<sup>-1</sup>).

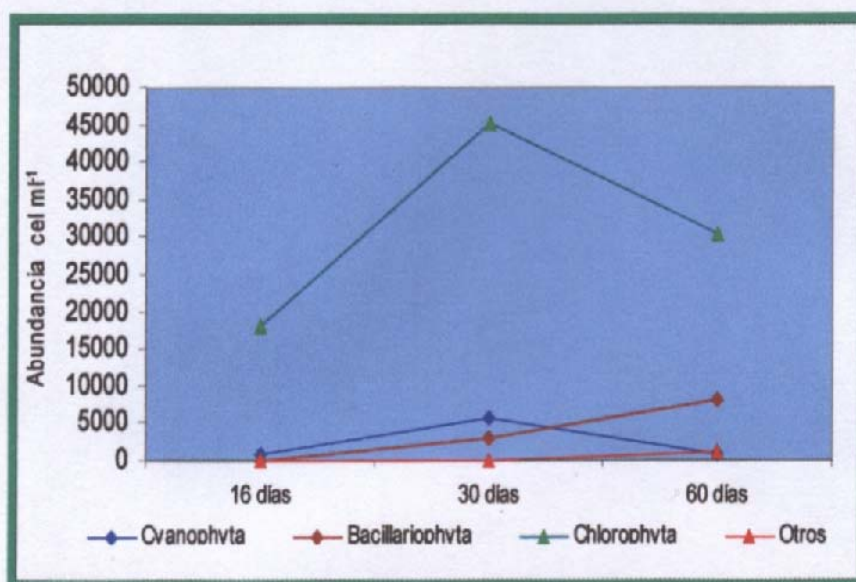


## Composición fitoplanctónica de cinco estanques de la granja "La Calera", UNA.

En el estanque D12 (Gráfico N° 10) durante el primer muestreo, el valor mínimo de abundancia algal le corresponde a las Bacillariophyta (0 cel ml<sup>-1</sup>) y el máximo a las Chlorophyta (18 053 cel ml<sup>-1</sup>). En el segundo muestreo están las Euglenophyta, Dinophyta y Xantophyta con 31 cel ml<sup>-1</sup> y siguen las Chlorophyta en el primer lugar de abundancia con 45 185 cel ml<sup>-1</sup>.

A los 60 días y último muestro, las Cyanophyta reportan cantidades mínimas de abundancia con 967 cel ml<sup>-1</sup> y las Chlorophyta siempre en cantidades abundantes con 30 377 cel ml<sup>-1</sup>.

Gráfico N° 10 Distribución temporal de fitoplancton registrado en cada muestra extraída del estanque D12



El estanque D12 es el que presenta mayor concentración de sílice (SiO<sub>2</sub>) con 55,68 mg l<sup>-1</sup>. El resto de estanques oscilan entre 26,99 mg l<sup>-1</sup> y 48,36 mg l<sup>-1</sup>. Las Chlorophyta y Cyanophyta presentan un crecimiento similar al de la curva de las algas, en la cual crecen desde fase de letargo, en el primer muestreo, luego crecen exponencialmente en el segundo muestreo y caen bruscamente en el tercer muestreo que corresponde a la fase estacionaria donde la abundancia numérica permanece constante.

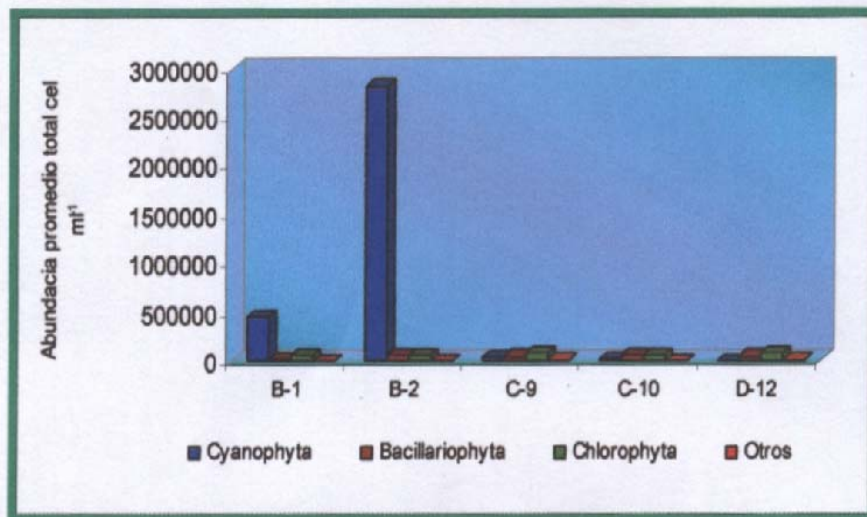
Las Cyanophyta presentan valores de abundancia promedio (2 555 cel ml<sup>-1</sup>) muy por debajo del valor esperado. Caso contrario ocurre con las Bacillariophyta y Chlorophyta, las cuales reportan promedio de abundancia por encima del valor esperado (44 586 cel ml<sup>-1</sup> y 30 377 cel ml<sup>-1</sup> respectivamente).



#### 6.4. Comportamiento temporal total de la abundancia del fitoplancton en los cinco estanques.

A continuación se detalla un análisis global de los cinco estanques en el período de estudio (Gráfico N° 11) para todas las Divisiones de algas encontradas.

Gráfico N° 11 Abundancia promedio total (cel ml<sup>-1</sup>) de cada una de los grupos de fitoplancton según los estanques.



En el estanque B1 las Cyanophyta presentan una abundancia excesiva a partir del segundo muestreo, esto probablemente obedezca a la alta biomasa de los peces bajo cultivo en el estanque (reproductores de 500 g).

