

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

UNAN-León

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Biología

Carrera de Ingeniería Acuícola



Tesis para optar al Título de Ingeniería Acuícola

Tema: Efectos de dos dietas de alimentación (Comercial y experimental) sobre el crecimiento e las tilapias (*Oreochromis niloticus*) en sistemas de recirculación con filtros Biológicos.

Elaborado por:

Br. Darling Junieth Díaz González

Br. Hellen Isabelia Caballero Rivera

Tutor: Dr. Evenor Martínez G

León 20 de Noviembre del 2013

“A LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD”



## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a DIOS padre celestial, por haberme dado el don máspreciado que es la vida y por haberme dado perseverancia, dedicación, sabiduría para culminar esta carrera profesional.

Con especial cariño a mis padres Elva María González y Víctor Díaz Oviedo, quienes a pesar de los momentos difíciles siempre me han brindado su apoyo incondicional y desinteresado para formarme como una profesional.

A mis hermanos Blanca Lilliam, Víctor Ismael, Carlos Alberto Díaz por su apoyo, motivación y acompañamiento en estos años de estudio.

A mis compañeros y compañeras de clase, que siempre me han brindado su apoyo, confianza y amistad, con quienes he compartido momentos de alegrías, tristezas, trabajo; por lo que han dejado huella en mi corazón.

A todos ellos que son muy especiales e importantes en mi vida les dedico este trabajo de tesis.

Br. Darling Junieth Díaz González.



## AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS padre por haberme dado el maravilloso regalo de vivir y de llegar a culminar mis estudios universitarios.

Mi más profundo y sincero agradecimiento al Dr. Evenor Martínez González, quién fue el tutor de esta tesis; por su apoyo, comprensión y sobre todo por haberme guiado durante el desarrollo de este trabajo.

A mis profesoras M.Sc Claudia Herrera Sirias y M.Sc Claudia Jovel, por todos sus valiosos comentarios y sugerencias para mejorar esta investigación. También a todos los profesores que me dieron clase durante los 5 años de la carrera y que me transmitieron parte de sus conocimientos.

Muy especialmente al Ing. Wilber Vargas Díaz y al Ing. Francisco Vargas Rodríguez por haberme brindado su amistad y colaboración desinteresada para lograr llevar a cabo este trabajo de tesis.

A mis compañeros(as) y amigos(as) de clase: Hellen, Jessica, Andrea, Eva, Lilliete, Marvin, Christian, Exar, Edwin, Alberto, Ulises, Walter y Lindolfo por los agradables momentos de amistad que vivimos durante la carrera a quienes les agradezco mucho.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron en el inicio, desarrollo y conclusión de este apreciado trabajo.

A todos ellos les agradezco de corazón.

Br. Darling Junieth Díaz González.



## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a DIOS padre celestial por haberme dado el don más maravilloso como es la vida y por haberme dado paciencia, dedicación, sabiduría, tolerancia para poder culminar con esta carrera.

A mis padres Róger Antonio Caballero y Olga María Rivera, quienes a pesar de las circunstancias y los tropiezos siempre me brindaron su apoyo incondicional para formarme como toda una profesional.

A mis hermanas Luz Maytee Caballero Rivera y Leydi Zolibeth Caballero Rivera por su apoyo y acompañamiento en estos años de estudio.

A mi esposo Rene Miguel Balmaceda Díaz quien a lo largo de este año me ha brindado su apoyo en los momentos difíciles.

A mi hija Izdry Natasha Balmaceda Caballero la cual está por nacer que me acompañó en mi vientre durante este trabajo investigativo.

A mis compañeros y compañeras de clase que siempre me brindaron su amistad y apoyo con los cuales he compartido momentos de alegría y tristeza.

Br: Hellen Isabelia Caballero Rivera.



## AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS por haberme dado el maravilloso regalo el cual es la vida para poder llegar a culminar con mis estudios universitarios.

Mi agradecimiento más profundo al Dr. Evenor Martínez González, quien fue el tutor de esta tesis por su apoyo, comprensión y por haberme guiado durante el desarrollo de este trabajo.

A mis profesoras M.Sc. Claudia Herrera Sirias y M.Sc. Claudia Jovel, por todas sus valiosas opiniones, críticas, sugerencias, comentarios para realizar las mejoras de esta investigación, de igual manera a todos los profesores que me brindaron sus conocimientos a lo largo de estos 5 años de carrera.

A mis compañeros(as) y amigos(as) de clase: Darling, Eva, Andrea, Jessica, Lilliete, Marvin, Exar, Edwin, Christian, Lindolfo por los agradables momentos de amistad que vivimos durante la carrera a quienes les agradezco mucho.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron en el inicio, desarrollo y conclusión de este apreciado trabajo.

