

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA-León  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
INGENIERÍA ACUÍCOLA**



**TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO ACUICOLA**

**Crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) aplicando alimento a base de harina de soya y semolina mezclada con melaza con 15 y 25% de proteína.**

**Realizado por:**

**Br. Yeriel Francis Acosta Díaz  
Br. Yusleydi Mercedes García Mendoza**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA-León  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA  
INGENIERÍA ACUÍCOLA**



**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO ACUICOLA**

**Crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) aplicando alimento a base de harina de soya y semolina mezclada con melaza con 15 y 25% de proteína.**

**Realizado por:**

**Br. Yeriel Francis AcostaDíaz  
Br. Yusleydi MercedesGarcía Mendoza**

**Tutor Responsable:**

**M.Sc Claudia Patricia Jovel Castillo**

**Asesores:**

**Dr. Evenor Martínez  
Ing. Álvaro Barreto**

**León, Enero 2014**

## RESUMEN

En nuestro trabajo experimental se realizó la formulación y elaboración de alimento con el propósito de brindar a los productores de tilapias nuevas alternativas de alimentación para contribuir a un menor costo en la alimentación de estos organismos. Teniendo como objetivo principal la evaluación del crecimiento de la tilapia *Oreochromis niloticus* aplicando alimento a base de harina de soya y semolina mezclada con melaza con 15 y 25% de proteína, para realizar el experimento se trabajó ambos tratamientos con una densidad de siembra de cinco organismos por metro cuadrado. Llevándose a cabo la investigación en el Laboratorio de Investigaciones Marinas y Acuícolas (LIMA). Se utilizaron cuatro pilas de concreto de 4.4 m<sup>2</sup>, cada tratamiento contó con dos repeticiones; siendo utilizadas por 35 días que duró nuestro trabajo experimental. Los factores físicos químicos que se registraron fueron: Temperatura se mantuvo entre los 33.5°C y los 26.9 °C; Oxígeno Disuelto con valores máximos de 9 mg/L y mínimos de 1.7 mg/L; los valores de turbidez oscilaron entre 60 cm y 25 cm. Se determinó que para el tratamiento con alimento a base de harina de soya y semolina mezclado con melaza al 15 % de proteína se obtuvo un peso final de 68 gramos con ritmo de crecimiento promedio de cinco gramos cada cinco días; la tasa de crecimiento promedio de 0.9 %gr/día; Factor de Conversión Alimenticia de 1.16; la sobrevivencia fue de 100 % y con rendimientos productivos de 15,409 libras por hectáreas. Para el tratamiento con alimento con 25 % de proteína se tiene un crecimiento acumulado final de 72 gramos; ritmo de crecimiento de 5.6 gramos cada cinco días; tasa de crecimiento de 0.97 %gr/día; factor de conversión alimenticia de 1.23; sobrevivencia del 100 % y con rendimiento productivo de 18045 libras por hectárea. Con lo que se puede concluir que el alimento con 25 % de proteína obtuvo mejores resultados en crecimiento por lo que los organismos alimentados con 15 % de proteína resulto menos eficiente para el crecimiento de juveniles de tilapia.

## **Dedicatoria:**

Dedico la presente investigación primeramente a mi Dios padre y la virgen María, por darme el don de la sabiduría e inteligencia y la voluntad para poder salir adelante y emprenderme en el camino correcto.

Hago la condecoración (el honor) a mi madre Francisca Díaz Martínez y mi padre Douglas Acosta Martínez, que son los que me dieron la vida, gracias a ellos con su esfuerzo me han sacado adelante, con su dedicación y consejos me han ayudado mucho gracias a todo esto, estoy dando mis últimos pasos en esta parte de mi vida a quienes les agradezco infinitamente mucho por brindarme su apoyo incondicional los quiero.

Gracias a mi madre que sin ella no hubiera sido todo posible, por apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida, dándome ánimo, fuerza para poder culminar mi carrera y apoyarme económicamente.

Al bello regalo que dios y la vida me ha dado, el que a llenando de alegrías cada momento que más lo necesitaba, un angelito tan lindo que ha sido un motivo más para salir adelante a mi hijo al que amo Carlito Francisco Soza Acosta y Gracias a mi esposo por darme ánimo para seguir adelante.

Agradezco a mis profesores especialmente ala profesora M.sc Claudia Herrera por darnos sus conocimientos, paciencia y su disposición para que fuera una excelente estudiante, a mis compañeros y compañeras que tan bien colaboran en esta ocasión tan especial.

YERIEL FRANCIS ACOSTA DÍAZ

## **Agradecimientos**

Gracias a dios por darme salud y sabiduría para poder culminar con éxito esta etapa de mi vida.

Agradezco a mis padres por el apoyo incondicional que siempre me han dado, que sin su ayuda no hubiera sido posible la culminación de este trabajo.

A mi amiga y compañera de tesis que ha sido parte de este trabajo que con todo nuestros esfuerzos hemos hecho todo esto realidad, agradeciéndole mucho a Yusleydi García.

A mi tutora M. Sc Claudia Jovel quien fue parte fundamental en este trabajo, brindándome su tiempo y conocimientos.

A mis asesores Dr. Evenor Martínez y Ing. Álvaro Barreto quienes con voluntad y dedicación nos brindaron su tiempo para llevar a cabo este trabajo investigativo.

Al Dr. Evenor Martínez quien es un gran pilar de la carrera, quien nos brindó sus conocimientos para ser buenos profesionales.

YERIEL FRANCIS ACOSTA DÍAZ

## **Dedicatoria**

Dedico la culminación de mi investigación primeramente a Dios por haberme regalado la vida, el conocimiento y la fuerza necesaria para superar los obstáculos que se me presentaron en todo el trayecto de mi carrera universitaria, regalándome la sabiduría y discernimiento para ir por el camino del bien.

A la vez dedico este trabajo a mi mami querida Paula Ernestina Mendoza Pérez por ser ella mi soporte económico y emocional; al mismo tiempo ser padre y madre para mí y que a pesar de sus regaños siempre me dio su apoyo para culminar esta parte importante de mi vida.

A mis tías: Lourdes Cecilia y Sandra María Mendoza Lacayo por alentarme en mis momentos difíciles y por ayudarme económicamente, gracias por sus consejos para que lograra cumplir mi meta.

A mis abuelitos por apoyarme siempre y darme sus consejos para Salir adelante, por llenarme de mucha alegría y por hacer de mí una mejor persona.

A mis compañeros de clase que siempre me han apoyado en todo momento y que gracias a ellos hemos vivido cosas extraordinarias, de tristeza y alegrías; en especial a mi mejor amiga y compañera de tesis Yeriel Francis que siempre ha estado conmigo hasta en mis peores momentos y ha aguantado mis enojos y necesidades. Gracias por tu amistad incondicional.

YUSLEYDI MERCEDES GARCIA MENDOZA

## **Agradecimiento**

Primero que todo agradezco a Dios y la virgen santísima por la vida que me han dado hasta este momento en que culmine mi carrera; por la sabiduría e inteligencia que me brindaron para salir adelante con mis estudios.

A mi familia y en especial a mi madre que me ha brindado su amor y su apoyo incondicional durante toda mi carrera.

A mi tutora M.Sc Claudia Jovel ya que nos dio su apoyo y todo su conocimiento para que realizáramos nuestra tesis.

Al Dr. Evenor Martínez y M.SC Claudia Herrera por su dedicación y por la educación que en estos 5 años nos enseñaron para que fuéramos profesionales de provecho.

Al Ing. Álvaro Barreto por el tiempo y paciencia que nos proporcionó para la realización de este trabajo .

YUSLEYDI MERCEDES GARCIA MENDOZA

## Tabla de contenido

Resumen .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Dedicatoria .....	vi
Agradecimiento .....	vii
I. INTRODUCCION .....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo General.....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
III. HIPOTESIS.....	4
IV. LITERATURAREVISADA .....	5
4.1 Clasificación taxonómica.....	5
4.2 Tilapia del Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) .....	5
4.3 Ecología .....	6
4.4 Hábitos reproductivos.....	6
4.5 Hábitos alimenticios .....	8
4.6 Alimentación.....	9
4.6.1 Tipos de alimento y cálculo de raciones.....	9
4.6.2 Formas de alimentar .....	11
4.6.3 Tabla de alimentación.....	12
4.6.4 Alimentación que se utilizan en cultivo de tilapia.....	12
4.7 Requerimiento nutricional de la tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> .....	13
4.7.1 Soya .....	13
4.7.2 Melaza de caña de azúcar .....	13
4.7.3 Composición de la melaza de caña .....	14
4.7.4 Semolina .....	15
4.8 Incremento diario .....	15
4.9 Cultivo de Tilapia .....	15
4.9.1 Cultivo en estanques rústicos.....	15
4.9.2 Cultivo en corrales y jaulas flotantes .....	16
4.9.3 Tipo y tamaño de jaulas flotantes .....	17
4.9.4 Técnicas de cultivo .....	17
4.9.5 Cultivo de alta densidad en estanques .....	18
4.9.6 Cultivo en canales de flujo rápido .....	18
4.9.7 Policultivo cíclico .....	18
4.9.8 Sistema de cultivo de recirculación de agua .....	19
4.10 Aclimatación y siembra .....	20

4.11 Fertilización .....	20
4.12 Calidad de agua .....	21
4.13 Factores Físicos y Químicos .....	21
4.13.1 Oxígeno Disuelto .....	21
4.13.2 Respiración .....	22
4.13.3 Temperatura .....	22
4.13.4 Turbidez .....	22
4.13.5 pH .....	23
4.14 Muestreo Biológico .....	24
4.14.1 Crecimiento Acumulado .....	24
4.14.2 Ritmo de Crecimiento.....	24
4.14.3 Tasa de Crecimiento.....	25
4.15 Muestreo Poblacional .....	25
4.15.1 Población .....	25
4.15.2 Procedimiento para hacer un muestreo de población .....	25
4.15.3 Sobrevivencia .....	26
4.15.4 Factor de Conversión Alimenticia.....	27
4.15.5 Rendimiento Productivo .....	27
<b>V. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>28</b>
5.1 Localización del área de estudio .....	28
5.2 Dispositivo experimental .....	28
5.3 Elaboración del alimento experimental .....	28
5.3.1 Formulación .....	28
5.3.2 Elaboración .....	29
5.4 Preparación y manejo del experimento .....	29
5.4.1 Fertilización .....	30
5.4.2 Recambio de agua .....	30
5.4.3 Temperatura .....	30
5.4.4 Oxígeno Disuelto .....	30
5.4.5 Turbidez .....	30
<b>6. Muestras Poblacionales .....</b>	<b>30</b>
6.1 Crecimiento Acumulado .....	30
6.2 Ritmo de Crecimiento.....	31
6.3 Tasa de Crecimiento .....	31
6.4 Sobrevivencia .....	31
6.5 Factor de Conversión Alimenticia.....	31
6.6 Rendimiento Productivo .....	31
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>32</b>
6.1 Factores Físicos y Químicos .....	32
6.1.1 Temperatura.....	32
6.1.2 Oxígeno Disuelto .....	33

6.1.3 Turbidez .....	34
6.2 Parámetros Poblacionales.....	35
6.2.1 Crecimiento Acumulado .....	35
6.2.2 Ritmo de Crecimiento .....	36
6.2.3 Tasa de Crecimiento .....	37
6.2.4 Factor de Conversión Alimenticia. FCA .....	38
6.2.5 Rendimiento Productivo .....	39
6.2.6 Supervivencia .....	40
VII. CONCLUSIONES .....	41
VIII. RECOMENDACIONES .....	42
IX. BIBLIOGRAFIA.....	43
X. ANEXOS .....	47

## I. INTRODUCCION

Desde los años 70 la producción acuícola mundial ha crecido substancialmente contribuyendo enormemente a la seguridad alimentaria mundial, para 1995 la FAO reportó que la producción mundial de la tilapia sobrepaso las 500,000 toneladas. La tilapia es el segundo grupo más importante de peces después de las carpas chinas, con una producción que solo en acuicultura pronto superará los 2,0 millones de toneladas de Tilapia y para el 2010 que la producción mundial supere los 3,0 millones de toneladas con un valor por encima de 5.000 millones de dólares, lo cual cobra importancia si consideramos que las Tilapias tienen una contribución a la producción mundial de aproximadamente el 20% del volumen total de peces, incrementándose en más del 85% exclusivamente entre 1984 y 1992, siendo la especie **O. niloticus (Tilapia nilótica)** la equivalente al 80% de la producción.

China, Estados Unidos, Indonesia y Brasil se encuentran entre los mayores productores y consumidores de Tilapia en el mundo. Actualmente a nivel Centroamericano Honduras es el productor más importante de tilapia. En Nicaragua, la tilapicultura en este momento es una actividad que se inicia, sin embargo en el mercado nacional de Nicaragua, la demanda de la tilapia, en Septiembre del 2003, se encontraba con un 25%, (según sondeo de mercado realizado por la UCA); en diciembre del 2005 hubo un incremento del 50%, lo que significa una demanda actual del 75% (según estudio de mercado realizado para una empresa privada). (Saavedra, 2006)

La acuicultura ha tenido en los últimos años adelantos significativos en cuanto a la producción de una amplia variedad de organismos que proporcionen proteína de origen animal. Una de las especies dulceacuícolas más exitosa en acuicultura es la tilapia (**Oreochromis sp.**). Debido a las condiciones de cultivo, como son altas densidades de siembra y limitada calidad del agua, los organismos se encuentran sujetos a un estrés constante que se traduce en bajas tasas de crecimiento y eficiencia alimenticia, así como presencia de enfermedades oportunistas. Para sobrellevar estos problemas se ha estudiado alternativamente el uso de suplementos alimenticios que eviten la aparición de enfermedades y operan como promotores de crecimiento entre los cuales se encuentran las hormonas, antibióticos, iónoferos y algunas sales, pero su uso indiscriminado puede ocasionar efectos adversos al animal (alteraciones hormonales, intoxicación, predisposición a enfermedades) y residuales para el consumidor final. (Nurmi&Rantala, 1973).

En el caso del cultivo de tilapia, los costos operacionales en alimentación superan el 50% debido a su utilización de alimentos de calidad y de alto contenido proteico. Para el cultivo se han empleado diversos alimentos tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales, todos ellos empleados en forma suplementaria la utilización de fuentes alternativas de proteínas de alta calidad y bajos costos, que pueden disminuir los costos de producción (por concepto de alimentación) e incrementar las ganancias del cultivo. Una alternativa pudiera estar dada en el empleo de la harina de Soya y Harina de Semolina, su contenido proteico y bajo nivel de lípidos lo hacen perfecto como sustituyentes en la alimentación, siendo los alimentos balanceados, extruidos y peletizado los más usados en su cultivo. Debe conocerse a ciencia cierta el beneficio económico y productivo del empleo de los alimentos, sin menoscabo del ambiente. Se trata de entender como los alimentos comerciales pueden ser de buena o mala calidad. Un buen alimento podría redundar en menor gasto, cultivos exitosos y amigables con el ambiente.

El desarrollo de la alimentación piscícola ha sido tradicionalmente basado en la harina de pescado siendo esta, la principal fuente de proteína. En la búsqueda de nuevas alternativas, otras fuentes parecen más adecuadas para emplearlas como sustituto de la harina de pescado en la elaboración de concentrados para peces. Una característica de la mayoría de las tilapias es que aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente. En nuestro trabajo de investigación se pretende la formulación y elaboración de alimento a base de harina de soya y semolina mezclado con melaza con 15 y 25% de proteínas que permita la formación de tejidos para lograr un mayor crecimiento en la tilapia (*Oreochromis niloticus*). El bajo costo de los insumos y materias primas son elementos tomados en cuenta en este trabajo y puede ayudar a los productores a disminuir sus costos de producción y a mejorar la calidad de su producto. Las harinas vegetales como fuente de alimento ofrecen muchos beneficios: son más económicas, seguras y siempre están disponibles.