El estanque B2 presenta un comportamiento similar al B1, donde las Cyanophyta predominan e incrementan en número a partir del segundo y tercer muestreo. La biomasa presente en este estanque es de reproductores (528 g) y cuyo crecimiento promedio en el período de estudio fue del 5%.

El fondo de ambos estanques es de barro, esta es una condición ideal para que la alta cantidad de materia orgánica predomine y sumado al hecho que no hubo recambio de agua durante el período de estudio se dio un bloom excesivo de Cyanophyta, sugiriendo un mal manejo de la calidad de agua de estos estanques.

Las Cyanophyta, Chlorophyta y Bacillariophyta presentes en los estanques C9, C10 y D12 describen una tendencia a aumentar a partir del segundo muestreo y disminuyen en el tercero y último. Este comportamiento se explica por la curva de crecimiento normal que presentan las



algas. Se exceptúa el estanque D12 donde las Bacillariophyta aumentan en el tercer muestreo.

La curva de crecimiento algal reportada en los estanques antes mencionados, se debe a que solo se realizó una dosis de aplicación del fertilizante (16 días antes del primer muestro), por lo que las algas decrecen rápidamente al no encontrar nutrientes disponibles en el medio, sumado a su corto ciclo de vida.

### **Factores físicos y químicos**

A continuación se realiza una valoración de los factores físicos y químicos de los estanques bajo estudio (Anexos, Gráficos 1a, 1b, 1c, 1d, 1e). Cabe mencionar que la concentración de nutrientes (nitrato, nitrito, amonio, sílice y ortofosfato) solamente se analizaron a los 16 días de haber aplicado la dosis de fertilizante inorgánico y su concentración se logró detectar en cada uno de los estanques (Anexo Tabla N° 5), a excepción del nitrato por registrar éste valores por debajo del límite de detección.

El estanque C10 reporta los mayores valores de nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) con resultados de  $0,007 \text{ mg l}^{-1}$ , mientras que el resto de estanques los resultados son ligeramente más bajos ( $0,003 \text{ mg l}^{-1}$ ).

Los nitrosomas y las nitrobacterias descomponen la materia orgánica, un desequilibrio en el aporte del amonio puede provocar altas concentraciones de nitratos, cuando estas son altas pueden ocasionar daños en los peces, concentraciones de  $0,1 \text{ mg l}^{-1} - 0,2 \text{ mg l}^{-1}$  producen e inhabilitan el transporte de oxígeno en los peces. En los estanques de Tilapia las concentraciones de este nutriente debe ser de  $0,01 \text{ mg l}^{-1}$ .

Con respecto al amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), el mayor valor lo registra el estanque B1 con  $0,141 \text{ mg l}^{-1}$ , mientras que en el resto de estanques esta fracción nitrogenada osciló entre  $0,030 \text{ mg l}^{-1}$  a  $0,096 \text{ mg l}^{-1}$ . El amonio es muy importante para los organismos productores, especialmente porque su absorción es energéticamente más viable.

El estanque D12 es el que presenta mayor concentración de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) con  $55,68 \text{ mg l}^{-1}$ . El resto de estanques oscilan entre  $26,99 \text{ mg l}^{-1}$  y  $48,36 \text{ mg l}^{-1}$ .

El ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) tiene una concentración de  $0,291 \text{ mg l}^{-1}$  en el estanque C10, siendo esta la más alta y la más baja es de  $0,031 \text{ mg l}^{-1}$  que corresponde al estanque B1.



Los resultados de los factores físicos (oxígeno, temperatura, pH y transparencia del agua) de cada uno de los estanques bajo estudio, se encuentran dentro de los rangos óptimos que debe tener un estanque de cultivo de Tilapia.

El oxígeno disuelto se encontró entre 2,3 mg l<sup>-1</sup> a 4,8 mg l<sup>-1</sup>. El oxígeno disuelto algunas veces baja a los niveles críticos de 2,3 mg l<sup>-1</sup>, sin embargo, la Tilapia tiene la capacidad de soportar bajos niveles de oxígeno por más de dos horas, tomando en cuenta las referencias de los requerimientos ambientales para la especie. Los valores de los parámetros físicos registrados en los estanques son los adecuados para la estimulación del buen y rápido crecimiento de fitoplancton. Sin embargo, se reportó una mortalidad del 10% al 25% para los peces en pre-desarrollo de los estanque C9, C10 y D12. Se reportó una mortalidad del 3% al 5% en los estanques B1 y B2 en los cuales existen reproductores. Esta mortalidad puede ser atribuida a bajos niveles de oxígeno.

La temperatura osciló entre 28 °C a 30,7 °C durante el período de estudio.

El pH en todos los estanques reporta valores dentro del rango adecuado para el cultivo, variando éste en 7,3 a 8,9. La transparencia del agua en los cinco estanques varió de 27,2 cm a 44,2 cm. Esto se atribuye al florecimiento algal, efecto de las aplicaciones del fertilizante y a las partículas de suelo o materia orgánica en suspensión. La primera es muy importante para la nutrición de los peces, en cambio, si la visibilidad del disco de Secchi es causada por las partículas disueltas ocasionan deterioro de la calidad del agua del estanque, esto no permite el buen crecimiento de algas, ocasionan escasez de oxígeno durante la noche y perjudican el estado del pez, pudiendo ocasionar en casos extremos la muerte de los mismos. Es muy importante tomar en cuenta que no es ideal correlacionar la abundancia del fitoplancton con la visibilidad del disco Secchi, debido a que también puede deberse a la presencia de sólidos suspendidos, a menos que se compruebe que el fitoplancton sea responsable de los valores registrados de transparencia.

La transparencia se puede asociar fácilmente al crecimiento algal por la coloración verde del agua del estanque, ya que las algas verdes son las ideales para asegurar la alimentación de origen natural de los peces. Considerando esta situación, se observa que la turbidez en los estanques se presenta en los rangos óptimos para favorecer el desarrollo algal y así proveer de alimento natural a los organismos en cultivo.