Br. Hellen Isabelia Caballero Rivera



## RESUMEN

Con la implementación de este trabajo experimental se pretendió demostrar lo importante que es la elaboración de nuevas dietas de alimentación y los sistemas de recirculación del agua, ya que se reducen los costos económicos y ambientales. Los resultados de este trabajo ayudarán a productores y técnicos a disminuir costos de producción y mejorar la calidad del producto. Como objetivo general de nuestro estudio se determinó el efecto de dos dietas de alimentación (Comercial y experimental) sobre el crecimiento de las tilapias (*Oreochromis niloticus*) en sistemas de recirculación con filtros biológicos. Este experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Investigaciones Marinas Acuícolas (LIMA), se crearon dos dispositivos experimentales, cada uno constaba de un tanque de plástico de 1.36 m<sup>2</sup> y un barril que funcionó como biofiltro, en estos recipientes se sembraron 6 tilapia por m<sup>3</sup> con pesos promedios de 41.9gr para el alimento experimental y 30.2gr para el alimento comercial, los cuales se sometieron a un estudio durante 35 días. Según los resultados obtenidos, los factores físico-químicos se presentaron en los valores óptimos a excepción de la temperatura con valores de 27.5 °C y 34°C pero no influyó sobre el crecimiento de las tilapias (*Oreochromis niloticus*) y en cuanto a la dieta experimental se observó un mayor crecimiento en los organismos a diferencia de la dieta comercial. Por tanto se concluye que hubo un mayor crecimiento en los organismos alimentados con la dieta experimental que la dieta comercial.



## ÍNDICE

### Contenido

<b>RESUMEN</b> .....	<b>v</b>
<b>I.- INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II.- OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
<b>III.- HIPÓTESIS</b> .....	<b>5</b>
<b>IV.- LITERATURA REVISADA</b> .....	<b>6</b>
4.1 Biología de la Tilapia .....	6
4.1.1 Clasificación Taxonómica .....	6
4.1.2 Morfología Externa .....	7
4.1.3 Hábitos Alimenticios .....	7
4.1.4 Sistema Digestivo.....	8
4.1.5 Reproducción .....	8
4.1.6 Proporción Sexual .....	9
4.2 Sistemas de Producción.....	10
4.2.1 Clasificación de los sistemas de producción de Tilapias.....	10
4.2.1.1 Cultivo Extensivo .....	10
4.2.1.2 Cultivo Semi-Intensivo.....	10
4.2.1.3 Cultivo Intensivo .....	11
4.2.1.4 Cultivo Super-intensivo.....	11
4.3 Infraestructura de Producción.....	12
4.3.1 Estanques .....	12
4.3.2 Jaulas.....	12
4.3.3 Infraestructura de los Sistemas de Recirculación .....	12
4.3.3.1 El Ciclo del Nitrógeno y los Filtros Biológicos .....	13
4.3.3.2. Tipos de Biofiltros .....	14
4.4 Cultivo de Tilapia.....	16
4.4.1 Reproducción y Larvicultura .....	16
4.4.2 Fase de nursery o pre-engorde .....	18
4.4.3 Engorde.....	18
4.5 Calidad de Agua.....	19
4.5.1 Oxígeno Disuelto .....	19



4.5.2 Temperatura.....	20
4.5.3 pH .....	20
4.5.4 Turbidez .....	21
4.5.5 Amonio no Ionizado (NH <sub>3</sub> ) .....	21
4.5.6 Fertilización .....	22
4.6 Alimentación.....	23
4.6.1 Digestión del alimento .....	23
4.6.2 Requerimientos Nutricionales en el Engorde de la Tilapia .....	24
4.6.3 Principales componentes en la nutrición de tilapia:.....	25
4.6.4 Formulación de Alimentos Acuícolas .....	26
4.6.5 Formas de Alimentar .....	28
4.6.5.1 Alimentación en un solo Sitio:.....	28
4.6.5.2 Alimentación en "L". (Dos orillas del estanque):.....	29
4.6.5.3 Alimentación Periférica: .....	29
4.6.5.4 Alimentadores Automáticos: .....	29
4.6.6 Horas de Alimentación .....	29
4.6.7 Factor de Conversión Alimenticia .....	30
4.6.8 Buenas Prácticas Acuícolas para el Manejo del Alimento.....	30
4.6.9 Tablas de Alimentación .....	31
4.7.3 Entradas de nitrógeno (N <sub>2</sub> ) al Sistema de Cultivo .....	31
4.8 Manejo del cultivo de la tilapia.....	32
4.8.1 Aclimatación y Siembra .....	32
4.8.2 Muestreos Poblacionales.....	33
4.8.2.1 Crecimiento Acumulado.....	33
4.8.2.2 Ritmo de Crecimiento .....	34
4.8.2.3 Tasa de Crecimiento .....	34
4.8.2.4 Sobrevivencia.....	35
4.8.2.5 Rendimiento Productivo.....	35
4.8.2.6 Factor de Conversión Alimenticia .....	36
V.- MATERIALES Y METODOS .....	37
5.1 Localización del Área de Estudio.....	37
5.2 Dispositivo Experimental .....	37
5.2.1 Componentes del filtro.....	37