## II. OBJETIVOS

### Objetivo General

Evaluar el crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) aplicando alimento a base de harina de soya y semolina mezclada con melaza con 15 y 25% de proteínas.

### Objetivos Específicos

1. Valorar los Factores Físico y Químicos tales como: temperatura, oxígeno disuelto y turbidez.
2. Determinar el crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) a través del crecimiento acumulado, ritmo de crecimiento y tasa de crecimiento en las condiciones experimentales.
3. Calcular el factor de conversión alimenticia, rendimiento productivo y sobrevivencia de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en las condiciones experimentales.

### III. HIPOTESIS

**Ho:** El crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) es igual aplicando alimento al 25% de proteína a base de harina de soya y semolina mezclada con melaza, que el del alimento aplicado al 15% de proteínas a base de harina de soya y semolina mezclada con melaza

**H1:** El crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) es diferente aplicando alimento al 25% de proteína a base de harina de soya y semolina mezclada con melaza, que el del alimento aplicado al 15% de proteínas a base de harina de soya y semolina mezclada con melaza.

## IV. LITERATURA REVISADA

### 4.1. Clasificación Taxonómica

Tilapia es el nombre genérico con el que se denomina a un grupo de peces de origen africano, que consta de varias especies, algunas con interés económico, pertenecientes al género ***Oreochromis***. Las especies con interés comercial se crían en piscifactorías profesionales en diversas partes del mundo. Habitan mayoritariamente en regiones tropicales, donde se dan las condiciones favorables para su reproducción y crecimiento. Entre sus especies destacan la tilapia del Nilo (***Oreochromis niloticus***), la tilapia azul (***Oreochromis aureus***) y la tilapia de Mozambique (***Oreochromis mossambicus***).

Sus extraordinarias cualidades, como crecimiento acelerado, tolerancia a altas densidades poblacionales, adaptación al cautiverio y a una amplia gama de alimentos, resistencia a enfermedades, carne blanca de calidad y amplia aceptación, han despertado gran interés comercial en la acuicultura mundial. Además, se están realizando algunas investigaciones de las propiedades que posee el colágeno presente en sus escamas, que tienen bajas cantidades de grasa. Estas cualidades se están aplicando para las terapias de regeneración de huesos.

Son peces de aguas cálidas, que viven tanto en agua dulce como salada e incluso pueden acostumbrarse a aguas poco oxigenadas. Se encuentra distribuida como especie exótica por América Central, sur del Caribe, sur de Norteamérica y el sureste asiático. Considerado hace tiempo como un pez de bajo valor comercial, hoy su consumo, precio y perspectivas futuras han aumentado significativamente.

<b>Nombre común</b>	<b>Tilapia Negra (Tilapia del Nilo)</b>
<b>Familia</b>	<b>Cichlidae (Cíclidos)</b>
<b>Subfamilia</b>	<b>Pseudocrenilabrinae</b>
<b>Género</b>	<b>Oreochromis</b>
<b>Especie</b>	<b>Oreochromis niloticus</b>

Tabla N° 1 Clasificación Taxonómica

Fuente: Villarruel, 2011

### 4.2 Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)

También conocida como tilapia plateada, este pez puede medir hasta 60 cm y pesar hasta 4 kg. Es fácilmente reconocible debido a su cuerpo comprimido, a las líneas verticales separadas de color oscuro y a la barra en la aleta caudal. En época reproductiva el color de las aletas se vuelve rojizo. China es el principal productor con algo más de 42% de la producción mundial mientras que España ocupa la posición 18ª.

En cuanto a su hábitat tiene una gran adaptabilidad, se encuentra en variedad de hábitat dulceacuícolas como ríos, lagos y canales. Entre otras tilapias esta especie es la menos tolerante al frío por lo que prefiere climas subtropicales y tropicales, aunque tolera variaciones en la temperatura y oxígeno. Su dieta es amplia, se alimenta de algas bentónicas, fitoplancton, huevos de otras especies de peces y larvas.

#### **4.3 Ecología**

Es un género que se encuentra en ríos, lagunas, estuarios, aguas salobres. Desde el nivel del mar hasta la montaña. A pesar de ser originarias de climas cálidos, las tilapias, toleran las aguas frías, se encuentran en aguas cuya variación térmica va desde los 8° a los 30 °C.

En condiciones de piscifactoría, dado que no es una especie de gran tamaño, resisten mejor las bajas temperaturas que los especímenes más grandes de otras especies. Toleran condiciones muy salobres, aunque los ejemplares pequeños son menos tolerantes que los más grandes, su fisiología es muy adaptable, pueden presentar cambios ontogénicos en tolerancia a la salinidad en relación con el tamaño del cuerpo pero reduciendo su máxima edad cronológica. Gustan de formar cardúmenes, a veces es territorial, vive en estanques y embalses cálidos, así como lagos y ríos.

En aguas abiertas, gusta de ocultarse entre las piedras y la vegetación sumergida. Como medida defensiva frente a los predadores, tras la fecundación, la hembra toma la puesta en su boca, y la retiene hasta que los huevos han eclosionado. Se reproduce tanto en agua dulce como en salobre.

#### **4.4 Hábitos reproductivos**

Es una especie muy prolifera, a edad temprana y tamaño pequeño. Se reproduce entre 20-25°C (trópico). El huevo de mayor tamaño es más eficiente para la eclosión y fecundidad. La madurez sexual se da a los 2 o 3 meses. En áreas subtropicales la temperatura de reproducción es un poco menor de 20-23°C. La luz también influye en la reproducción, el aumento de la iluminación o disminución de 8 horas dificultan la reproducción. (Saavedra. 2006)

Tiene 7 etapas de desarrollo embrionario, después del desove completa 4 etapas. El tamaño del huevo indica cuál será el tamaño a elegir para obtener el mejor tamaño de alevín. A continuación se describe la secuencia de eventos característicos del comportamiento reproductivo (apareamiento) de **Oreochromis niloticus** en cautividad. Después de 3 a 4 días de sembrados los reproductores se acostumbran a los alrededores.

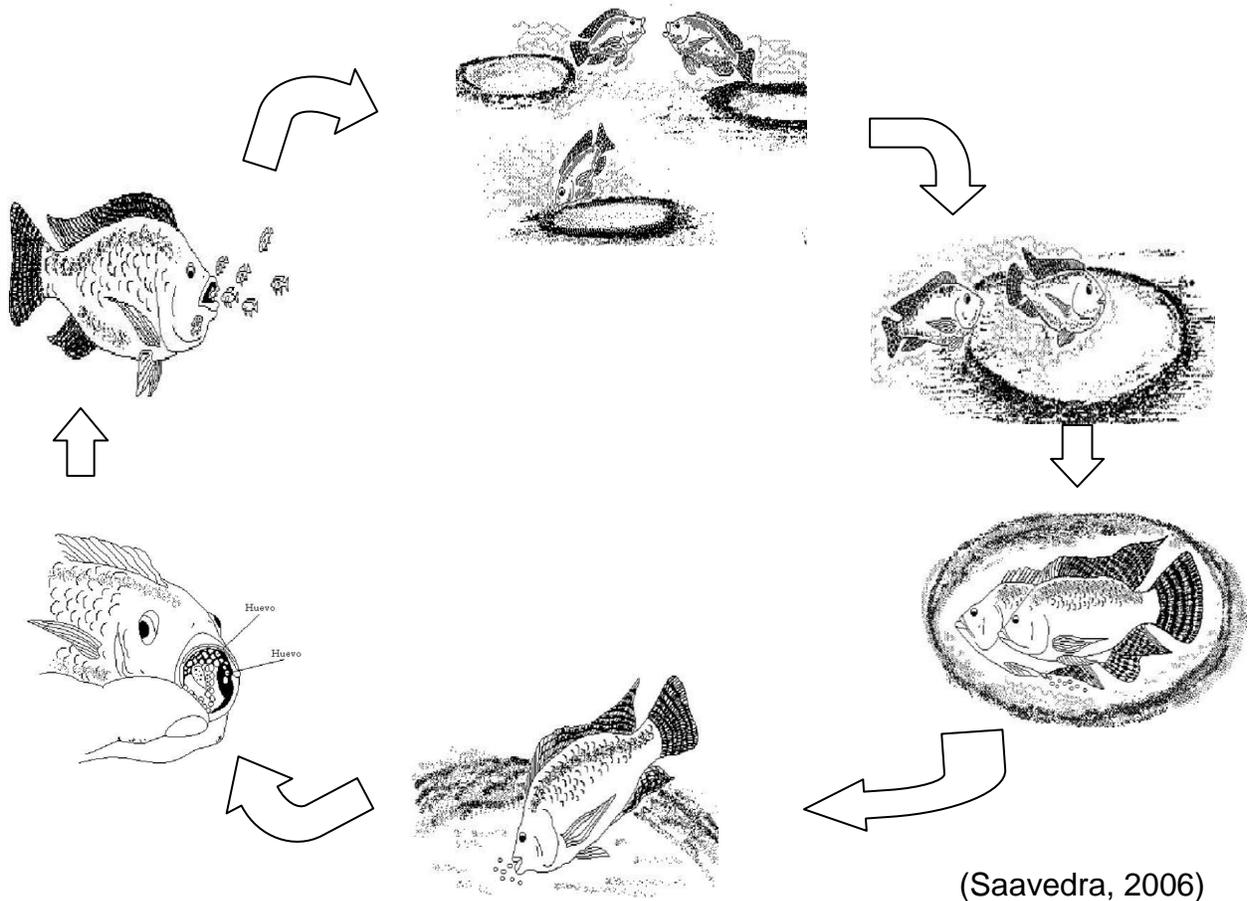
En el fondo del estanque el macho delimita y defiende su territorio, limpiando un área circular de 20 a 30 cm de diámetro, donde forma su nido. En estanques con fondos blandos el nido es excavado con la boca y tiene una profundidad de 5 a 8 cm. La hembra es atraída hacia el nido en donde es cortejada por el macho. La hembra deposita sus huevos en el nido para que inmediatamente después sean fertilizados por el macho.

La hembra recoge a los huevos fertilizados con su boca y se aleja del nido. El macho continua cuidando el nido y atrayendo otras hembras con que aparearse. Para completarse el cortejo y desove requieren de menos de un día.

Antes de la eclosión los huevos son incubados de 3 a 5 días dentro de la boca de la hembra. Las hembras no se alimentan durante los periodos de incubación y cuidado de las larvas. Las larvas jóvenes (con saco vitelino) permanecen con su madre por un periodo adicional de 5 a 7 días, escondiéndose en su boca cuando el peligro acecha.

La hembra estará lista para aparearse de nuevo aproximadamente una semana después de que ella deja de cuidar a sus hijos. Después de dejar a sus madres los pececillos forman grupos (bancos) que pueden ser fácilmente capturados con redes de pequeña abertura (ojo) de malla. Bancos grandes de pececillos pueden ser vistos de 13 a 18 días después de la siembra de los reproductores. ((*Auburn University 2001*). Citado por (*Saavedra. 2006*))

Para la reproducción de las tilapias en un cultivo, es necesario establecer una relación de 3 hembras con 1 macho; la reproducción puede ser bastante rápida debido a que las hembras pueden desovar cada cuatro semanas, pero es necesario darles a los reproductores un descanso al final de cada ciclo reproductivo, este descanso debe ser no menor de 15 días, de esta manera pueden conseguir 5 reproducciones al año.



#### 4.5 Hábitos alimenticios

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

Una característica de la mayoría de las tilapias es que aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente. Para el cultivo se han empleado diversos alimentos, tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales, todos ellos empleados en forma suplementaria. La base de la alimentación de la tilapia la constituyen los alimentos naturales que

se desarrollan en el agua y cuyo contenido proteico es de un 55% (peso seco) aproximadamente. (Anónimo 3: 2001).

#### **4.6 Alimentación**

La tilapia es un pez omnívoro lo que permite que se pueda alimentar con proteínas de origen animal o vegetal. Esto ha alentado a que muchos investigadores trabajen en el reemplazo de la harina de pescado en las dietas de la tilapia con harinas vegetales o subproductos de la industria pesquera, ganadera o avícola (Chimbor, 2010).

La alimentación de la tilapia es eficiente con flora y fauna natural, además, puede utilizarse alimento complementario con el propósito de incrementar el crecimiento y el peso de los organismos, aumentando el éxito en los sistemas de producción. La intensificación del cultivo de tilapia requiere el desarrollo de alimentos convenientes para complementar y suplementar la alimentación en tanques y lagunas. El valor nutritivo del alimento depende de la composición nutrimental de cada uno de los ingredientes, así como de la capacidad del animal para digerir y absorber los nutrientes. (Koprücü y Özdemir, 2005)

Todos los peces requieren proteínas, lípidos, energía, vitaminas y minerales en sus dietas para crecer, reproducir y otras funciones normales fisiológicas. Los requerimientos varían entre especies y dentro de las especies, de acuerdo al ciclo de vida, sexo, reproducción y ambiente. El requerimiento para alcanzar este objetivo es proveer a las tilapias la cantidad y calidad del alimento necesario por día. Empleando método propicio de alimentación. Conviene alimentar a los alevines de 3-4 veces al día (Alamilla, 2001)

Un prerrequisito básico de la calidad de los alimentos dentro de los nuevos conceptos nutrición y ambiente, es la capacidad del alimento de mantenerse flotando mínimo 10 minutos en el agua.

El éxito de la actividad piscícola depende de la eficiencia en el cultivo, principalmente en la calidad y cantidad del alimento suministrado, su requerimiento proteico y tipo de alimento varían con la edad del pez. Los juveniles se alimentan de fitoplancton y zooplancton, como de pequeños crustáceos. (Cantor, 2007)

##### **4.6.1 Tipos de alimento y cálculo de raciones**

Los organismos naturales alimenticios encontrados en un estanque proveen nutrientes esenciales. En algunas ocasiones, este alimento natural no se encuentra disponible en suficiente cantidad para proveer de adecuada nutrición

para que los peces crezcan. Cuando esto sucede, los peces se deben alimentar a intervalos regulares (por ejemplo, diariamente, semanalmente, etc.), con alimentos concentrados manufacturados.

Los organismos vivos son el alimento natural de la tilapia, los cuales, son producidos en el agua donde viven. Algunos ejemplos de alimentos naturales son el fitoplancton (plantas microscópicas), zooplancton (animales microscópicos) e insectos; la abundancia de estos organismos se incrementa con la fertilización.