En todos los estanques en estudio, los valores de los factores físicos y químicos se encuentran en los niveles óptimos para el cultivo de Tilapia.

### 6.5. Especies dominantes en los estanques

Las especies dominantes en los estanques durante el período de estudio se reflejan en la Tabla N° 5 y corresponden a las Divisiones: Cyanophyta, Chlorophyta y Bacillariophyta.

Tabla N° 5 Taxa dominantes durante el tiempo en los estanques de estudio.

Taxa dominante/Tiempo/Estanque.			
Estanque	16 días	30 días	60 días
B1	<i>Cyclotella</i> sp (30,652,465) 26%	<i>Microcystis aeruginosa</i> (894,030,234) 76%	<i>Chroococcus</i> sp (191,810,123) 56%
B2	<i>Cyclotella</i> sp (58,053,911) 27%	<i>Chroococcus</i> sp (1,122,994,860) 66%	<i>Chroococcus</i> sp (6,797,453,057) 97%
C9	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (filamento) (27,169,230) 50%	<i>Cyclotella</i> sp (116,456,146) 36%	<i>Dictyosphaerium</i> sp (23,221,565) 18%
C10	<i>Microcystis aeruginosa</i> (56,956,112) 82%	<i>Cyclotella</i> sp (120,055,489) 53%	<i>Microcystis aeruginosa</i> (168,356,343) 46%
D12	<i>Oocystis</i> sp (7,697,705) 40%	Flagelados (16,707,12) 31%	<i>Rhizosolenia</i> (6,247,91) 13%

En el estanque B1, *Cyclotella* sp fue dominante a los 16 días post fertilización (26%). Mientras que en el segundo y tercer muestreo sobresalen *Microcystis aeruginosa* y *Chroococcus* sp (76% y 56% respectivamente).

En el estanque B2, *Cyclotella* sp sigue siendo dominante en el primer muestreo (27%), sustituida posteriormente por *Chroococcus* sp en los dos últimos muestreos (66% y 97%).

En este estanque C9 la especie dominante en la primera muestra fue la Cyanophyta filamentosa, *Cylindrospermopsis raciborskii* (50%), *Cyclotella* sp (36%) en el segundo muestro y





*Dictyosphaerium* sp con 18% en el último muestreo.

*Microcystis aeruginosa* con 82% y 46% predominan en el primer y último muestreo del estanque C10 y *Cyclotella* sp en el segundo muestreo (53%).

*Oocystis* sp predomina en el primer muestreo del estanque D12 con 40%, en el segundo los flagelados con 31% y en el último muestreo predomina *Rhizosolenia* sp con 13%.

Se realizó análisis fitoplanctónico al agua del pozo que se utiliza para el cultivo de Tilapia y los resultados fueron negativos, o sea no hay presencia de algas en el agua que usan para el llenado de los estanques. Por lo que existe la hipótesis de que las algas presentes en el suelo de los estanques pudieron haberse activado al existir condiciones físicas y químicas adecuadas en los estanques tales como; nutrientes, luz, presencia de materia orgánica etc.

También se le hizo análisis fitoplanctónico a los estanques B1 y B2 previa fertilización, cuando el agua tenía 7 días de maduración, los datos encontrados se resumen en el Anexo Tabla N° 7 y el Gráfico N° 2.

Los resultados del análisis de fitoplancton realizado en los estanques B1 y B2 indican la baja presencia de algas, previamente a las aplicaciones del fertilizante inorgánico, por lo que se observa que se necesita estimular el crecimiento de las algas para que existan variedades y cantidades suficientes para los requerimientos nutricionales de la Tilapia en todas las fases de su crecimiento y desarrollo, principalmente en las etapas larvales (primeros dos meses hasta que alcancen un peso de 200 gramos).



## VII. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en esta investigación, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Cualitativamente la comunidad fitoplanctónica estuvo compuesta por tres Divisiones principales: Chlorophyta (57 taxa: 63%), Bacillariophyta (16 taxa: 18%), Cyanophyta (11 taxa: 12%) y tres Divisiones menores: Euglenophyta (5 taxa: 5%), Dinophyta y Xantophyta (1 taxón: 1%).
- La División Bacillariophyta, grupo benéfico para el cultivo de peces, registró una abundancia numérica promedio de 37 059 cel ml<sup>-1</sup>, las Divisiones Euglenophyta, Dinophyta y Xantophyta, representadas en otros obtuvieron abundancias numéricas promedios de 1 465 cel ml<sup>-1</sup>, cabe mencionar que la División Dinophyta es indeseable en cultivos y está presente en los estanques de estudio.
- Los estanques B1 y B2 presentaron alta abundancia de Cyanophyta, debido a que no se realizaron recambios de agua durante el período de estudio.
- En los estanques C9, C10 y D12 las Cyanophyta, Chlorophyta y Bacillariophyta presentaron un comportamiento similar a la curva de crecimiento de las algas.
- Los factores físicos: oxígeno, temperatura, pH y transparencia de los cinco estanques de cultivo de Tilapia se encuentran dentro de los rangos óptimos.
- Las taxa dominantes durante el tiempo de estudio fueron: Cyanophyta (*Microcystis aeruginosa*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Chroococcus* sp), Chlorophyta (*Coelastrum astroideum*, *Chlorella* sp, *Ankistrodesmus* sp), Bacillariophyta (*Cyclotella meneghiniana*, *Rhopalodia* sp, *Navicula* sp).
- Según los resultados del estudio, el comportamiento que presentan las Divisiones encontradas especialmente las Cyanophyta, su abundancia en los estanques sujetos de estudio es mayor al resto, lo que indica, que la Granja “La Calera” adolece de un buen manejo técnico de la calidad de agua para el crecimiento y desarrollo de los peces, lo cual incide negativamente en la sobrevivencia de la producción de alevines.