5.3	Diseño experimental.....	38
5.3.1	Elaboración del Alimento Experimental .....	38
5.3.2	Formulación.....	39
5.3.3	Elaboración del Alimento Experimental .....	40
5.4	Desarrollo del Experimento .....	42
5.4.1	Fertilización .....	42
5.4.2	Recambios de agua.....	42
5.4.3	Fuente de Semilla de tilapias.....	43
5.4.4	Aclimatación y Siembra .....	43
5.4.5	Alimentación.....	43
5.5	Factores Físicos- Químicos .....	44
5.5.1	Temperatura.....	44
5.5.2	pH .....	45
5.5.3	Turbidez .....	45
5.5.4	Amonio no Ionizado.....	46
5.6	Muestreos Poblacionales.....	46
5.6.1	Crecimiento Acumulado.....	46
5.6.2	Ritmos de crecimiento .....	46
5.6.3	Tasa de crecimiento .....	47
5.6.4	Sobrevivencia.....	47
5.6.5	Rendimiento productivo.....	47
5.6.6	Factor Conversión Alimenticio .....	48
<b>VI.-</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>49</b>
6.1	Factores Físicos – Químico .....	49
6.1.1	Temperatura.....	49
6.1.2	pH .....	51
6.1.3	Turbidez .....	52
6.1.4	Amonio no ionizado .....	53
6.2	Muestreos Poblacionales.....	54
6.2.1	Crecimiento Acumulado (CA) .....	54
6.2.2	Ritmo de Crecimiento (RC).....	56
6.2.3	Tasa de Crecimiento (TC) .....	58
6.2.4	Sobrevivencia.....	59



6.2.5 Factor de Conversion Alimenticia (FCA).....	60
6.2.6 Rendimiento Productivo (RP) .....	61
VII.- CONCLUSIONES.....	62
VIII.- RECOMENDACIONES .....	63
IX.- BIBLIOGRAFIA .....	65
X.- ANEXOS .....	70
10.1 Dispositivo Experimental .....	71
10.2 Foto de la hembra y macho tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	72
10.3 Proceso de elaboración del alimento experimental.....	72
10.4 Trasladando los Organismos.....	73
10.5 Alimentación.....	73
10.6 Medición de Factores Físicos-Químicos .....	74
10.7 Muestreos Biológicos .....	74



## I.- INTRODUCCIÓN

La tilapia es la especie más diversificada geográficamente en términos de países productores, por lo que la producción global es menos susceptible a las enfermedades u otros problemas que tienden a concentrarse geográficamente. (Tveteras, 2012)

El mercado mundial de tilapia, como para la mayoría de otras especies acuícolas, es competitivo, lo que implica que los precios en el tiempo tienden a seguir la evolución de los costos de producción. Del 2010 al 2011, la producción mundial de tilapia se estima que creció alrededor de un 4% a 3,23 mtm. En 2012, la producción se prevé que aumentará en un 3% a 3,34 mtm. (Tveteras, 2012)

La tilapia es una especie de gran oferta y demanda en el país, su consumo es el más alto entre las especies del agua dulce. El análisis de mercado está basado en la tilapia común (gris y roja), que es la que se comercializa en el país. En Nicaragua, la tilapicultura en este momento es una actividad que se inicia, sin embargo Honduras sobresale como el productor más importante de tilapia del continente Americano. (Bravo, *et al*, 2003)

Dado el hecho de que en Nicaragua no existe una costumbre generalizada en la población de comer productos del mar, éstos se convierten en rubros con potencial para la exportación; es el caso de la tilapia. En el país existen en la actualidad muy pocos productores de este pez. La producción de este pez en su mayoría es acopiada por la empresa Nicanor, la que saca el producto al mercado internacional en forma de filete y el esqueleto del pez lo procesa para producir harina de pescado. (Lacayo, 2000)

En acuicultura el alimento se lleva más del 60% de los costos de producción, es importante el conocimiento de la nutrición y del manejo alimentario. La tilapia posee un hábito alimenticio de amplio rango, y es un grupo altamente evolucionado, caracterizado por el cuidado de la progenie, los requerimientos



nutricionales son algo diferentes a los de otras especies (Bhuje, 2002). Es por ello que se deben formular alimentos que contengan ingredientes de bajo costo que aporten los requerimientos alimenticios que permiten a los organismos crecer y estar en un estado saludable.