También pueden utilizarse alimentos suplementarios, algunos ejemplos son las raciones comerciales (alimentos concentrados) para pollos y cerdos, salvado de arroz, desechos de cocina (no procesados), tortas de semillas oleaginosas, y otros productos y desechos agrícolas. Sin embargo, el alimento suplementario no es nutricionalmente completo y no permitirá un buen crecimiento a la tilapia si el alimento natural está totalmente ausente. Si el alimento natural está totalmente ausente del estanque, se les debe proporcionar a los peces alimentos manufacturados (concentrados) nutricionalmente completos que contengan todos los requerimientos de vitaminas y nutrientes esenciales. Estos alimentos completos son utilizados en sistemas de cultivo intensivo. (Saavedra, 2006)

Para el cálculo de la ración alimenticia en el estanque es necesario tener un estimativo de las pérdidas (predación, robo, mal conteo, mortalidad diaria), en las diferentes fases de crecimiento a partir de un histórico por cada una de las fincas, cantidad que debe ser descontada en el momento del cálculo de la ración alimenticia. Esta carne que está nadando en el estanque en un momento exacto es la denominada BIOMASA. Para el uso de las tablas de alimentación debemos tener en cuenta:

El cálculo de la biomasa se obtiene mediante la siguiente formula:  $B = P \times N / 1000$ . Donde:

B = Biomasa en kilogramos

P = Peso promedio del animal en gramos

N = Número de peces en el estanque

Luego se aplica la tabla consultando el peso promedio del pez y la temperatura del agua. Cantidad de alimento en kilos día =  $B \times \% \text{ de tabla}$ . (Referenciar la temperatura del agua promedio de la finca)

Dónde: B = Biomasa en kilogramos

% de tabla = Es el valor encontrado en la tabla de alimentación a la temperatura promedio del agua del estanque y al peso promedio en el cual se encuentren los peces en el estanque. La tabla de alimentación es una guía, pero la cantidad de alimento está condicionada por la apetencia del pez y las condiciones medio ambientales. Si en la explotación se realizan prácticas de manejo que impliquen traslado de los peces (sexaje manual, selección por talla, etc.) y/o tienen estanques para las diferentes fases de crecimiento, se deben hacer inventarios cada vez que se realicen estas prácticas, con el fin de llevar un control más exacto de la biomasa y pérdidas por mortalidad y predación. (Anónimo 7: 2010)

#### **4.6.2 Formas de alimentar.**

Las formas de alimentación dependen directamente del manejo, el tipo de explotación, la edad y los hábitos de la especie. Entre las más comunes tenemos:

- **Alimentación en un solo sitio:** Es una de las formas menos convenientes de alimentar por la acumulación de materia orgánica en un solo lugar y la dificultad para que coma toda la población de peces que constituyen el lote, lo que hace que gran parte del alimento sea consumido solamente por los más grandes y se incrementa el porcentaje de peces pequeños. Este tipo de alimentación en un solo sitio, es altamente eficiente en sistemas intensivos (300 a 500 peces m). La alimentación en una sola orilla es un sistema adecuado para animales de 1 a 50 gramos, ya que no les exige una gran actividad de nado y permite realizar una alimentación homogénea y eficiente.
- **Alimentación en "L". (Dos orillas del estanque):** Este sistema de alimentación es sugerido para animales de 50 a 100 gramos, el cual se realiza en dos orillas continuas del estanque. Lo más recomendable es alimentar en la orilla de salida (Desagüe) y en uno de los dos lados, con el fin de sacar la mayor cantidad de heces en el momento de la alimentación.
- **Alimentación periférica:** Se realiza por todas las orillas del estanque y se recomienda para peces mayores a 100 gramos, dado que por encima de este peso se acentúan los instintos territoriales de estos animales, en varios sitios del estanque.
- **Alimentadores automáticos:** Existen muchos tipos de comederos automáticos, como el de péndulo, con timer horario (reloj automático), con bandejas, etc. Sin embargo, por su costo elevado se convierten en sistemas antieconómicos y sirven solamente en explotaciones donde se sobrepase la relación costo beneficio.

Debido a que los niveles de secreciones digestivas y la acidez aumentan con el incremento de la temperatura en el tracto digestivo, los picos máximos de

asimilación se obtienen cuando la temperatura ambiental alcanza los valores máximos. En cultivos extensivos a semi-intensivos no es recomendable agregar una cantidad de alimento cuyo tiempo de consumo y flotabilidad supere los 15 minutos, ya que esta misma abundancia tiende a que el animal coma en exceso y no asimile adecuadamente el alimento. En sistema intensivo a súper-intensivos el alimento debe permanecer menos de 1 a 1.5 minutos. La transición de la dieta de los juveniles a la del adulto puede darse gradual o abrupta. La dieta natural de las tilapias adultas es omnívora, sin embargo varía según la especie. A continuación se presenta como referencia el tamaño de alimento balanceado que debe ser suministrado según el estadio del pez. (Flores, 2010)

#### 4.6.3 Tabla de alimentación

Para garantizar el éxito en el cultivo, se debe manejar un plan de alimentación acorde con las necesidades de los peces. El alimento representa entre un 60 a 70% de los costos, por tanto se hace necesario que se haga un manejo correcto del mismo por lo cual se amerita utilizar las tablas de alimentación para darle una óptima ración de alimento al animal y evitar la sobre alimentación o la sub-alimentación, ya que la tabla está estimada según el porcentaje corporal de alimento que necesita el pez para su desarrollo. Es importante llevar registros de consumo de concentrado, así como una relación de los animales cosechados y faltantes al final del cultivo. Esto permite calcular la conversión alimenticia, la cual es una relación entre el número de libras de concentrado utilizadas en el ciclo y el número de libras de carne obtenida. Esta relación nunca debe ser superior de 2 a1 siendo ideal entre 1.5 a 1.7 libras de alimento por cada libra de carne (esta relación se calcula descontado el peso de las vísceras) (Anónimo 4, 2004).

Peso promedio gr	Días	% diario de alimento	Frecuencia Diaria
<b>5-10</b>	12-15	10-12	4
<b>10-25</b>	35-40	6-8	4
<b>25-50</b>	60-70	5-6	4
<b>50-100</b>	90-120	4-5	3
<b>100-150</b>	150	3-4	3
<b>&gt;150</b>	>150	2-3	2

Ejemplo: 4.6.4 Tabla 2. Alimentación que se utilizan en cultivo de tilapia

#### **4.7 Requerimiento nutricional de la Tilapia Oreochromis niloticus**

##### **4.7.1 Soya**

Es una planta de la familia de las leguminosas, muy similar al frijol común, su altura dependiendo de la variedad puede variar desde unos 30 cm hasta 1.30 mts sus vainas pubescentes (cubiertas con pelusas) son más pequeñas que las del frijol y con unas 2 a 5 semillas también más pequeñas y ovaladas, de color crema en unas variedades y negro en otras. Su follaje está compuesto de hojas trifoliadas y en nuestro medio en las variedades mejor adaptada, este alcanza una altura de 60 a 90 cm. Dependiendo de la estación.

El cultivo de soja, además de ser un factor muy valioso, ayuda al ser humano si se efectúa en el marco de un cultivo por rotación estacional, ya que fija el nitrógeno en los suelos, agotados tras haberse practicado otros cultivos intensivos. En cambio, el monocultivo de soja, acarrea desequilibrios ecológicos y económicos si se mantiene prolongadamente y en grandes extensiones.

Los granos de soya contienen un promedio de 40% de proteína cruda, comparada con el 18% en la carne de vacuno, y pescado, y tres veces más proteína cruda que la harina de trigo. Estudios nutricionales señalan que la soya tiene un valor alimenticio mayor que las lentejas, arvejas, frijoles y garbanzos. Se dice que un kilo de harina de soya contiene tanta proteína como 68 huevos, 12 lt de leche o 2 kilos de carne.

La soya es utilizada por su aporte proteínico también como alimento para animales, en forma de harina de soja, área en la que compite internacionalmente con la harina de pescado. Aunque con un notable diferencial inferior en su precio, la cotización internacional de la soja es paralela a la de la harina de pescado. Cuando escasea la soja, sube automáticamente el precio de la harina de pescado y viceversa. (Anónimo 2: 1975)

##### **4.7.2 Melaza de caña de azúcar.**

La denominación melaza se aplica al efluente final obtenido en la preparación del azúcar, mediante una cristalización repetida. El proceso de evaporación y cristalización es usualmente repetido tres veces hasta el punto en el cual el azúcar invertido y la alta viscosidad de las melazas ya no permitan una cristalización adicional a la sacarosa.

La composición de la melaza es muy heterogénea y puede variar considerablemente dependiendo de la variedad de caña de azúcar, suelo, clima, periodo de cultivo, eficiencia de la operación de la fábrica, sistema de ebullición de la azúcar, tipo y capacidad de evaporadores, entre otros. Por otro lado la malaza

de caña se caracteriza por tener grados de Brix o sólidos disueltos de 68-75 % y un pH de 5-6.1. Los compuesto nitrogenados pueden ocupar entre 0.4 y 1.5 % del peso total de la melaza. La proteína cruda frecuentemente se determina como porcentaje en peso del contenido de nitrógeno. (Fajardo y Sarmiento, 2007).

La melaza forma parte del grupo de alimentos clasificados como energéticos junto con los cereales y sus subproductos, ya que su principal característica es contener un alto nivel de energía aprovechable por el ganado y en la alimentación de los animales rumiantes como el ovino, complementan a los forrajes y a los alimentos proteicos. (Martínez, 2008).

Componentes de la Melaza	Constituyentes	Contenidos
Componentes mayores	Materia seca	78%
	Proteínas	3%
	Sacarosa	60-63%
	Azucares reductores	3-5%
	Sustancias disueltas(diferentes a azucares)	4-8%
	Agua	16%
	Grasas	0.4 %
	Cenizas	9%
Contenidos de minerales	Calcio	0.74 %
	Magnesio	0.35 %
	Fosforo	0.08 %
	Potasio	3.67 %
Contenidos de aminoácidos	Glicina	0.10 %
	Leucina	0.01 %
	Lisina	0.01 %
	Treonina	0.06 %
	Valina	0.02 %
Contenido de vitaminas	Colina	600 ppm
	Niacina	48,86 ppm
	Ácido pantotenico	42,90 ppm
	Piridoxina	44 ppm
	Riboflavina	4,40 ppm
	Tiamina	0,88 ppm

**Tabla3. 4.7.3 Composición de la melaza de caña.**

Fuente: Fajardo y Sarmiento, 2007.

#### **4.7.4 Semolina**

La semolina de arroz es un subproducto obtenido en el proceso del pulido para la obtención de arroz blanco para consumo humano. Está constituido por parte de la almendra harinosa, la capa de aleurona y el germen, y representa del orden del 8% del peso del grano. (Anónimo 2, 1975).

La semolina de arroz es una buena fuente de energética en todas las especies, y sobre todo en rumiantes, dado su alto contenido en grasa (1-15%), su apreciable contenido en almidón (23-28%) y el bajo contenido de lignificación (2.5% LAD) de su fracción fibrosa (17.5% FND). Tiene también un notable contenido en proteína, con una composición en aminoácidos esenciales relativamente bien equilibrada. Su contenido en Fósforo es bastante alto (1.35%), pero en su mayor parte (90%) está en forma de fitatos. Su contenido en Calcio es bajo, aunque algunas partidas pueden elevarse notablemente por la adición de carbonato cálcico.

#### **4.8 Incremento diario**

El crecimiento de la tilapia y por ende la tasa de utilización del alimento depende de varios factores a menudo difíciles de controlar: cantidad de alimento, temperatura, densidad de siembra, estrés, disponibilidad de oxígeno, competencia con otros peces, etc. Una de las relaciones más importantes para el acuicultor es la que describe la dependencia entre el crecimiento y la cantidad de alimentos.

- **Ración cero (ayuno):** El crecimiento es negativo, es decir pierde peso.
- **Ración de mantenimiento:** El alimento apenas compensa la pérdida de peso, el pez no gana ni pierde peso.
- **Ración máxima:** A medida que aumentamos la ración de crecimiento también aumenta el crecimiento del pez, hasta llegar a un punto máximo por encima del cual no ganará más peso por mucho que le demos de comer.
- **Ración óptima:** Es el punto entre la ración de mantenimiento y la ración máxima en el que la relación, crecimiento/ración, es máxima, o al revés la relación ración/crecimiento (factor de conversión) es mínima. En este punto el pez crece con la máxima eficiencia, aunque crece menos que con la ración máxima. (Saavedra, 2003.)

#### **4.9 Cultivo de Tilapia**

##### **4.9.1 Cultivo en estanques rústicos:**

Los estanques rústicos son excavados en tierra y poseen estructuras especiales para el llenado y vaciado de agua en forma individual. Tanto la alimentación de agua como el drenaje deberán efectuarse preferentemente por gravedad para minimizar los costos por concepto de energía y simplificar en lo posible la operación del sistema. La engorda se efectúa en estanques cuya superficie se recomienda sea mayor a 0,5 Ha.

Para la engorda en estanques existen esencialmente dos técnicas de cultivo: En el primer caso, puesto que los peces alcanzan la madurez sexual de los 3 a 6 meses de iniciada la engorda, es necesario suspender el cultivo en el momento en que la reproducción se presente y que coincide con la suspensión del crecimiento. Ello permite realizar dos o tres cosechas por año aunque de peces relativamente pequeños. Para maximizar la talla en este breve lapso:

- a) La densidad de población deberá ser relativamente baja (3.000 a 5.000 org/Ha)
- b) La talla mínima de las crías que se siembren no deberá ser inferior a los 30 o 40 gr
- c) El estanque se fertilizará diariamente con abonos orgánicos
- d) Finalmente será necesario suministrar un alimento suplementario con un contenido proteico de 20 a 25%.

Al momento de efectuar la cosecha es fundamental drenar por completo el estanque para eliminar totalmente los alevines y crías que pudieran haber nacido en el estanque en el transcurso del período de la engorda.

Otro aspecto importante que también debe tenerse en cuenta es la edad de los peces al momento de su siembra: para una misma talla determinada, los alevines "enanos" de mayor edad presentan un crecimiento más lento y una reproducción más temprana que los alevines jóvenes.

#### **4.9.2 Cultivo en corrales y jaulas flotantes:**

El cultivo en jaulas podría definirse como la engorda de peces desde estadios juveniles hasta tallas comerciales en un área restringida y delimitada por mallas que permiten el libre flujo de agua.

En el caso de la Tilapia, las primeras experiencias de su cultivo en jaulas se realizaron hace apenas unos 15 años, habiéndose generalizado su uso en forma gradual en diferentes países de África, Asia y América. La principal ventaja del cultivo de la Tilapia en jaulas consiste en poder aprovechar diversos ríos y embalses de aguas calientes que por su naturaleza y dimensiones o características no podrían ser utilizados sin modificar su cauce, forma o construcción.

Las especies de Tilapia que se han cultivado en jaulas son las siguientes: **mossambicus**, **o. niloticus**, **o. aureus** y **o. hornorum**, así como sus híbridos, y **t. rendalli** en aguas dulces y **s. melanotheron** en aguas salobres. El cultivo en jaulas se puede efectuar tanto a escala comercial como a nivel de subsistencia

familiar, principalmente en zonas tropicales y subtropicales donde la temperatura del agua sea superior a 20°C. (Alamilla 2001).

#### **4.9.3 Tipo y tamaño de jaulas**

Cuando los embalses son poco profundos (estanques o arroyos), las jaulas se fijan sobre el fondo, pudiendo quedar el piso de la jaula en contacto con el fondo (corrales) o separado. Cuando los embalses lo permiten y/o cuando son más profundos, resulta preferible el diseño de jaulas flotantes dejando una separación mínima entre el fondo y el piso de la jaula de 1 m para evitar que los peces tengan acceso al fondo donde se acumulan los excrementos y desechos, zona normalmente pobre en oxígeno disuelto. En general se recomienda la instalación de jaulas en áreas donde la profundidad sea superior a los 5 m para reducir el riesgo de brotes de enfermedades y/o parasitismo. El tamaño de las jaulas depende de la naturaleza del cultivo. Las jaulas para la reproducción y alevinaje suelen ser pequeñas para facilitar su manejo y tener mejor acceso a los peces en forma individual. Para la engorda, el volumen de las jaulas puede variar entre 6 a 20 m<sup>3</sup> cuando la explotación se efectúa con tecnología relativamente sencilla, mientras que para explotaciones industriales tecnificadas los volúmenes de las jaulas fluctúan entre 50 y 100 m<sup>3</sup>.

En función del costo y de las densidades permisibles de acuerdo al volumen de las jaulas, se recomiendan las siguientes dimensiones:

- a) Para juveniles de 15 a 30 gr: jaulas cilíndricas de 0.5 m<sup>3</sup> hechas de malla de plástico de 4 mm, sostenidas por una estructura flotante rígida.
- b) Para juveniles de 30 a 100 gr: jaulas cúbicas de 1 m<sup>3</sup> iguales a las anteriores pero con malla de 8 mm.
- c) Para engorda de peces de 100 a 300 gr: jaulas cúbicas de 20 m<sup>3</sup> con malla de nylon (20 mm, hilo R470) o de plástico (malla 18-25 mm). (Alamilla, 2001).

Requerimientos esenciales para el cultivo de Tilapia en jaulas: Abundante circulación de agua, protección contra objetos flotantes, protección contra los efectos del oleaje, adecuada calidad de agua, accesibilidad, seguridad, cercanía al mercado y profundidad mínima de 5 m.