## **VIII. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a las conclusiones obtenidas en esta investigación, las siguientes recomendaciones están dirigidas al equipo técnico de la granja demostrativa de peces “La Calera”.

- Previo a la aplicación de fertilizantes en los estanques, se debe realizar semanalmente un conteo de fitoplancton, con el fin de determinar la abundancia numérica de algas y poder valorar las dosis de fertilizantes a aplicar y estimar los porcentajes de recambio de agua para mantener un buen manejo de la calidad del agua.
- Llevar registro de la presencia y abundancia del fitoplancton y establecer programas de fertilización para el crecimiento adecuado, evitando fluctuaciones drásticas que conlleve a la caída del fitoplancton en los estanques por agotamiento de nutrientes.
- Capacitar al personal en la identificación, conteo y análisis de fitoplancton.
- Mantener calibrado los aparatos de mediciones para toma diaria de parámetros físicos de calidad de agua y llevar un registro y digitalización de los mismos.
- Analizar los resultados de los parámetros físico químico de agua y ejecutar acciones inmediatas correspondiente para mejorar y mantener la buena calidad de de agua en los estanques.
- Mantener un monitoreo del agua de los efluentes de la granja y analizar mensualmente los parámetros de pH, OD, fósforo soluble, sólidos suspendidos totales, DBO<sub>5</sub>, DQO, nitrógeno amoniacal total y temperatura, a fin de reducir los impactos negativos en el cuerpo de agua receptor de los efluentes.



## **IX. BIBLIOGRAFÍA**

- Brenes R. Carlos L. Fundamentos de oceanografía descriptiva aplicada al istmo Centroamericano, Mayo 2001.
- Bernabé, G.(1996). Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Trad. Del Frances por: Eduardo C. Martínez. Título original: Bases Biologiques et écologiques de l'aquaculture. Editorial Acribia. España. Págs. 91-93.
- Curtis Elena; Biología sexta edición. Editorial Médica Panamericana.
- Emilio Ochoa Moreno. (2001) Métodos para mejorar la camaronicultura en Centro América. Editorial-Imprenta. UCA, Managua-Nicaragua.
- Gonzáles Aída, 1998. Plancton de aguas continentales, facultad de Ciencias, Universidad Central Caracas Venezuela.
- Lacayo Mauricio. Curso de limnología general. UNAN-MANAGUA, Marzo, 2006.
- Margalef Ramón; Limnología. Edición Omega, S.A/Platón, 26/ Barcelona-6.
- Nuevo atlas de botánica. Editorial Ariel, S.A.; Córcega, 270-08008 Barcelona, España.
- [WWW.algales-nocivas/floracion-algal](http://WWW.algales-nocivas/floracion-algal).
- [WWW.bio-logra.com-ar/algas.htm](http://WWW.bio-logra.com-ar/algas.htm).
- [WWW.aquanovel.com/equipamiento.htm](http://WWW.aquanovel.com/equipamiento.htm)
- [WWW.uniovi.es/nicieza/teaching\\_es.htm](http://WWW.uniovi.es/nicieza/teaching_es.htm)
- [WWW.helcom.fi/stc/files/Publications/Proceedings/bsep95.pdf](http://WWW.helcom.fi/stc/files/Publications/Proceedings/bsep95.pdf).



X. ANEXOS

Tabla N° 1. Dosis de fertilizante inorgánico  
 Completo 15 - 15 - 15  
 Dosis 0,40 kg c /100 m<sup>2</sup>  
 Diluir en agua - Distribuir solo a las 6:00 am - 6:00 pm.

Estanque	Área ( m <sup>2</sup> )	Dosis (gr)
B1	96	384
B2	96	384
C9	240	960
C10	240	960
D12	231	920

Tabla N° 2. Área de estanquería

Estanque	No. de estanque	Área (m <sup>2</sup> )	Total (m <sup>2</sup> )
B1 y B2	2	96	192
C9 y C10	2	240	480
D12	1	231	231
Total	5		903

Tabla N° 3 Población y hábitos alimenticios implementados en la granja "La Calera".

Estanque	Población	Estadio	Peso (g)	Biomasa %	g/d (gramos/día)	30%	20%	Total	Tipo/Alimento
B1	266	♂ Reproductores del 2008.	513	1.5	2,046	613.8	409.2	1.023	Extr
B2	191	♂ Reproductores del 2007.	528	1.5	1,513	453.9	302.6	756.5	Extr
C9	2155	Pre-desarrollo II ciclo del 2007.	9	6	1,164	349.2	232.8	582	Mo
C10	1377	Pre-desarrollo II ciclo del 2007.	32	6	2,644	793.2	528.8	1322	Mo
D12	500	Pre-desarrollo II ciclo del 2007.	43	6	1,161	348.3	232.2	580.5	Mo

Ext = Extrusado

Mo = Molido



Composición fitoplanctónica de cinco estanques de la granja "La Calera", UNA.

Tabla N° 4. Taxa identificados en los cinco estanques, La Calera – UNA

División Cyanophyta	Estanque B1	Estanque B2	Estanque C9	Estanque C10	Estanque D12
<i>Anabaena</i> sp	---	---	X	X	X
<i>Anabaena viguieri</i>	---	---	---	---	---
<i>Anabaenopsis circularis</i>	X	X	X	X	X
<i>Chroococcus</i> sp	X	X	X	X	X
<i>Chroococcus turgidus</i>	---	---	---	---	X
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	X	X	X	X	X
<i>Lyngbya</i> sp	X	X	X	X	X
<i>Merismopedia</i> sp	X	X	X	X	X
<i>Microcystis aeruginosa</i>	X	X	X	X	X
<i>Microcystis pseudofilamentosa</i>	X	---	---	X	---
<i>Oscillatoria</i> sp	X	X	X	X	X
<b>División Bacillariophyta</b>					
<i>Aulacoseira granulata</i>	X	X	X	X	X
<i>Coscinodiscus</i> sp	---	---	---	X	---
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	X	X	X	---	X
<i>Eunotia</i> sp	---	---	---	X	X
<i>Gomphonema affine</i>	---	---	---	X	X
<i>Navicula</i> sp	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia acicularis</i>	---	---	---	X	X
<i>Nitzschia sigma</i>	---	---	---	X	---
<i>Nitzschia</i> sp	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia tryblionella</i>	---	---	---	X	---
<i>Pinnularia</i> sp	---	---	---	X	X
<i>Rhizosolenia</i> sp	---	X	X	---	X
<i>Rhopalodia gibba</i>	X	X	X	X	X
<i>Rhopalodia</i> sp	---	---	---	---	X
<i>Synedra ulna</i>	---	X	---	---	---
<i>Terpsinoe musica</i>	---	---	X	---	---
<b>División Chlorophyta</b>					
<i>Actinastrum hantzschii</i>	X	X	X	X	---
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	---	---	X	---	---
<i>Ankistrodesmus</i> sp	X	X	X	X	X
<i>Chlamydomonas</i> sp	X	X	X	X	---
<i>Chlorella</i> sp	X	X	X	X	X
<i>Chlorobion</i> sp	X	---	---	---	---
<i>Chodatella ciliata</i>	---	---	X	---	---
<i>Chodatella</i> sp	X	---	---	X	X
<i>Coelastrum astroideum</i>	X	X	X	X	X
<i>Coelastrum microporum</i>	X	X	X	X	X
<i>Coelastrum reticulatum</i>	X	X	X	X	X
<i>Cosmarium obtusatum</i>	---	---	---	---	X
<i>Cosmarium phaseolus</i>	---	---	---	---	X
<i>Cosmarium pyramidatum</i>	X	X	X	X	---
<i>Cosmarium</i> sp	---	---	---	---	X
<i>Cosmarium vexatum</i>	X	---	---	---	---
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	X	X	X	X	X
<i>Crucigeniella rectangularis</i>	---	---	---	X	---



Composición fitoplanctónica de cinco estanques de la granja "La Calera", UNA.

<i>Dictyosphaerium elongatum</i>	X	X	---	X	---
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	X	---	X	X	X
<i>Golenkinia radiata</i>	---	---	X	---	X
<i>Golenkinia</i> sp	X	X	---	X	X
<i>Golenkiniopsis chlorelloides</i>	X	---	---	---	---
<i>Granulocystopsis pseudocoronata</i>	---	X	---	---	---
<i>Kirchneriella lunaris</i>	X	X	X	---	---
<i>Kirchneriella</i> sp	X	X	X	X	X
<i>Lagerheimia ciliata</i>	X	X	---	---	X
<i>Microactinium pusillum</i>	X	X	---	---	---
<i>Microactinium</i> sp	X	---	---	---	---
<i>Monoraphidium contortum</i>	---	---	X	X	---
<i>Monoraphidium</i> sp	X	X	X	X	X
<i>Oocystis</i> sp	X	X	X	X	X
<i>Pandorina</i> sp	X	X	---	X	---
<i>Pediastrum duplex</i>	X	X	X	X	X
<i>Pediastrum simplex</i>	X	X	X	X	X
<i>Pediastrum tetras</i>	---	---	---	---	X
<i>Planctonema</i> sp	X	---	X	X	X
<i>Scenedesmus obtusus</i>	---	---	X	X	---
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	X	X	X	X	X
<i>Scenedesmus gutwinski</i>	---	X	X	---	X
<i>Scenedesmus ovalternus</i>	---	---	X	---	X
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	---	X	X	X	X
<i>Scenedesmus</i> sp	X	X	X	X	X
<i>Scenedesmus spinosus</i>	---	---	X	---	---
<i>Scenedesmus verrucosa</i>	---	X	---	---	---
<i>Schroederia indica</i>	X	X	X	---	---
<i>Schroederia</i> sp	---	---	---	X	X
<i>Siderocelis pseudoblonda</i>	X	X	X	---	X
<i>Spirogyra</i> sp	---	---	---	X	---
<i>Staurastrum dilatatum</i>	---	---	---	---	X
<i>Staurastrum leptocladum</i>	---	---	---	---	X
<i>Staurastrum</i> sp	---	---	---	---	X
<i>Tetraedron caudatum</i>	X	X	X	X	X
<i>Tetraedron minimum</i>	X	X	X	X	---
<i>Tetraedron muticum</i>	---	X	X	---	---
<i>Tetrastrum peterfil</i>	X	X	X	X	---
<i>Treubaria triappendiculata</i>	X	X	X	X	---
<b>División Euglenophyta</b>					
<i>Euglena</i> sp	X	X	X	X	X
<i>Lepocinclis ovum</i>	X	X	---	X	---
<i>Phacus Birgei</i>	---	X	---	---	X
<i>Phacus orbicularis</i>	---	X	X	X	X
<i>Phacus</i> sp	---	---	X	---	---
<b>División Dinophyta</b>					
<i>Peridinium</i> sp	X	X	X	X	X
<b>División Xantophyta</b>					
<i>Centritractus</i> sp	---	X	X	X	X
<b>TOTAL</b>	<b>53</b>	<b>53</b>	<b>56</b>	<b>58</b>	<b>58</b>