#### **4.9.4 Técnicas de cultivo:**

Las técnicas de cultivo en jaulas comprenden los siguientes pasos:

- Producción de juveniles
- Siembra
- Alimentación y engorda hasta talla comercial

- Mantenimiento y cuidado de las jaulas

#### **4.9.5 Cultivo de alta densidad en tanques**

Además de los altos costos de inversión inicial requerida para el cultivo intensivo en tanques, se necesita gran capital de operación para: alimentación, energía y equipo, recursos de agua y tierra, de excelente calidad, mano de obra altamente calificada, pies de cría genéticamente puros, instalaciones y tecnología especializada, etc.

La productividad de estos sistemas puede alcanzar hasta 25 kg/m<sup>3</sup>/mes. Cuando los juveniles alcanzan 30 a 50 gr de peso son transferidos a los tanques de engorda. La superficie de los tanques varía entre 10 y 300 m<sup>2</sup> y la profundidad entre 0,5 y 2,0 m. La forma y estructura de los tanques también son muy variables. Los materiales más comúnmente empleados para su construcción son: fibra de vidrio, lámina metálica recubierta con sustancias epóxicas y concreta. Los tanques cuentan con dispositivos para permitir la circulación continua de agua (varios recambios completos de agua por hora), aireación continua (aireadores mecánicos, difusores de aire, inyección de oxígeno líquido), regulación de temperatura, filtración de agua, alimentadores automáticos o de demanda, etc.

A lo largo del período de engorda se monitorean continuamente diversos parámetros físico-químicos, especialmente el oxígeno disuelto y los residuos de excreción, sustancias tóxicas, presencia de parásitos, etc., bien sea manualmente o por sensores y detectores electrónicos.

#### **4.9.6 Cultivo en canales de flujo rápido**

En el caso particular de la Tilapia, los sistemas desarrollados para el cultivo en canales de flujo rápido (denominados en inglés "race-ways") presentan características, problemas, ventajas y desventajas muy similares a las de cultivo en tanques. De hecho, la diferencia esencial entre ambos radica en la forma lineal de los canales, el mayor flujo, y consumo de agua y los sistemas de aireación y circulación que en los canales se realiza aprovechando la caída de agua por gravedad.

#### **4.9.7 Policultivo cíclico:**

Es un método que permite tener más de una especie en el estanque. Su principio es la utilización de los diversos hábitos alimenticios que estos tienen, para así optimizar el espacio y recursos que el estanque ofrece.

Esto sucede cuando a un estanque se le enriquece con fertilizantes orgánicos o químicos los cuales hacen que en el cuerpo del agua se genere una cantidad abundante de organismos, fuente de oxígeno y nutrientes que a su vez forman

parte de la dieta de los integrantes del lago. Para que este alimento natural sea utilizado efectivamente, los policultivos deben tener proporciones apropiadas de especies con diferentes hábitos alimenticios.

Policultivo de diversas especies de los géneros: Tilapia, ***Sarotherodon*** y ***Oreochromis*** para un mejor aprovechamiento de los alimentos naturales disponibles en lo estanques. (Alamilla, 2001).

#### **4.9.8 Sistemas de cultivo de recirculación de agua**

Las prácticas tradicionales de producción en piscicultura, requieren grandes cantidades de agua de muy buena calidad que actualmente se encuentra limitada en muchas áreas. La disminución de la pureza del agua, ha puesto el objetivo en una acuicultura de alta densidad de cultivo, con la reutilización de aquella, utilizando sistemas cerrados de recirculación. Aunque estas tecnologías son más costosas que las tradicionales, las altas rentabilidades potenciales han captado la atención de nuevos productores y han hecho atractivos los cultivos altamente intensivos. Para el uso de estos sistemas, es imprescindible que el potencial productor conozca en qué mercado colocará su producto terminado. El análisis económico de los sistemas de recirculación, indica que los parámetros clave para su operación, abarcan principalmente:

- ◆ La operación del sistema con la mínima entrada posible de energía y
- ◆ La obtención de una apropiada purificación del agua, para su posible reutilización.

En un sistema típico de recirculación, diariamente debe cambiarse una pequeña cantidad de agua, por nueva agua que ingresa al sistema, procediendo así al control de los nitratos (que se descartan) y reemplazando el agua que se pierde por evaporación y lavado de los filtros. Las opciones para ello son numerosas y se ejercen por medio de procesos de naturaleza física, química y biológica. (Fitzimmons, 1993).

Muchos de estos procesos han sido verificados individualmente y combinados en forma experimental en el pasado, pero no resultan económicamente viables para la fase comercial. Los principales procesos utilizados en los tratamientos a efectuar en este tipo de sistema, son la utilización de filtros (cribas o tamices mecánicos); sedimentación; filtración media granular; filtración biológica; aireación y desinfección.

El agua en un sistema re circulante, completa el circuito varias veces al día. Dependiendo de la intensidad del cultivo, el filtrado puede abarcar desde 2 a 4

veces /hora. Como mínimo, el agua deberá recibir un tratamiento completo, 1 a 2 veces/hora. El recambio parcial de agua diario, se necesita para el control de los nitratos, el retiro de los contaminantes restantes y la reposición de los minerales y elementos trazan necesarios para la vida de los peces. Con una tasa de reciclado del 90% diario, con un recambio del 10% de agua nueva que entra al circuito. Esto hace que el 90% del agua sea reacondicionada para su reutilización en el sistema y el 10% sea reemplazado por nueva agua. De esta forma, el volumen total del sistema se reemplaza cada 10 días. (Burrows & Combs, 1968).

#### **4.10 Aclimatación y siembra**

Antes de la siembra de los peces se debe igualar la temperatura del agua de transporte y del agua donde los peces van a ser sembrados. Por lo general, esto requiere de 15 a 30 minutos. Una diferencia de temperatura no mayor a 3°C es tolerable. Durante el procedimiento de recambio del agua y aclimatación de los peces, las bolsas plásticas tienen que estar flotando sobre la superficie del agua donde estos van a ser soltados. Luego, se permiten a los peces nadar afuera de las bolsas hacia su nuevo ambiente. Por ningún motivo arroje a los peces, a su nuevo ambiente, desde cualquier altura. En esta etapa, los peces pueden ser fácilmente heridos por un manejo áspero, ya que estarán débiles debido al transporte. Por lo tanto permítale nadar tranquilos hacia la nueva agua. Si no se sigue el proceso de aclimatación, puede ocurrir una muerte masiva de los alevines, producida por un “Shock Térmico”, debido a que la temperatura de las bolsas siempre es mayor que la de los estanques receptores.

#### **4.11 Fertilización**

Fertilizando el agua con abono orgánico o fertilizantes químicos, se puede subir la producción de fitoplancton y zooplancton. La cantidad que se debe aplicar en el estanque dependerá del tipo. Una vez fertilizado el estanque se debe controlar, mediante la coloración del agua que debe ser verde esmeralda; también se utiliza el método artesanal de introducción del codo para determinar a qué punto se pierde la visibilidad de la mano que está relacionada con la turbidez del agua. (Saavedra, 2006)

Se pueden usar dos tipos de abono los cuales se aplican durante el proceso de llenado del estanque.

- |                   |           |                       |
|-------------------|-----------|-----------------------|
| a. Abono Orgánico | Gallinaza | 1kg/ 10 mt cuadrado.  |
|                   | Bovinaza  | 4 kg./ mt cuadrado.   |
| b. Abono Químico  | 10-30-10  | 3gr/mt cuadrado.      |
|                   | Triple 15 | 8 a 10gr/ m cuadrado. |

(Anónimo 5, 2002)

#### **4.12 Calidad de agua**

El agua, elemento líquido de la naturaleza y componente de los seres vivos presenta determinadas características cuyo conocimiento y estudio es imprescindible para cualquier desarrollo acuícola, ya que sin duda es la base fundamental de dicha actividad.

En general no existen aguas que cumplan con todos los requerimientos de una especie y es por ello que hay que hacer adecuaciones para acercarlas lo más posible a esos requerimientos. El agua es el recurso natural de mayor importancia en la vida de los seres humanos. En una granja de peces su uso es indispensable, pero con una mala utilización puede contaminarse con mucha facilidad y dañar todo lo que está a su alrededor. Existen procesos naturales que dañan la calidad del agua, tales como: la erosión, estancamiento, insectos, desechos animales, sin embargo los mayores contaminantes son el uso de fertilizantes y agroquímicos que por escurrimiento llegan hasta la fuente más cercana, cambiando su estado natural y afectando la flora y fauna que la rodea.

Por estas razones es de vital importancia situar a la granja de peces en una zona que no ha sido utilizada para la agricultura, o que al menos no ha sido tratada con sustancias químicas. También se debe poner atención en la ubicación del principal abastecedor de agua en el cultivo, así como en el sistema de tuberías, drenaje y disposición de éstas, para que no haya problemas de contaminación del producto.

#### **4.13 Factores Físico-Químicos**

##### **4.13.1 Oxígeno Disuelto**

Es un gas disuelto que proviene de la mezcla del agua con el aire, ocasionada por el viento y/o, en la mayoría de los casos, principalmente del oxígeno que librea las plantas acuáticas en sus procesos de fotosíntesis. La solubilidad del oxígeno como la de cualquier otro gas en el agua, depende de la presión atmosférica imperante en cada sitio, de la temperatura media del cuerpo de agua y de su contenido en sales disueltas. En términos generales, la solubilidad del oxígeno en el agua es directamente proporcional a la presión e inversamente proporcional a la temperatura y a la concentración de sales disueltas.

El oxígeno disuelto (OD) en un cuerpo de agua es indispensable para la sobrevivencia de los organismos que ahí se desarrollan. La concentración de oxígeno para una correcta producción de tilapias es de 3-8 mg/L de agua, ya que el metabolismo y el crecimiento disminuyen cuando los niveles son bajos o se mantienen por periodos prolongados. La tilapia tiene la habilidad de extraer el oxígeno disuelto, por ello no se recomienda mantener una alta producción de

plantas acuáticas superficiales en los mismos estanques, ya que ellas impiden la entrada de oxígeno de la atmósfera, por efecto de los vientos.

La tilapia es capaz de sobrevivir a niveles bajos de oxígeno disuelto (1.0mg/L), no obstante, el efecto de estrés al cual se somete es la principal causa de infecciones patológica. Los niveles mínimos de oxígenos disueltos para mantener un crecimiento normal y baja mortandad se debe mantener un nivel superior a los 3.0 mg/L, valores menores a este reducen el crecimiento e incrementan la mortalidad. (Cantor, 2007)

#### **4.13.2 Respiración**

La respiración se define como el consumo de oxígeno y está en relación directa con la temperatura, alimentación, talla y época del ciclo de vida. La Tilapia, por su capacidad de adaptación, puede vivir en condiciones ambientales adversas, puesto que soporta una concentración muy baja de oxígeno disuelto. Esto se debe principalmente a que posee la cualidad de saturar su sangre de oxígeno y de reducir su consumo cuando la concentración de éste en el medio es inferior a los 3 mg/l. Se dice que puede cambiar su metabolismo a aeróbico cuando ésta concentración de oxígeno disminuye. (Anónimo 1, 1998)

#### **4.13.3 Temperatura**

La temperatura es una dimensión referida a las nociones comunes de calor o frío, Físicamente una magnitud a escala relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico. La temperatura del agua es uno de los factores que más influyen en la cantidad de comida consumida por los peces y provoca un aumento en el consumo de oxígeno.

La temperatura puede variar según la época del año en que se encuentre el cultivo el valor óptimo es de 28-32°C, cuando disminuye a los 15°C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12°C no sobreviven mucho tiempo. Durante los meses fríos los peces dejan de crecer y el consumo de alimento disminuye, cuando se presentan cambios repentinos de 5 ° C en la temperatura del agua, el pez se estresa y algunas veces mueren. Cuando la temperatura excede los 37-38°C se producen también problemas por estrés. Las temperaturas letales se ubican entre los 10-11°C (Alamilla, 2001)

#### **4.13.4 Turbidez**

La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra.

La turbidez del agua tiene dos tipos de efectos: uno sobre el medio y se debe a la dispersión de la luz y el otro actúa de manera mecánica directamente sobre los peces. Al impedir la libre penetración de los rayos solares, la turbidez limita la productividad natural del estanque, lo que a su vez reduce la disponibilidad de alimento para las tilapias, es por ello que se recomienda que el agua de los estanques no sea turbia para que el fitoplancton se pueda desarrollar adecuadamente. (Alamilla, 2001)

La eliminación de la turbiedad, se lleva a cabo mediante procesos de coagulación, asentamiento y filtración. La medición de la turbiedad, en una manera rápida que nos sirve para saber cuándo, cómo y hasta qué punto debemos tratar el agua para que cumpla con la especificación requerida. En estanques de producción de tilapias, la transparencia deberá ser mantenida entre 20 y 30cm. La turbidez nos permite identificar plenamente el nivel de productividad primaria (fitoplancton y zooplancton), en aquellos estanques que son manejados con fertilización química u orgánica, o en sitios cuya fuente de agua es altamente productiva.

Uno de los riesgos de la turbidez es la generación de un Bloom de algas, que al morir tornan el agua de una coloración café y olor característico de algas muertas, en este caso se recomienda hacer recambios de agua en proporción al nivel de la turbidez hasta dejarla en los valores ideales, este recambio puede ser continuo o bajando el nivel de agua entre 30 y 40 cm, para reponerla con agua nueva, el color ideal a obtener es un verde claro.

Para obtener la medida de turbidez se emplea el disco Secchi, instrumento estándar que permite la visibilidad relativa o la profundidad de la luz en el agua. El diámetro estándar de estos discos es de 20cm. (Cantor, 2007)

#### **4.13.5 pH**

Es la concentración de iones de hidrógeno en el agua. El pH interviene determinando si un agua es dura o blanda, El valor óptimo está entre 6.5 a 9. La tilapia crece mejor en aguas de pH neutro o muy cercano a él, con una dureza normalmente alta para proporcionar una buena condición de mucus en la piel.

Valores por encima o por debajo de los valores óptimos, causan cambios de comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, disminuyen y retrasan la reproducción y disminuyen el crecimiento. Valores de pH cercanos a 5 producen mortandad en un período de 3 a 5 horas, por fallas respiratorias, además causan pérdidas de pigmentación e incremento en la secreción de mucus. Un alto valor de pH (de 10 durante las tardes) no las afecta y el límite, aparentemente, es de 11.

Cuando se presentan niveles de pH ácidos el ion  $Fe^{++}$  se vuelve soluble

afectando los arcos branquiales y disminuyendo los procesos de respiración, causando la muerte por anoxia (asfixia por falta de oxígeno). El pH en el agua fluctúa en un ciclo diurno, principalmente influenciado por la concentración de CO<sub>2</sub>, por la densidad del fitoplancton, la alcalinidad total y la dureza del agua. (Anónimo 6, 2010)

#### 4.14 Muestreo Biológico

##### 4.14.1 Crecimiento Acumulado

Se entiende por crecimiento al cambio de tamaño (longitud- peso) con relación al tiempo. Un individuo se dice que crece cuando tiende a un límite, propio de las especies. Longitud y peso son atributos clave de las poblaciones de peces. La tilapia posee un crecimiento rápido en comparación con otros peces, alcanzando un peso de 3 peces/libra durante 150 días a densidad de 3-5 peces/m<sup>2</sup>, con un peso inicial de 10gr. Se adapta rápidamente a diferentes tipos de alimentos y a diferentes formas de alimentación. El crecimiento promedio de estos es de 18 a 25 cm, con un peso de 150 a 250 gr. Por otra parte, cuando la temperatura esta fuera de sus valores mínimos y máximos, junto con el pH actúan como inhibidor del crecimiento. (Rosas 1984)

Un individuo obtiene energía del alimento y esa energía puede ser destinada a crecimiento, reproducción o actividad. De acuerdo con von Bertalanffy (1938) el crecimiento en los peces es el resultado neto de dos procesos opuestos, el catabolismo y el anabolismo. Los procesos anabólicos involucran a la síntesis de proteínas, mientras que los catabólicos son su degradación. (Marroñas, 2006).

##### 4.14.2 Ritmo de crecimiento

Este se hace semanalmente a partir del muestreo de crecimiento, este no es más que el peso actual, menos el peso de la semana anterior, es importante deducir el ritmo de crecimiento porque este nos muestra la cantidad de gramos que aumentaron los organismos en cada semana de cultivo. Para la especie tilapia *Oreochromis niloticus* se establece que puede encontrarse entre los valores de 1.5 a 2.4 gramos al día, en relación a cada cinco días se podría obtener de entre 7.5 a 12 gramos. (Martínez y Rosa 1996)

Obteniendo el peso promedio actual de la tilapia se restara del peso promedio de la semana anterior; el dato resultante se pondrá en una gráfica.

Fórmula

R.C. = (Peso promedio actual - Peso promedio semana anterior).

(Ramos et al 2006)

#### **4.14.3 Tasa de crecimiento**

Definen la tasa de crecimiento específico diario (SGR, specific growth rate) como el porcentaje de ganancia de peso diario, se debe tener en cuenta que se pueden obtener buenos valores de SGR, pero tener valores altos de FCbA, es decir se está desperdiciando el alimento, por esta razón el indicador que se utiliza es el SFR, que no es otra cosa que el producto del SGR por el FCbA, también se conoce como %PC, porcentaje de peso en cuerpo. (Toledo, 2005)

Se realizó un experimento donde se encontró como resultados una tasa de crecimiento promedio de 1.33 % gr/día en 35 días de cultivo en una densidad de siembra de cinco alevines por metro cuadrado y los peces fueron alimentados dos veces al día a saciedad. (García et. al 2011)

La tasa de crecimiento de un animal se puede decir que es las diferencias existentes entre las tasas de catabolismo y anabolismo. De esta manera el crecimiento es el resultado de la acumulación y de la destrucción del material celular. La fórmula para calcular la Tasa de crecimiento es:

$$=+ (((\log_{10} (\text{peso}) - \log_{10} (\text{peso anterior})) \times 100) / 7).$$

#### **4.15 Muestreo poblacional**

Consiste en sacar periódicamente una cantidad de peces (5-10% del total) y pesarlos para luego calcular el peso promedio de la población y calcular adecuadamente la cantidad del alimento. Se recomienda realizar un muestreo de los peces en cada estanque mensualmente. A través de los muestreos usted podrá saber si sus peces están creciendo y si están saludables. Además durante el muestreo se deben examinar los peces en busca de parásitos, daños en la piel, daños en aletas, de manera de identificar a tiempo la incidencia de parásitos o enfermedad. (Ramos et al 2006)

##### **4.15.1 Población**

Los muestreos proveen información muy valiosa en cada cultivo. Es importante monitorear periódicamente el crecimiento y estado de salud de los organismos sembrados en un estanque. Los datos obtenidos en los muestreos de cada cultivo son analizados y utilizados en la toma de decisiones para mejorar el manejo del sistema. Estas decisiones incluyen: determinar la cantidad de alimento a utilizar, la fecha para realizar una cosecha, detección y control de enfermedades, entre otras.

##### **4.15.2 Procedimiento para hacer muestreo de población**

Capture los peces y/o camarones haciendo pasar el chinchorro por el estanque o tirando la atarraya, hasta obtener el número deseado de animales.

Si hay que mantener los organismos cierto tiempo fuera del estanque, procure no maltratarlos y tenerlos en recipientes con suficiente agua y oxígeno adecuado

Debe proceder a pesar, contar, y medir los animales de la muestra de manera rápida y eficiente. Generalmente se necesita el peso individual de los organismos para conocer la uniformidad de estos en el cultivo.

Registre las observaciones o datos tomados en las hojas correspondientes y devuelva los peces y/o camarones al estanque con cuidado. Las hojas de datos deben incluir al menos la siguiente información: la fecha, identificación del estanque donde se tomó la muestra, nombre de las personas responsables al registrar los datos, número de peces o camarones incluidos en la muestra, distribución de los sexos (proporción de machos y hembras)

En estanques de engorde de tilapia, elimine las hembras encontradas en los muestreos. Determine el sexo de los peces tiñendo la papila genital de cada individuo con una gota de la solución azul de metileno. Es importante aprender como diferenciar machos y hembras de tilapia mediante el reconocimiento del orificio del oviducto, que se encuentra posterior al ano en las hembras.

#### **4.15.3 Sobrevivencia**

La sobrevivencia es un factor muy importante para determinar el éxito de un cultivo, y se determina mediante la determinación del área de la tarraya:  $A = \pi r^2$  y el radio se mide con la atarraya extendida se realizan de 3 a 5 lances por hectáreas y se promedia el número de tilapias entre el número de lances y se obtiene individuo por lances, luego se obtiene un numero de tilapias por  $m^2$  para ello se debe de tomar en cuenta el factor de corrección de la tarraya aunque debemos de tener en cuenta que no hay un método que sea 100% confiable. (Martínez y Herrera, 2009).

En el experimento realizado por Rivera R. et al 2004 comprueba que la sobrevivencia de los peces durante 35 días de cultivo utilizando la especie **O. niloticus** durante el desarrollo del experimento fue de un 100% (Rivera et al 2004)

Para determinar la sobrevivencia primero debemos calcular el tamaño de la población y luego se hace un conteo directo de las tilapia que hay en cada estanque.

La sobrevivencia (S) se calcula con la fórmula:

$$S = \text{Ind. Sembrados} / \text{Ind. Actuales} * 100$$

#### **4.15.4 Factor de Conversión Alimenticia**

Es la medida más usual para la utilización del alimento. El FCA depende por supuesto al igual que el crecimiento de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo, pero, también depende de la ración.

Es un parámetro para medir si los peces están creciendo como deberían. Bajo estas condiciones decimos que los peces deberían de presentar un F.C.A de entre 1.2 a 1.8. (Ramos et. al 2006)

El FCA también depende de la edad del pez. Los mejores valores se encuentran en peces jóvenes y el FCA aumenta lentamente con la edad del pez hasta tender a infinito cuando el pez alcanza su peso máximo y deja de crecer. (Saavedra, 2003.) La fórmula para calcular el Factor de Conversión Alimenticia es:

FCA= Alimento semanal / Biomasa semanal.

#### **4.15.5 Rendimiento Productivo**

El concepto de rendimiento se entiende como el peso en kilogramos por unidad de superficie o volumen obtenido a la cosecha. La producción puede variar en función de la densidad de siembra, porcentaje de sobrevivencia y peso promedio final de los organismos. . Al realizar un experimento se encontró que con una densidad de 5 org/mt<sup>2</sup> en un área aproximada de 4 a 5 mt<sup>2</sup> se obtuvo un rendimiento productivo de 2,133 lb/Ha en un periodo de 35 días de cultivo. (Ramos et al 2006)

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Localización del Área de Estudio

La etapa experimental de este trabajo investigativo se realizó en el período comprendido entre el 20 de Octubre al 25 de Noviembre del 2013, en El Laboratorio de Investigaciones Marinas y Acuícolas (LIMA), ubicado en la región noroccidental de Nicaragua en las costas del Océano Pacífico, en localidad de las Peñitas. Con las coordenadas 496457mE y 1367324mN. El laboratorio se comunica por carretera asfaltada a la ciudad de León (20 Km) y con una extensión de 1.3 Has.

### 5.2 Dispositivo experimental

El dispositivo constó de 2 pilas de concreto con 2 repeticiones, cada una mide 4.4 m<sup>2</sup> estas se llenaron con agua dulce por medio de un sistema de distribución de agua. Se procedió a hacer la siembra con 5 organismos (*Oreochromis* sp) por m<sup>2</sup>. Estas pilas se llenaron a un nivel operativo de 80 cm. Las 2 primeras pilas para el tratamiento 1: se aplicó alimento a base de harina de Soya y Semolina mezclado con Melaza al 15% de proteínas, y en otras 2 pila para el tratamiento 2: se aplicó alimento a base de harina de Soya y Semolina mezclado con Melaza al 25% de proteínas.

### 5.3 Elaboración del Alimento Experimental

La elaboración del alimento se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de investigaciones marinas y acuícolas (LIMA) de la UNAN-León.

Para esta etapa de crecimiento (alevín), se formularon dos dietas a base de harina de Soya, Semolina, mezclada con Melaza con 15 y 25% de proteínas.

#### 5.3.1 Formulación

Para la formulación del alimento para tilapias *Oreochromis niloticus* de este experimento se formuló a través de un programa de Excel donde se obtuvieron las cantidades de las harinas con sus porcentajes de proteínas ponderadas.

Las materias primas que utilizamos fueron: Soya, Maíz, Sorgo, Melaza, Aceite de hígado de bacalao, Semolina, Vitaminas y Minerales. Las que se compraron en un establecimiento comercial en la ciudad de León.

La soya, maíz y sorgo: Se compraron y se desecharon las impurezas que traían. Posteriormente se molió cada uno de las materias primas (granos) en un molino industrial hasta quedar las harinas bien finas. La Semolina se compró molida.

Aceite de hígado de bacalao, Vitaminas y Minerales: se obtuvieron de un establecimiento comercial en la ciudad de León. Todos los insumos se mantuvieron

en un lugar fresco y seco.

### **5.3.2 Elaboración**

Se procedió a comprar todos los ingredientes para la realización del alimento.

❖ **Tostado:** La soya se colocó en un recipiente de aluminio a fuego para tostarlos.

❖ **Molido:** se procedió a moler por separado los granos (maíz, sorgo, soya) en un molino industrial de tal manera que quedaron bien finas.

❖ **Colado:** se colocaron cada uno de los ingredientes secos en un colador fino para evitar diferentes tamaños de partículas fueran mezclados en la preparación del alimento para que hubiera una homogeneidad de nutrientes.

❖ **Pesado:** medimos todos los ingredientes de acuerdo a la cantidad que se necesitaba de cada uno de ellos, calculados en la formulación del alimento. Para el pesado se utilizó una balanza gramera marca kern con capacidad de 400 gramos.

❖ **Mezclado:** Se mezclaron durante un periodo de 20 minutos todos los ingredientes secos de mayor porcentaje: harina de soya, harina de Semolina, harina de maíz, harina de sorgo luego se incorporaron los líquidos; aceite de hígado de bacalao y agua a discreción. Se preparó el aglutinante, el cual consistió en, disolver el almidón en agua y se le aplicó calentamiento hasta que obtuvimos una sustancia gelatinosa y translúcida, la que posteriormente fue incorporada a la mezcla hecha anteriormente (de las harinas), procediendo a mezclar por 5 minutos para obtener una pasta homogénea.

❖ **Peletizado:** Para la elaboración del pellet, se utilizó un molino de carne, con agujeros en el disco de un grosor de 2mm, donde se adicionó la pasta para la formación de los pellets.

❖ **Secado:** Se colocó el alimento en un plato de aluminio en un horno de resistencia durante 45 minutos, hasta quedar debidamente seco. Luego se cortaron los pelles para obtener la longitud requerida para el organismo en cultivo, siendo de 2mm.

### **5.4 Preparación y manejo del experimento:**

Primeramente se lavaron las pilas con cloro de 6ppm de concentración para desinfectar y así evitar la contaminación de nuestros organismos por patógenos y bacterias. Posterior a la desinfección se procedió al llenado de las pilas hasta el nivel operativo.

#### **5.4.1 Fertilización:**

Para la fertilización del agua se aplicó fertilizante inorgánico FERTILAKE, a ración de 100lbs/Ha esto se realizó una semana antes de la siembra de los alevines con el objetivo de obtener un crecimiento de las poblaciones de plancton.

#### **5.4.2 Recambios de agua:**

Se realizó recambios de agua cuando las condiciones del agua lo ameritaron, donde se sacó agua del fondo del estanque de cultivo para garantizar que saliera la materia orgánica en descomposición y así mantener una buena calidad de agua.

#### **5.4.3 Temperatura:**

Para determinar la temperatura de nuestras pilas experimentales, se utilizó el Oxígenometro marca YSI 550-12FT ya que es un aparato multifuncional. El cual mide Oxígeno y Temperatura, y se calibró con agua dulce. Estos factores se tomaron a las 6:00 am y 6:00 pm. Los datos se obtuvieron al introducir el electrodo del Oxígenometro a 40 cm de profundidad. Posterior se archivaron todos los datos en la bitácora.

#### **5.4.4 Oxígeno:**

Para determinar el oxígeno de nuestras pilas experimentales, se utilizó el Oxígenometro marca YSI 550-12FT ya que es un aparato multifuncional. El cual mide Oxígeno y Temperatura, y se calibró con agua dulce. Tomando los factores a las 6:00 am y 6:00 pm. Los datos se obtuvieron al introducir el electrodo del Oxígenometro a 40 cm de profundidad. Posterior se archivaron todos los datos en la bitácora.

#### **5.4.5 Turbidez**

La medición de turbidez del agua se tomó con un disco de Secchi, este instrumento se introdujo en el recipiente y hasta donde aún se observaba las líneas de intercepción que estaban pintadas en negro es la medición de la transparencia del agua. Esta toma se realizó diariamente a las 12 del mediodía.

### **6. Muestras Poblacionales**

#### **6.1 Crecimiento Acumulado**

Para determinar el crecimiento de las tilapias se realizaron mediciones de longitud y peso de las mismas cada 5 días después de la siembra a las 6:00 am. Se capturaron 10 tilapias por pila con una atarraya , posteriormente se pesaron en una balanza gramera marca Kern, metidas en una bolsa para evitar el movimiento de las tilapias, a continuación se pesaron con un trapo y se anotó el valor obtenido para luego restarlo al peso correspondiente de las tilapias (tilapia con trapo), y el peso final (gramos) obtenido será el peso de la Tilapia. Simultáneamente se midió la longitud estándar (centímetros) de cada tilapia con una regla y así obtuvimos longitud promedio de los peces.

### **6.2 Ritmo de Crecimiento**

Obteniendo el peso promedio actual de la tilapia se restó el peso promedio de la semana anterior; el dato resultante se registró en una gráfica.

Fórmula: R.C. = (Peso promedio actual) - (Peso promedio semana anterior)

### **6.3 Tasa de Crecimiento**

La tasa de crecimiento es necesaria para conocer la velocidad con que crecen los alevines de tilapia. Para determinar la tasa de crecimiento se realizaron muestreos cada 5 días, utilizando la siguiente fórmula:

$$T.C = \frac{(\text{Log de peso final} - \text{Log peso inicial})}{\text{Tiempo}} \times 100$$

### **6.4 Supervivencia**

La supervivencia se calculó a partir de la población inicial sembrada. Se hizo semanalmente contando los organismos que se encuentran vivos en las pilas y se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ supervivencia} = \text{población actual} / \text{población inicial} \times 100$$

### **6.5 Factor de Conversión Alimenticia**

Afectado por la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo y de los factores físico-químicos y las raciones que se usen; por lo tanto se deberá evitar la acumulación de materia orgánica en las pilas.

Fórmula: FCA= alimento semanal / Biomasa semanal.

### **6.6 Rendimiento Productivo**

Se expresó en función de la biomasa que se obtuvo al final del cultivo. Se calculó multiplicando el peso promedio por el número de individuos que sobrevivieron al final del experimento.