Tabla N° 5. Factores químicos y físicos en los estanques de estudio

Estanques.					
Parámetros físico-químicos	B1	B2	C9	C10	D12
Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) $\text{mg l}^{-1}$	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld
Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) $\text{mg l}^{-1}$	0,003	0,003	0,003	0,007	0,003
Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) $\text{mg l}^{-1}$	0,141	0,056	0,090	0,096	0,030
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) $\text{mg l}^{-1}$	26,99	31,53	48,36	47,42	55,68
Ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) $\text{mg l}^{-1}$	0,031	0,208	0,285	0,291	0,175
Oxígeno disuelto (OD) $\text{mg l}^{-1}$	2,7-3,5	2,3-3,9	2,3-4,5	2,3	2,3-4,8
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	28,7-30,1	28-29,3	29-30,7	29	28,3-29,6
pH	7,9-8,2	7,9-8	7,9-8,9	7,9	7,3-7,9
Transparencia (cm)	27,2-32,5	28,2-32,5	32,5-39	32,5	31,1-44,2

ld: 0,05

Tabla N° 6. Parámetros óptimos para el cultivo de Tilapia

Parámetros físico-químicos.	
Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) $\text{mg l}^{-1}$	-
Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) $\text{mg l}^{-1}$	0,1
Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) $\text{mg l}^{-1}$	0,01 - 0,6
Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) $\text{mg l}^{-1}$	-
Ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) $\text{mg l}^{-1}$	0,6 - 1,5
Oxígeno disuelto ( $\text{mg l}^{-1}$ )	4,5 - 7
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	28 - 32
pH	6,5 - 9
Transparencia (cm)	30





Gráfico N° 1a. Factores físicos del estanque B1 en el período de estudio.

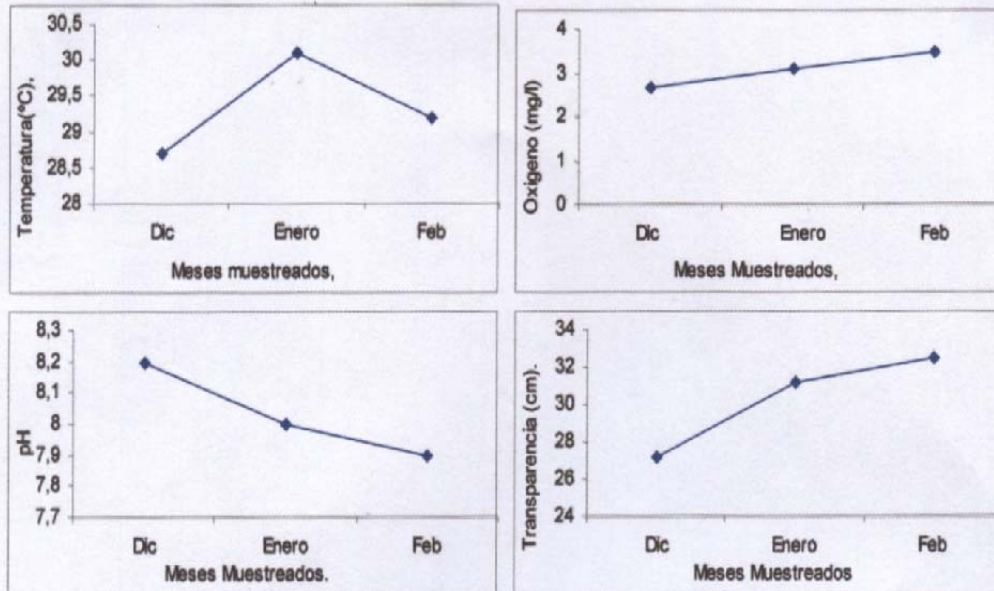
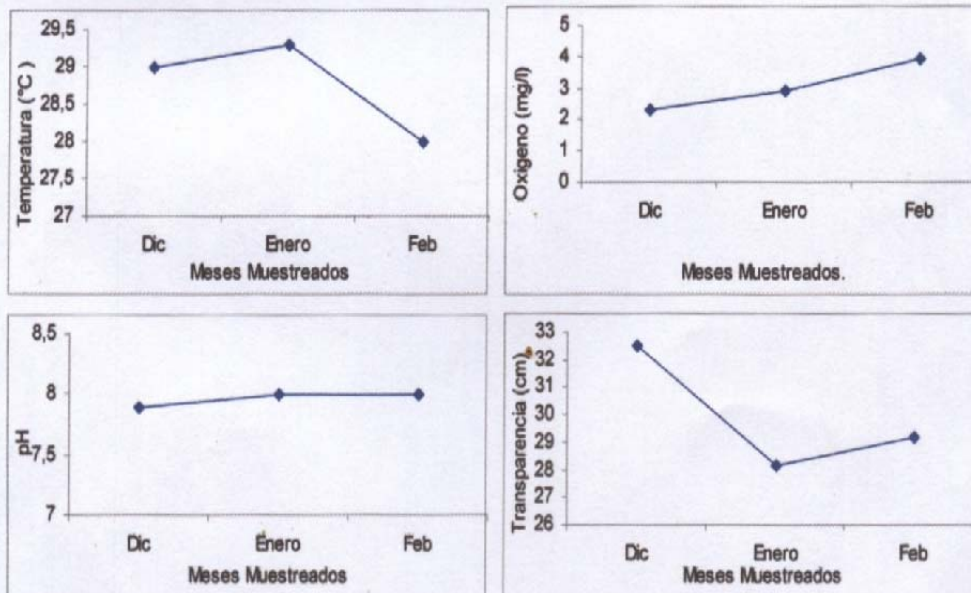


Gráfico N° 1b. Factores físicos del estanque B2 en el período de estudio.





Composición fitoplanctónica de cinco estanques de la granja "La Calera", UNA.

Gráfico N° 1c. Factores físicos del estanque C9 en el período de estudio.