Fórmula: RP=Se expresa como kg/ hectárea

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

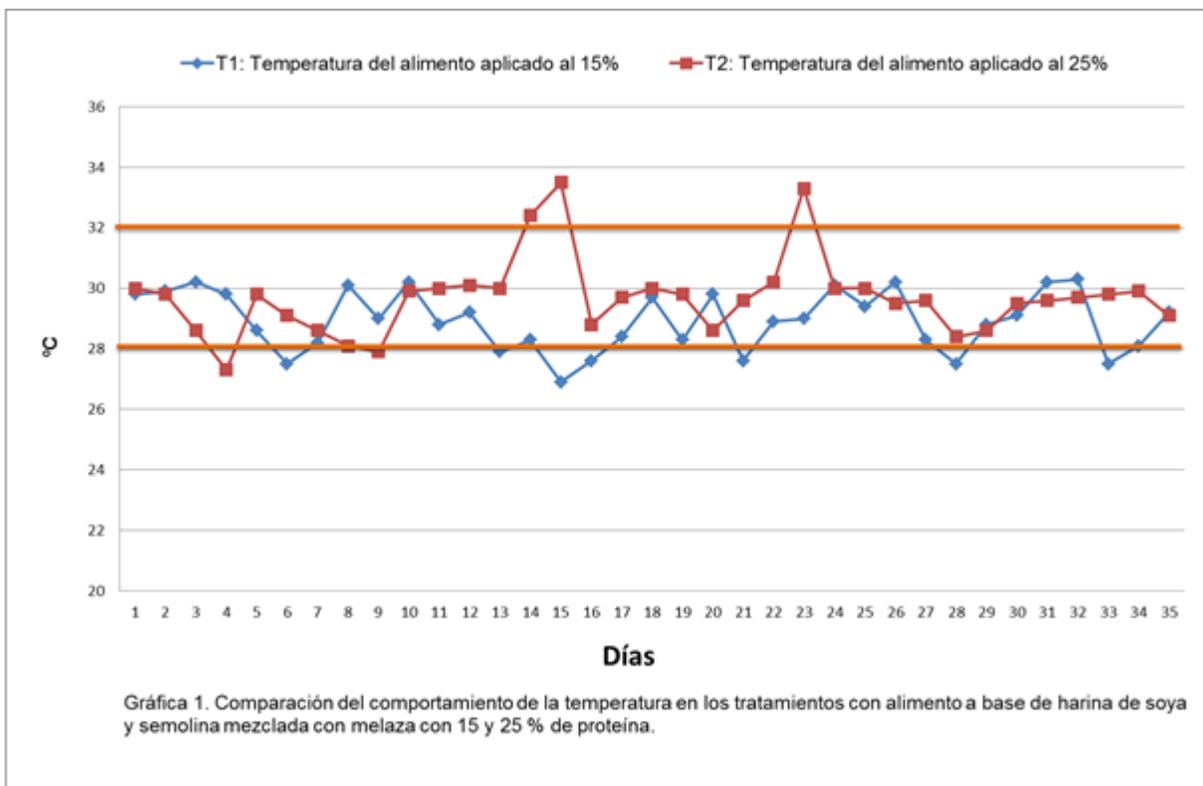
### 6.1 Factores físicos y químicos.

#### 6.1.1 Temperatura

El valor mínimo de temperatura fue de 26.9 °C del día 13 para el tratamiento 1 y el valor máximo fue de 30.2 °C para el día 32, en el tratamiento 2 el dato mínimo de temperatura fue de 27.3°C para el día 4 y el valor máximo de 33.5 para el día 15 en la realización del experimento.

Según Alamilla, 2001 el intervalo óptimo es de 28-32°C, cuando disminuye a los 15°C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12°C no sobreviven mucho tiempo. Cuando la temperatura excede los 37-38°C se producen también problemas por estrés y las temperaturas letales se ubican entre los 10-11°C.

A pesar que la temperatura en los dos tratamientos varió, los organismos no se vieron afectados en su crecimiento y podemos decir que se encontraban en los intervalos aceptables.

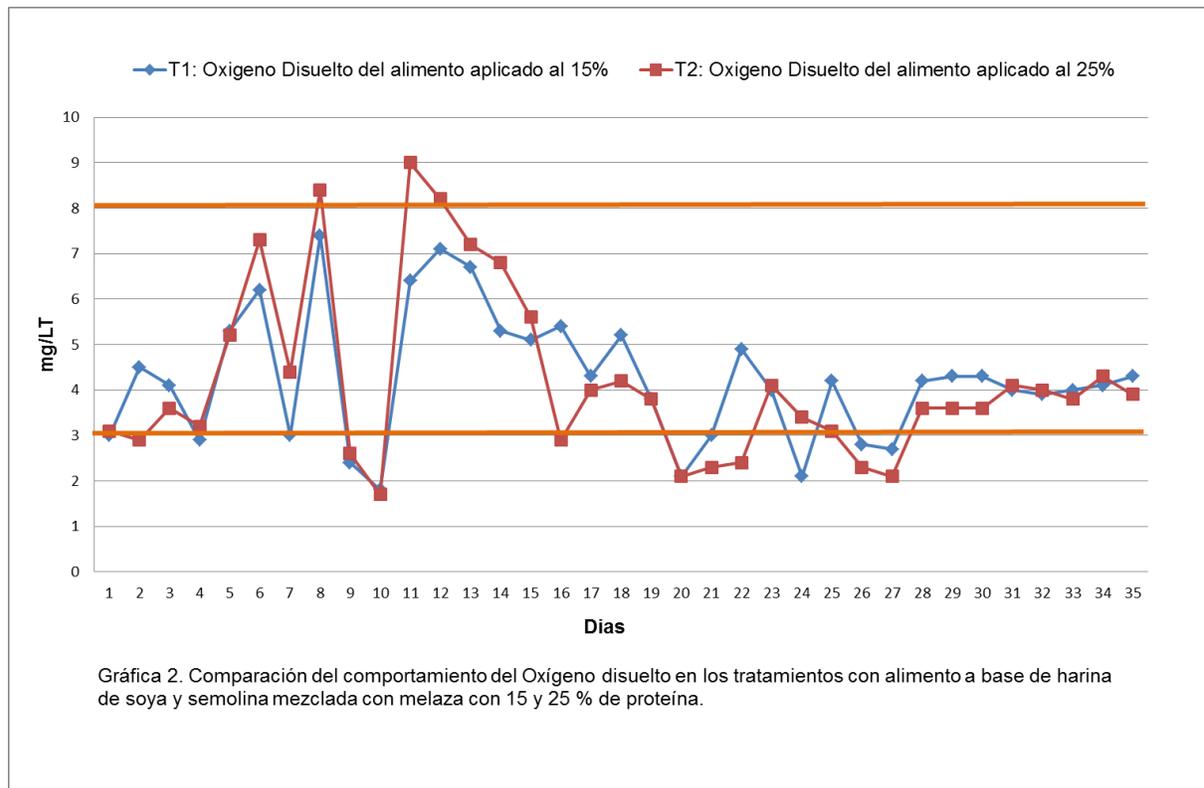


### 6.1.2 Oxígeno disuelto

El valor mínimo se registró el día 10 en el tratamiento 1 con un valor de 1.8 mg/L y el máximo el día 8 con un valor de 7.4 mg/L. Para el tratamiento 2 se registró un valor mínimo de oxígeno disuelto de 1.7 mg/L el día 10 y de 9 mg/L el día 11.

Según Cantor, 2007 la concentración de oxígeno para una correcta producción de tilapias es de 3-8 mg/L de agua, ya que el metabolismo y el crecimiento disminuyen cuando los niveles son bajos o se mantienen por periodos prolongados. Valores menores a estos reducen el crecimiento e incrementan la mortalidad.

Comparando los resultados obtenidos en la realización del experimento la mayoría del tiempo se registraron valores mayores de 3 mg/Lt de oxígeno disuelto por lo tanto los organismos no fueron afectados en su crecimiento. Sin embargo se encontraron bajones de oxígeno disuelto menores de tres miligramos por litro y fueron causados por la acumulación de materia orgánica.

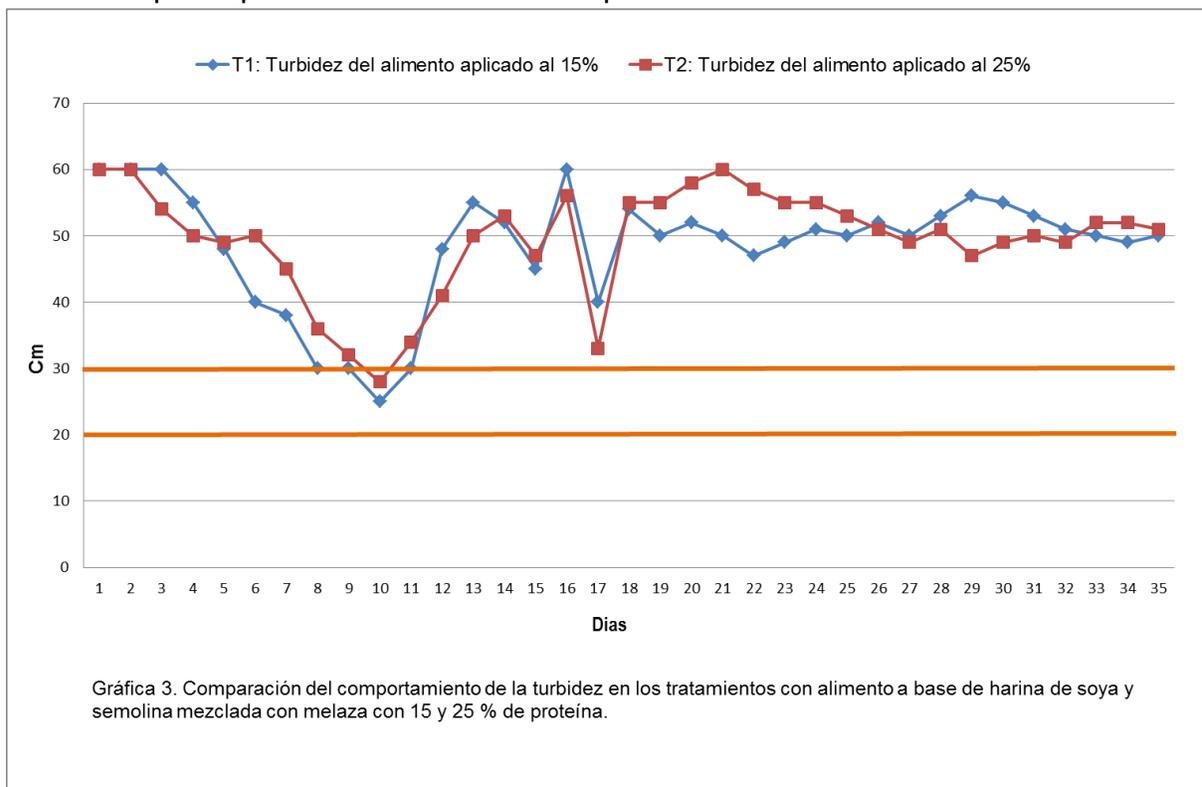


### 6.1.3 Turbidez

En la gráfica se observa que los valores de turbidez variaron obteniendo el valor mínimo el día 10 en el tratamiento 1 con un valor de 25 cm; el dato mínimo del tratamiento 2 fue de 28cm y el valor máximo se presentó en los días 1 y 2 con 60 cm para los dos tratamientos.

Cantor, 2007 explica que en estanques de producción de tilapias, la transparencia deberá ser mantenida entre 20 y 30cm. Uno de los riesgos de la turbidez es la generación de un Bloom de algas, que al morir tornan el agua de una coloración café y olor característico de algas muertas; el color ideal a obtener es un verde claro.

Podemos observar que en todo el transcurso de nuestro experimento no pudimos obtener la turbidez adecuada, obteniendo valores que estaban por encima del intervalo óptimo para el crecimiento de tilapias.



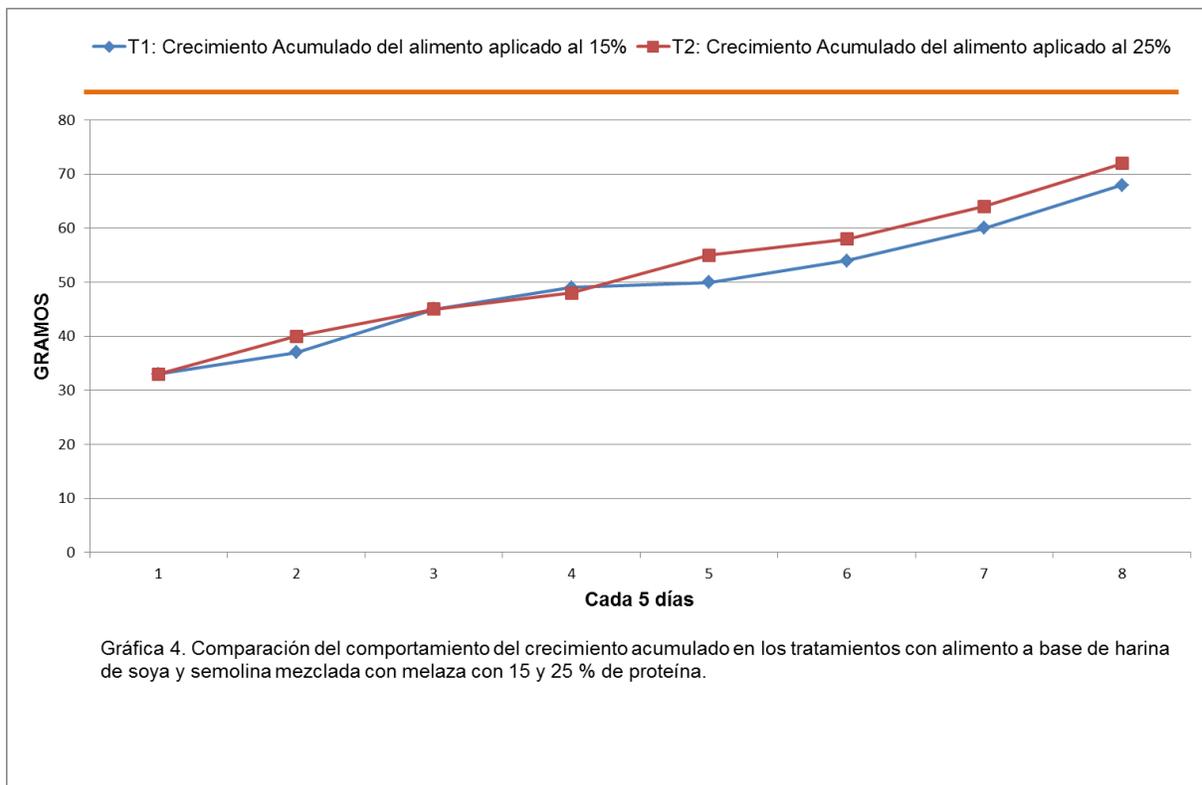
## 6.2 Parámetros poblacionales

### 6.2.1 Crecimiento acumulado

Los valores de peso registrados en los dos tratamientos presentaron una diferencia significativa, ya que los organismos alimentados con el tratamiento 2 tuvieron un mayor crecimiento con un peso final de 72gr que el tratamiento 1 con un peso final de 68gr; ambos con un peso promedio inicial de 33gr.

García. *et al* 2011 reportó que el crecimiento de tilapias *Oreochromis niloticus* en estanques con densidades de cinco organismos por metro cuadrado alcanzaban pesos de 85.2 gramos en 35 días de cultivo con pesos a partir de los 29 gramos.

En comparación con nuestros resultados durante los 35 días que duró nuestro experimento el tratamiento 2 obtuvo un mayor crecimiento con 72gr con una diferencia de 4gr en el tratamiento 1, sin embargo no se logró llegar al peso que García. *et al* 2011 reportó en su experimento.