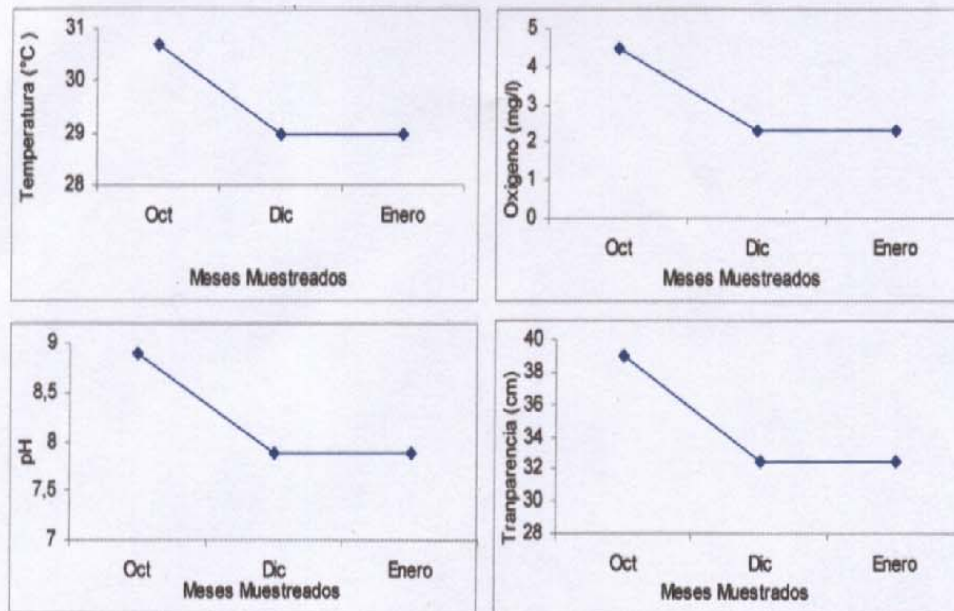


Gráfico N° 1d. Factores físicos del estanque C10 en el período de estudio.

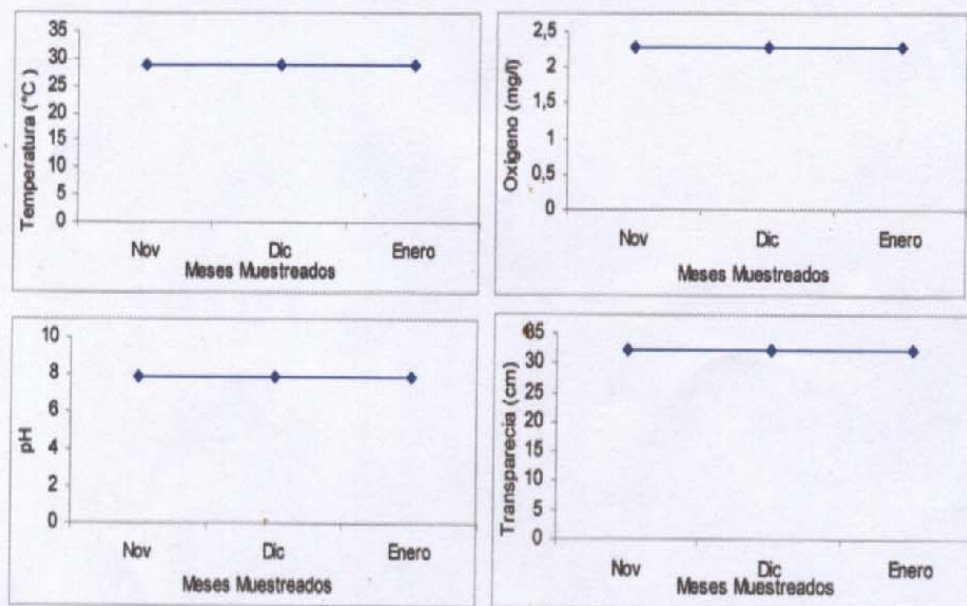
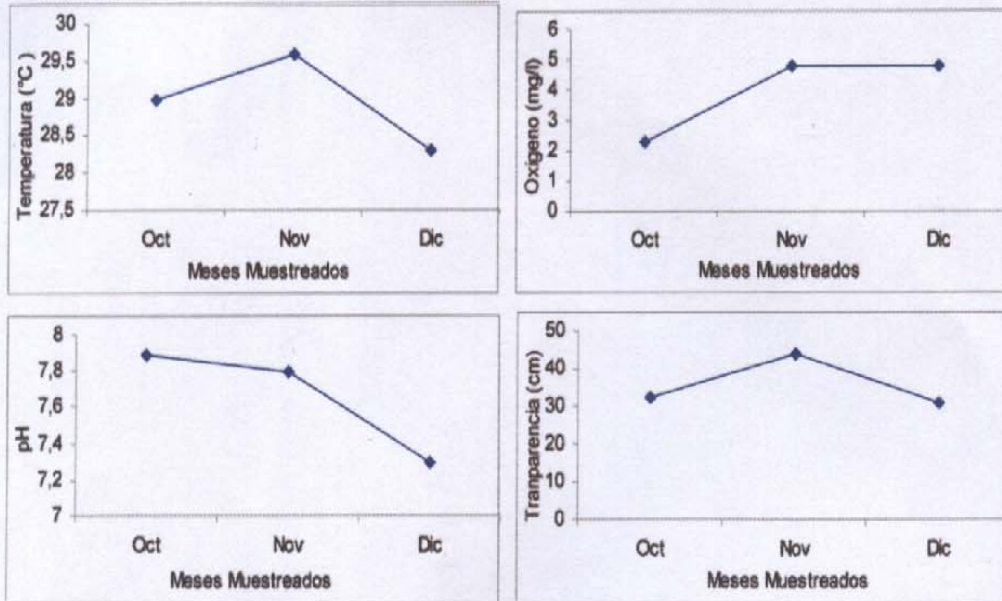




Gráfico N° 1e. Factores físicos del estanque D12 en el período de estudio.





**Composición fitoplanctónica de cinco estanques de la granja "La Calera", UNA.**

**Tabla N° 3 Taxa identificados en el contenido estomacal en cinco peces representativo de cada estanque (La Calera, UNA)**

<b>División Cyanophyta</b>	<b>Estanque B1</b>	<b>Estanque B2</b>	<b>Estanque C9</b>	<b>Estanque C10</b>	<b>Estanque D12</b>
<i>Anabaenopsis circularis</i>	X	---	---	X	X
<i>Chroococcus</i> sp	---	---	---	X	---
<i>Oscillatoria</i> sp	X	---	X	---	X
<b>División Bacillariophyta</b>					
<i>Aulacoseira granulata</i>	---	X	---	---	---
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	xxx	X	X	xx	xx
<i>Nitzschia</i> sp	X	X	---	---	---
<b>División Chlorophyta</b>					
<i>Chlorella</i> sp	X	---	---	X	---
<i>Coelastrum astroides</i>	---	---	---	X	---
<i>Coelastrum reticulatum</i>	---	---	---	X	---
<i>Cosmarium</i> sp	---	---	---	xx	---
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	---	---	---	X	---
<i>Lagerheimia ciliata</i>	X	---	---	---	---
<i>Oocystis</i> sp	---	---	---	X	---
<i>Pediastrum duplex</i>	X	---	---	---	---
<i>Pediastrum tetras</i>	---	---	---	---	---
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	xx	X	---	X	---
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	xx	---	X	X	xxx
<b>División Euglenophyta</b>					
<i>Phacus orbicularis</i>	---	---	---	X	---
<b>División Dinophyta</b>					
<i>Peridinium</i> sp	X	---	---	---	---
<b>xxx= muy abundante xx= abundante x= escaso ---=ausencia</b>					

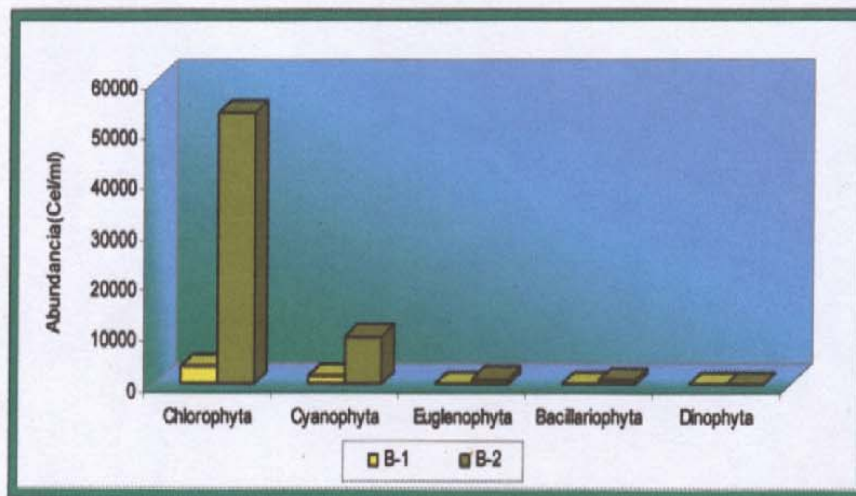


## Composición fitoplanctónica de cinco estanques de la granja "La Calera", UNA.

Tabla N° 7 Abundancia numérica (cel ml<sup>-1</sup>) de fitoplancton en dos estanques previos a la aplicación del fertilizante inorgánico.

División	Estanques	
	B1 (cel ml <sup>-1</sup> )	B2 (cel ml <sup>-1</sup> )
Cyanophyta	1 601	9 251
Bacillariophyta	13	655
Chlorophyta	33 490	53 573
Euglenophyta	41	862
Dinophyta	13	34

Gráfico N° 2 Abundancia numérica (cel ml<sup>-1</sup>) de fitoplancton en dos estanques previos a la aplicación del fertilizante inorgánico.





## Vocabulario.

**Alcaloide:** Cualquiera de los compuestos orgánicos nitrogenados, de carácter básico, que se extraen de ciertos vegetales y que tienen propiedades alcalinas: entre los alcaloides más importantes se encuentran la cafeína, la cocaína, la heroína, la morfina, la nicotina y la quinina.

**Clorofila:** Pigmento verde de los vegetales y de algunas algas y bacterias, gracias al cual se produce la fotosíntesis: la clorofila es usada en la industria farmacéutica.

**Diploide:** Organismo o cualquiera de sus fases de crecimiento que tiene doble dotación de cromosomas:  
todas las células del hombre, excepto los gametos, son diploides.

**Fotosíntesis:** Conversión de energía luminosa en energía química que tiene lugar en los cloroplastos de la células Eucarióticas (algas y plantas) o en los tilacoides y protoplasma de la células Procarióticas.

**Hidrosoluble:** Que se puede disolver en agua: las vitaminas B, C y D son hidrosolubles.

**Laminaria:** Alga verduzca con forma de cinta que se cría en el fondo de las costas de aguas templadas o frías y se usa en medicina.

**Liposoluble:** Que se puede disolver en grasas o aceites: vitaminas liposolubles.

**Micronutrientes:** Nutrientes inorgánicos requeridos solo en cantidades pequeñas para el crecimiento de los vegetales. Como el Hierro, Cobre, Cloro, etc.

**Silice:** Dióxido de silicio, compuesto químico formado por la combinación de un átomo de silicio y dos de oxígeno.

**Simbionte:** Individuo asociado en simbiosis con otro individuo: vegetal simbionte.

**Vitamina:** Nombre genérico de ciertas sustancias orgánicas indispensables para la vida que los animales que no pueden sintetizar y que, por ello, han de recibir ya formadas con los alimentos: la carencia de vitaminas produce muchas enfermedades.