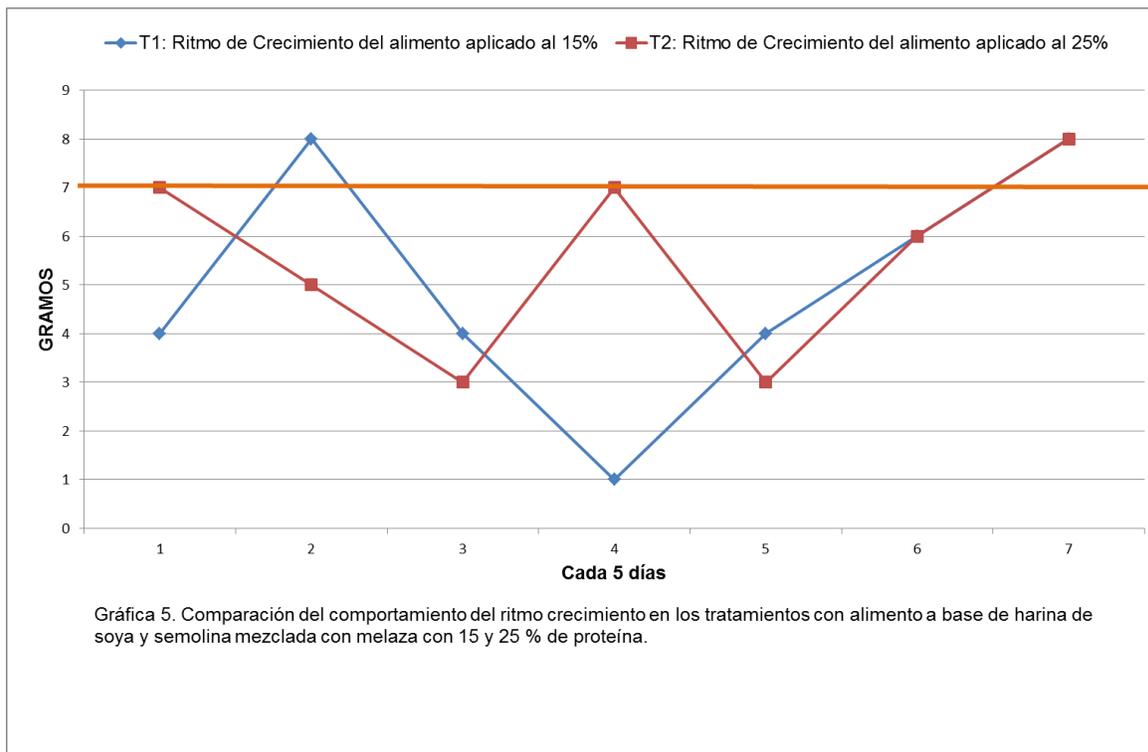


### 6.2.2 Ritmo de Crecimiento

Los datos registrados indican que los organismos del tratamiento 1 crecieron de 4 a 5 gramos cada 5 días, mientras que los organismos del tratamiento 2 crecieron entre 5 a 10 gramos cada 5 días.

Martínez y Rosa (1996) nos muestran que para la especie tilapia *Oreochromis niloticus* se establece que puede encontrarse entre los valores de 1.5 a 2.4 gramos al día, en relación a cada cinco días se podría obtener de entre 7.5 a 12 gramos.

Con los datos obtenidos con respecto a lo mencionado por la bibliografía el ritmo de crecimiento para el tratamiento 2 aplicando alimento al 25 % de proteína alcanzó estar en los intervalos aceptables mientras que los obtenidos con el tratamiento 1 aplicando alimento al 15 % de proteína estuvieron por debajo del valor antes mencionado.

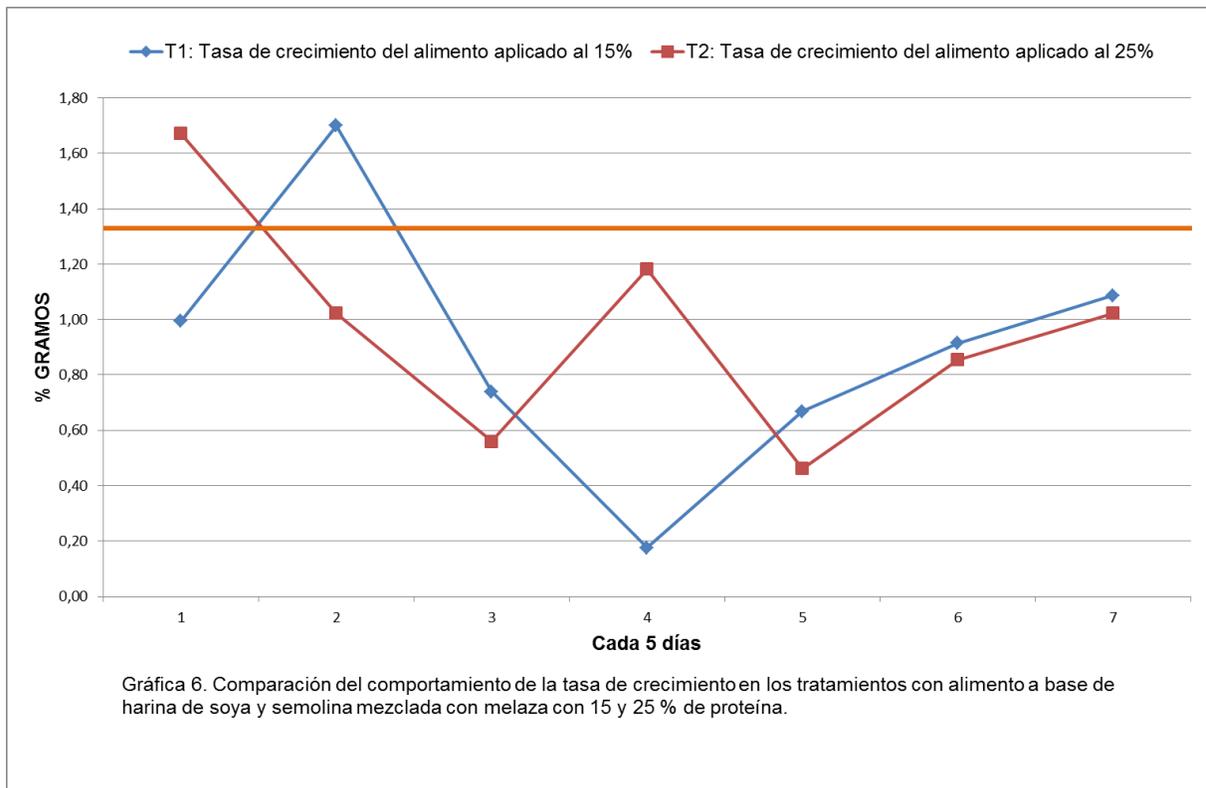


### 6.2.3 Tasa de crecimiento

En la gráfica de tasa de crecimiento observamos que los organismos del tratamiento se registró un valor máximo de 1.74 y un mínimo de 0.18 % gr/día con valor promedio de 0.9 %gr/día. Para el tratamiento 2 presentaron valores máximos de 1.67 y mínimo de 0.46 % gr/día este presento un valor promedio de 0.97 %gr/día.

García *et al* 2011 realizo un experimento donde encontró como resultados una tasa de crecimiento promedio de 1.33 % gr/día en 35 días de cultivo en una densidad de siembra de cinco alevines por metro cuadrado y los peces fueron alimentados dos veces al día a saciedad.

Podemos comparar con García *et al* 2011 que se obtienen valores parecidos con los tratamientos alimentados con 15 y 25 % de proteína por lo que las velocidades de crecimiento de ambos tratamientos se mantuvieron cerca de los obtenidos por García aunque en menor velocidad.

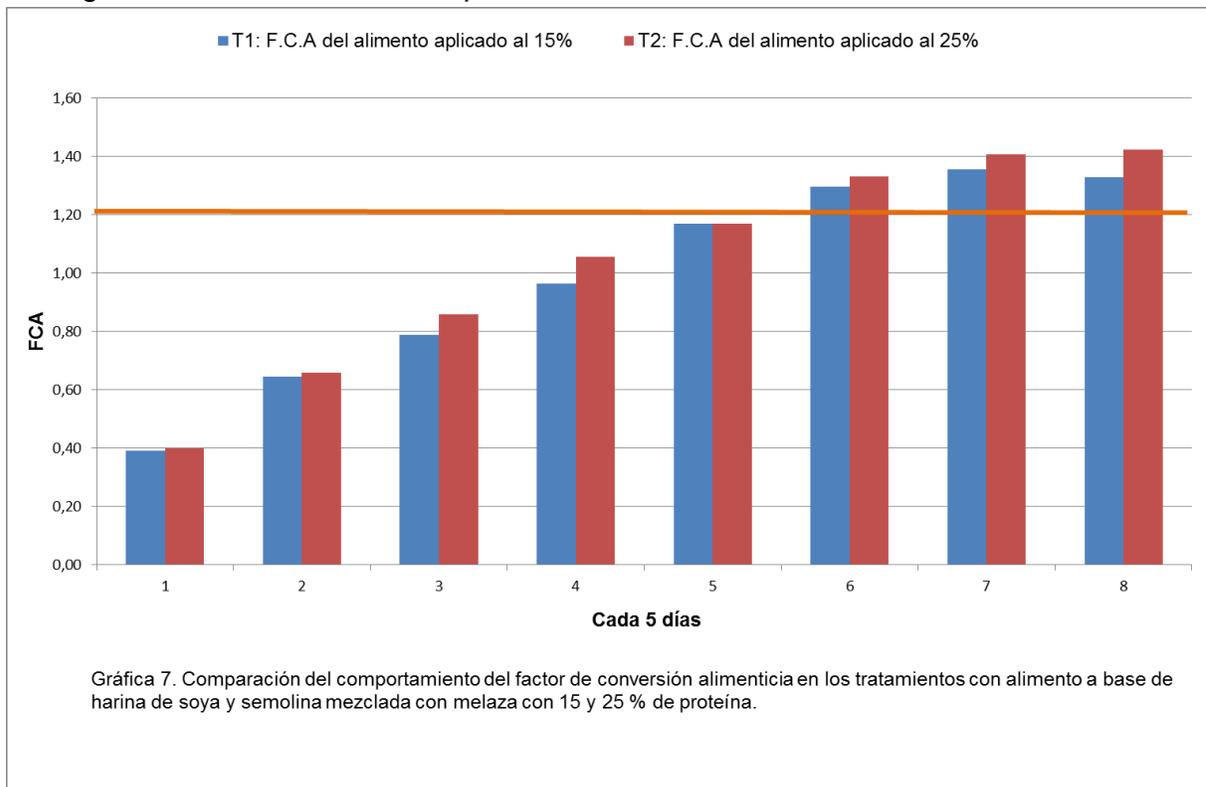


#### 6.2.4 Factor de Conversión Alimenticia. FCA

En el gráfico 7 se observa el Factor de Conversión Alimenticia que tuvimos en estudio, en donde el valor inicial para el tratamiento 1 fue de 0.39 y para el tratamiento 2 fue de 0.40; y un valor final para el tratamiento 1 de 1.16 y el tratamiento 2 de 1.23.

Conforme a Ramos et al 2006 Es la medida más usual para la utilización del alimento. El FCA depende por supuesto al igual que el crecimiento de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo, pero, también depende de la ración. Es un parámetro para medir si los peces están creciendo como deberían. Bajo estas condiciones decimos que los peces deberían de presentar un F.C.A de entre 1.2 a 1.8.

En comparación con nuestros resultados afirmamos que nuestros organismos se encontraron dentro de los intervalos óptimos de F.C.A mencionados por la bibliografía citada, en la cual no presentaron una sobre alimentación.

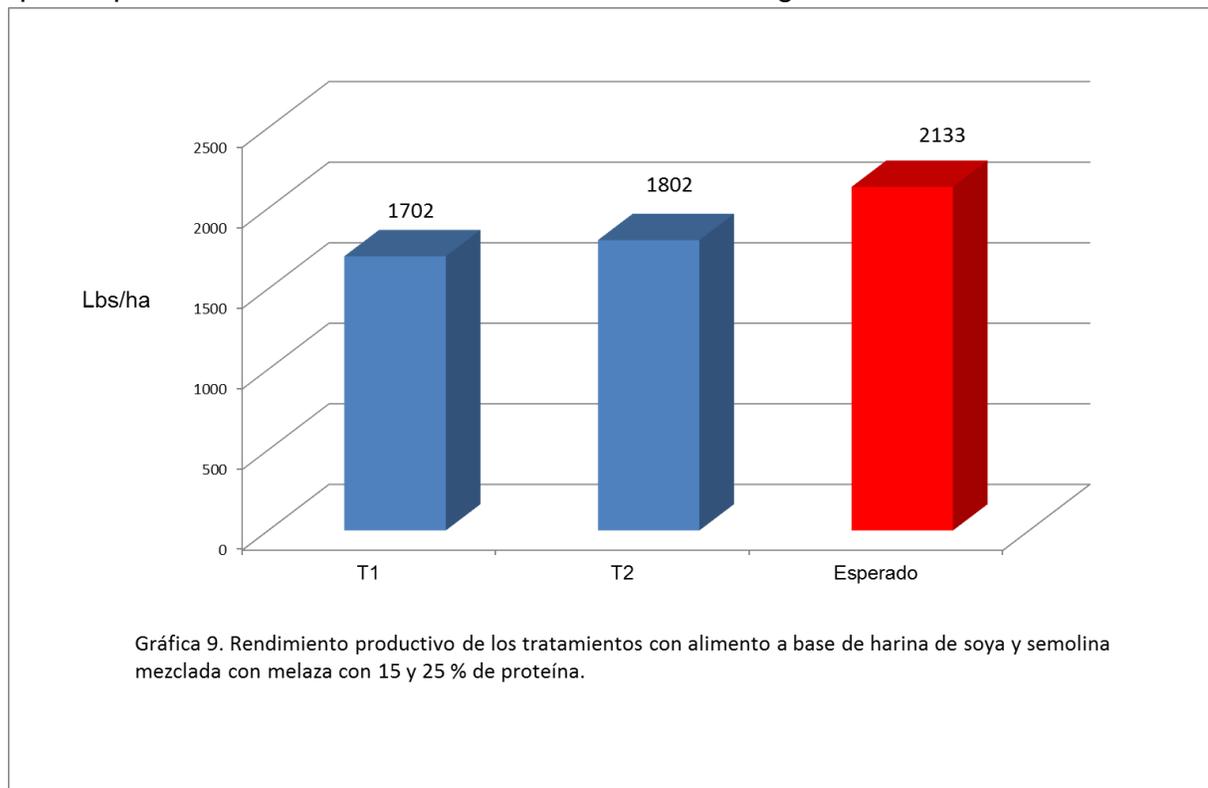


### 6.2.5 Rendimiento productivo

Para el tratamiento 1 se obtuvo un rendimiento productivo de 1,702 lb/Ha al final del experimento en estudio; para el tratamiento 2 obtuvimos 1,802 lb/Ha al final de la cosecha.

Según Ramos et al 2006 La producción puede variar en función de la densidad de siembra, porcentaje de sobrevivencia y peso promedio final de los organismos. Al realizar un experimento se encontró que con una densidad de 5 org/mt<sup>2</sup> en un área aproximada de 4 a 5 mt<sup>2</sup> se obtuvo un rendimiento productivo de 2,133 lb/Ha en un periodo de 35 días de cultivo.

Nuestro rendimiento productivo final al momento de cosechar fue entre los 1702 lb/Ha y los 1802 lb/Ha, podemos concluir que estuvimos por debajo del valor obtenido en el experimento realizado por Ramos et al 2006, debido a problemas que se presentaron en el transcurso de nuestra investigación.

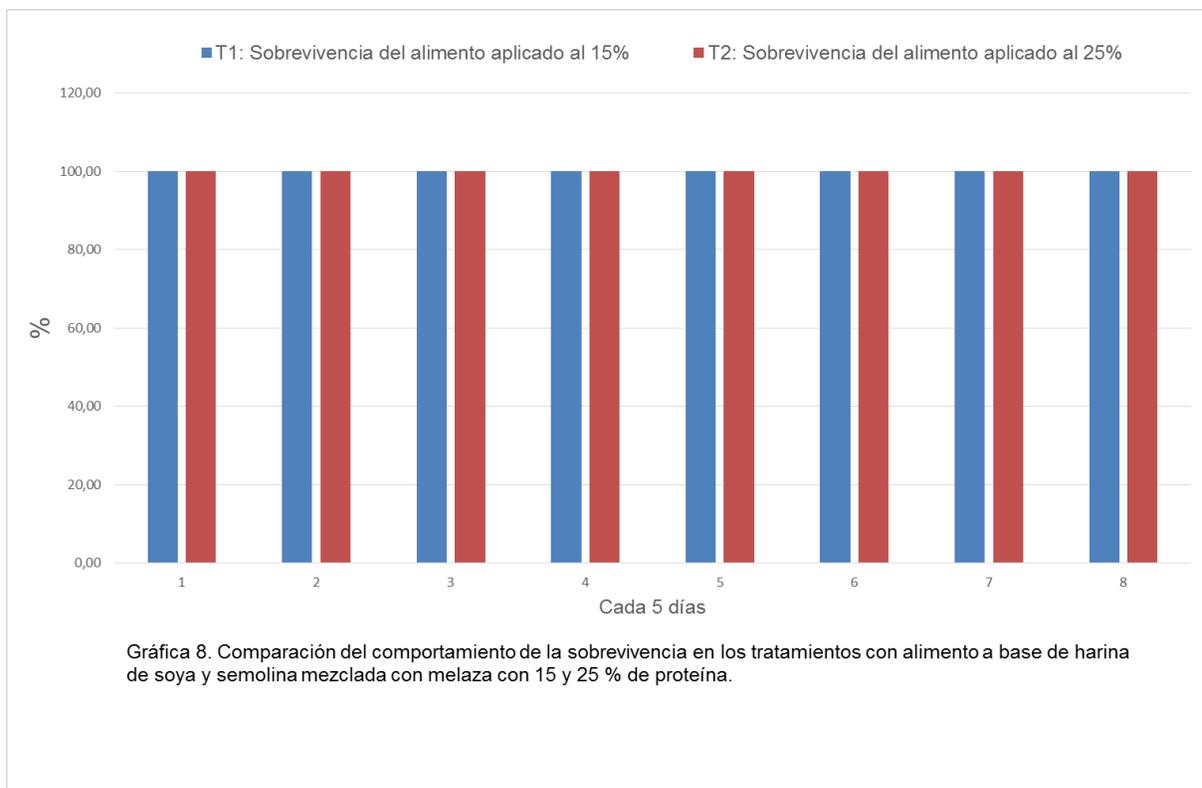


### 6.2.6 Sobrevivencia

En el gráfico de sobrevivencia observamos que para los dos tratamientos al final del ciclo obtuvimos un 100% de sobrevivencia.

Según el experimento realizado por Rivera R. et al 2004 comprueba que la sobrevivencia de los peces durante 35 días de cultivo utilizando la especie ***Oreochromis niloticus*** durante el desarrollo fue de un 100%.

Conforme a nuestros resultados obtuvimos el 100% de sobrevivencia al igual que el del experimento realizado por Rivera R. et al 2004, ya que las tilapias son organismos que pueden soportar valores de oxígeno y temperaturas bajas. Siendo estas resistentes y capaces de adaptarse a cualquier ambiente en el que se encuentren.



## VII. CONCLUSIONES

1. Los factores ambientales variaron de forma considerable, obteniendo en el tratamiento con alimento al 15 % de proteína: el oxígeno disuelto fluctuó entre 1.6 a 7.5 mg/L; temperatura entre los 27 a 32 °C; en la toma de datos de turbidez obtuvimos valores entre los 25 y 60 cm. En el tratamiento 2 donde se aplicó alimento con un 25% de proteína obtuvimos valores de 1.6 a 9 mg/L de oxígeno disuelto; 27 a 33.5 °C de temperatura y 28 a 60 cm de turbidez; resultando que nuestros organismos se vieran afectados impidiendo que estos crecieran correctamente.

2. En nuestro experimento observamos que en el crecimiento acumulado los organismos del tratamiento 2 (alimento aplicado al 25%) tuvieron un mayor crecimiento con un valor promedio de 72gr y el tratamiento 1 (alimento aplicado al 15%) obtuvo un valor promedio de 68gr. Durante el estudio vimos que hubo un mayor ritmo de crecimiento en el tratamiento 2 donde aplicamos alimento con un 25% de proteína que en el tratamiento 1 alimento aplicado al 15% de proteína. En la tasa de crecimiento hubo valores parecidos en los dos tratamientos (alimento aplicado al 15 y 25% de proteína) por lo que los valores de crecimiento llego cerca del cuadrante negativo.

3. Obtuvimos el 100% de sobrevivencia en ambos tratamientos (alimento aplicado al 15 y 25% de proteína); en el Factor de Conversión Alimenticia obtuvimos valores de 1.16 para el tratamiento 1 (alimento aplicado al 15%) y para el tratamiento 2 (alimento aplicado al 25%) un valor de 1.23; rendimiento productivo de 15,409 Lb/Ha para el alimento aplicado al 15% y 1,802 Lb/Ha para el tratamiento aplicado al 25%.

Según los valores obtenidos se puede concluir que en la etapa de crecimiento de tilapias juveniles ***Oreochromis niloticus*** se logró un mejor desarrollo de este siendo alimentados con alimento experimental de harina de soya y semolina mezclado con melaza al 25% de proteína. Con los datos estadísticos encontrados en la prueba de T – Student se determinó el valor de t 10.49 con un nivel de significancia del 0.05 teniendo un valor critico de t para una cola de 1.69 por lo tanto hay diferencias estadísticamente significativas y se rechaza la hipótesis nula.

### **VIII. RECOMENDACIONES**

- 1) Para un manejo adecuado en el cultivo de tilapia se recomienda tener en buen estado los aparatos para la toma de factores físicos y químicos tales como: temperatura, oxígeno disuelto y turbidez. Y tomarlos en el tiempo establecido para llevar un control del cultivo en estudio.
- 2) Aplicar el alimento utilizando tabla de alimentación ajustando las raciones a la condición del organismo.
- 3) Elaborar en tiempo y en forma el alimento para no perder el control de la alimentación.
- 4) Al hacer los muestreos poblacionales realizar examen externo a los organismos para ver si no tienen alguna enfermedad que impida su crecimiento.
- 5) Realizar recambios de agua cuando se amerite, para mantener una buena calidad de agua en el cultivo.

## IX. BIBLIOGRAFIA

1. Anónimo 1: (1998). Manual de Crianza Tilapia. Nicovita y Alicorp. Alimentos Balanceados.  
Disponible en:  
[http://www.nicovita.com.pe/pdf/esp/manuales/man\\_tilapia\\_01.pdf](http://www.nicovita.com.pe/pdf/esp/manuales/man_tilapia_01.pdf).  
Consultado el 13 de mayo del 2013
2. Anónimo 2: (1975). Iníciase en el cultivo de la soya. Banco central de Nicaragua. Managua. Nicaragua
3. Anónimo 3: (2001). Biología reproductiva de la *Oreochromis niloticus*. Disponible en: <http://www.acuacultura-ca.org.hn>. Consultado el 23 de mayo del 2013
4. Anónimo 4: (2004). Fondilac. Suplementos Alimenticios-Semolina de Arroz. Managua, Nicaragua. Disponible en:  
[http://fondilac.com/suplementos\\_alimenticios.html](http://fondilac.com/suplementos_alimenticios.html). Consultado el 08 de Julio del 2013
5. Anónimo 5: (2002). Piscícola Agualinda. Barrio el Prado. Cumaral (META) Colombia. Pág. 1  
Disponible en: [www.piscicolaagualinda.com](http://www.piscicolaagualinda.com). Consultado el 25 de Marzo del 2014
6. Anónimo 6: (2010). Evaluación de la calidad del agua y su influencia en el cultivo de tilapia. San José de las Lajas. La Habana, Cuba. Pág. 6  
Disponible en: [Http://www.vet-uy.com/articulos/piscicultura/050/020/pec020.htm](http://www.vet-uy.com/articulos/piscicultura/050/020/pec020.htm). Consultado el 25 de Marzo del 2014
7. Anónimo 7: (2010). Acuicultura en la Institución Educativa Técnica Agroacuícola de Rotinet. Pág. 3  
Disponible en:  
<http://gisdanllasa.wikispaces.com/alimentaci%C3%B3n+en+peces>.  
Consultado el 25 de Marzo del 2014
8. Alamilla T.H. (2001). Cultivó de tilapia. ZOE Tecno-Campo. México D.F. México: Pág. 10-12.  
Disponible en: [www.zoetecnocampo.com/documentos/tilapia/tilapia.htm](http://www.zoetecnocampo.com/documentos/tilapia/tilapia.htm).  
Consultado el 08 de julio del 2013

9. Burrows & Combs, (1968). Controlled environments for salmon propagation. Progr.Fish-Cult. Washington, D.C. Cap.30 Pág. 123-136.
10. Cantor A.F. (2007) cultivos de tilapia. Puebla México. Pág. 135.  
Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/266429978/Curso-de-Cultivo-de-Tilapia>. Consultado el 21 de Mayo del 2013
11. Chimbor C. 2010. Reemplazo de la harina de pescado en alimentos acuícolas, callao, Perú. Pág. 2.  
Disponible: [www.aquahoy.com/index.php?option](http://www.aquahoy.com/index.php?option). Consultado el 06 de Abril del 2013
12. Fajardo E. y S. Sarmiento, 2007. EVALUACIÓN DE MELAZA DE CAÑA COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE *Saccharomyces Cerevisiae*. Pontificia, (Melaza de caña de azúcar, su composición). Universidad Javeriana.
13. Fitzimmons, K. (1993). CULTIVO DE TILAPIA EN SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN. Aqua. Mag. 29(2). SAGPyA. Chile. Pág. 2
14. Flores P. 2010, Manual de crianza de tilapia Nicovita Alicorp. Buenos Aires. Argentina. Pág. 49.  
Disponible en: [www.industriaacuicola.com/.../Tilapia/Manual](http://www.industriaacuicola.com/.../Tilapia/Manual). Consultado el 06 de Junio del 2013
15. Koprüçü, K., y Özdemir, Y. (2005). Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Academic Press Inc. NW York. Aquaculture, Cap. 250 Pág. 308-316.
16. Martínez R, 2008. Uso de la melaza en la alimentación de ovinos (Melaza de caña de azúcar). FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA PRODUCTO OVINOS. Tecnologías para Ovinocultores. Universidad Autónoma del Estado de México. PDF. Pág. 10. México.
17. García A., Tume J., Juárez V. 2011. Determinación de los parámetros de crecimiento de la Tilapia Nilòtica (*Oreochromis niloticus*) en un estanque revestido con geomembrana y abastecido con agua de subsuelo. Mexico. D.F. Pág. 3  
Disponible en: [http://www.uap.edu.pe/Investigaciones/Esp/Revista\\_15-02\\_Esp\\_05.pdf](http://www.uap.edu.pe/Investigaciones/Esp/Revista_15-02_Esp_05.pdf). Consultado el 11 de Diciembre del 2013

18. Martínez E. Herrera C. 2009, Guía para una camaronicultura sostenible, bajo régimen de buenas prácticas Acuícola. UNAN- LEON, Nicaragua.
19. Martínez, E. y Rosa, C. 1996. Aspectos de la biología reproductiva del camarón blanco del golfo de México, Campeche. Pág. 33. Mexico
20. Marroñas. M (2006). Crecimiento individual en peces.  
Disponible  
en: <http://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/ecopoblaciones/TP/Maro%202006%20%20Crecimiento%20individual%20en%20peces.pdf>. Consultado el 21 de Mayo del 2013
21. Nurmi & Rantala en (1973). Avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia Nilòtica.
22. Ramos. F, Treminio. S, Meyer. D, Barrientos. A (2006). Determinación de los costos del cultivo de tilapia a pequeña y mediana escala. (En línea).  
Disponible en [http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured\\_titles/Determinacion\\_Meyer000.pdf](http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured_titles/Determinacion_Meyer000.pdf). Consultado el 11 de Diciembre del 2013
23. Rosas C. (1984), respuestas metabólicas de sarotherodon mossambicus medidas experimentalmente en un gradiente térmico (pisces cichlidae) México D.F. México, Pág. 10.  
Disponible en: <http://bibloweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1986-1articulo202.html>. Consultado el 26 de Abril del 2013
24. Rivera R, Hernández J, Aguilar Gisela. 2004. Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de Tilapia (*Oreochromis* sp.) en aguas duras, en la región de la Cañada, Oaxaca, México. Revista AquaTIC, nº 20, Pág. 38-43.  
Disponible en: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=172>. Consultado el 06 de Junio del 2013
25. Saavedra, M. A. (2003).- Introducción al Cultivo de Tilapia. Coordinación de Acuicultura, Departamento de Ciencias Ambientales y Agrarias, Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua. Mayo, 2003.
26. Saavedra Martínez (2006). Manejo del cultivo de la tilapia. Managua, Nicaragua 2006 Pág. 4-6

Disponible en:  
[http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades\\_del\\_cultivo\\_de\\_Tilapia.pdf](http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.pdf). Consultado el 23 de Mayo del 2013

27. Toledo R. 2005, Estudios comparativo de tres sistemas de distribución de alimento y su influencia en las tasas de crecimiento de salmón del atlántico (Salmo Salar) Valdivia, Chile 2005.

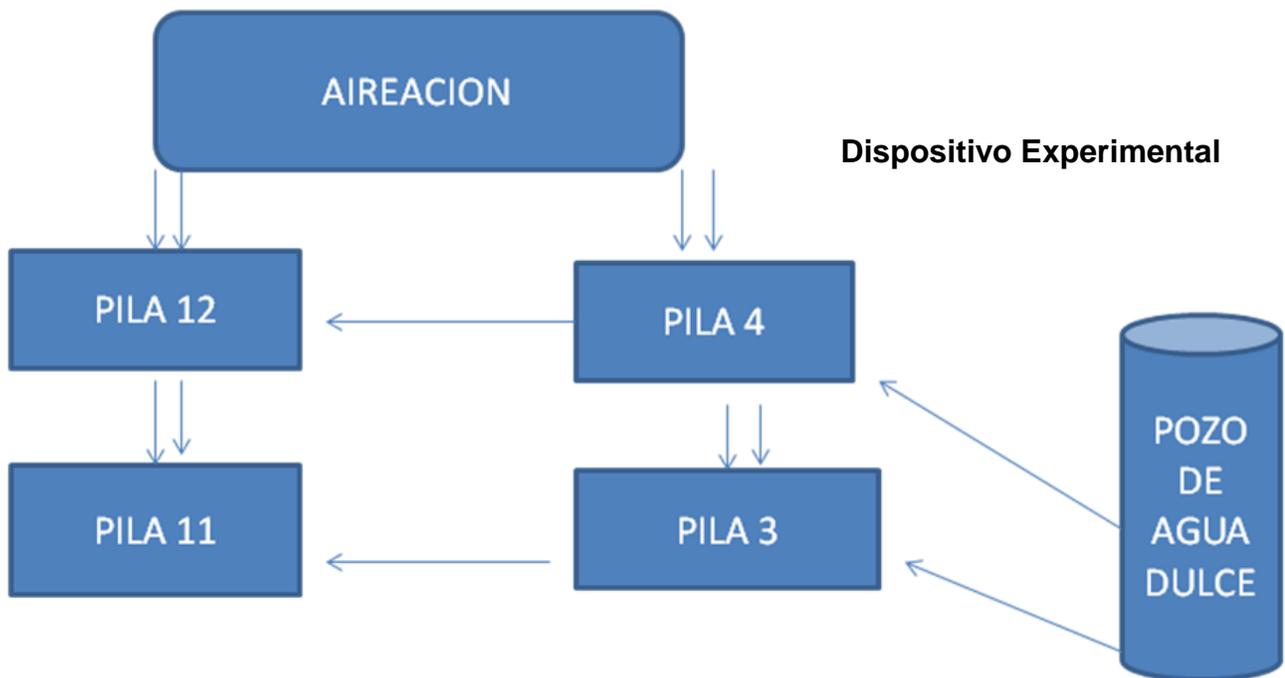
Disponible en:  
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fat649e/doc/fat649e.pdf>. Consultado el 23 de Mayo del 2013

28. Villarruel Castillo 2011, Revisión de literatura de la especie Tilapia Oreochromis niloticus.

Disponible en:  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/211/10/03%20AGP%2085%20REVICION%20LITERARIA.pdf>. Consultado el 06 de abril del 2013

## X. ANEXOS

### Instalaciones del LIMA



**Instrumentos utilizados para la toma de Factores Físicos y Químicos**



**Phmetro**



**Oxígenometro**

**Disco Secchi**



**Elaboración de alimento al 15 y 25 % de proteína**