La piscicultura al igual que otras actividades de producción animal genera residuos sólidos y líquidos contenidos en las aguas de descarga de los sistemas productivos, también llamados “efluentes”, siendo éstos comúnmente retornados al medio natural sin previo tratamiento. (Dormon, 2008).

La degradación ambiental causada por los efluentes de la acuicultura, es hoy en día uno de los aspectos de mayor atención. La producción de peces, como cualquier otra producción de organismos vivos, trae consigo algunos impactos al medio ambiente que incluyen desde liberación de excretas, restos de alimento y medicamentos, hasta “contaminantes genéticos” como es el caso de trabajar con algunas especies exóticas. Comúnmente el suministro de alimento es el principal causante del deterioro de la calidad del agua. El aporte de nutrientes en los estanques no es del todo aprovechado y en el momento de la limpieza de fondos o la cosecha, el agua sale con gran cantidad de materia orgánica y es vertida a los ríos o cuerpos de agua naturales. (Dormon, 2008).

Es por ello que en este trabajo de investigación cultivamos tilapias en sistema de recirculación del agua con filtros biológicos como un tratamiento para los efluentes generados de nuestros cultivos con el objetivo de minimizar daños al medio ambiente y mejorar la producción.

Es importante recalcar que la re-utilización del agua en sistemas de recirculación, permite producir mayor cantidad de peces, ubicación del sistema en territorio de clima no apto para determinadas especies en cultivo y también poseer el sistema en cercanías del mercado de comercialización; factores que favorecen la acuicultura. (Anónimo 4, 2006).



En esta investigación hemos comparado el efecto que tiene sobre el crecimiento de las tilapias un alimento experimental cuya fórmula contempla la demanda energética de las tilapias, el bajo costo de los insumos y materias primas, con el efecto que tiene el alimento comercial sobre el crecimiento de tilapias cultivada en sistema de recirculación con filtros biológicos con el propósito de ayudar a los productores a disminuir sus costos de producción, obtener mejores beneficios económicos y productivos del empleo de los alimentos y mejorar la calidad de sus efluentes; sin menoscabo del ambiente.



## II.- OBJETIVOS

### GENERAL:

Determinar el efecto de dos dietas de alimentación (Comercial y Experimental al 30% de proteína) sobre el crecimiento de las tilapias (*Oreochromis niloticus*) en sistemas de recirculación con filtros biológicos.

### ESPECÍFICOS:

1. Evaluar los factores físicos-químicos (Temperatura, pH, Turbidez y Amonio) del agua de cultivo de tilapias en condiciones experimentales.
2. Calcular el crecimiento de las tilapias expresados como Crecimiento Acumulado, Ritmo de Crecimiento, Tasa de Crecimiento en condiciones experimentales.
3. Comparar la Supervivencia, Rendimiento Productivo, Factor de Conversión Alimenticias, de las tilapias al consumir dos tipos de alimento: comercial y experimental.



### **III.- HIPÓTESIS**

**Ho:** No hay diferencia entre el crecimiento de las tilapias que utilizaron alimento comercial, con respecto a las tilapias que se alimentaron con alimento experimental.

**Ha:** Hay diferencia entre el crecimiento de las tilapias que utilizaron alimento comercial, con respecto a las tilapias que se alimentaron con alimento experimental.



## IV.- LITERATURA REVISADA

### 4.1 Biología de la Tilapia

Es un pez teleósteo, del orden perciforme, de la familia Cichlidae. Originario de África habita regiones tropicales y sub tropicales del mundo donde le brindan condiciones favorables para su reproducción y crecimiento. (NICOVITA,2002).

La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es una de las más comunes las especies de cría de tilapia en el mundo. Es de rápido crecimiento de especies que pueden vivir en diferentes tipos de aguas, lagos y ríos de aguas residuales a canales. Se considera una especie de agua dulce y con tolerancia alta en condiciones salobres también. (Mundo Tilapia, 2001)

#### 4.1.1 Clasificación Taxonómica

Phylum:	Vertebrata
Sub Phylum:	Graneata
Súper clase:	Gnostomata
Serie:	Picis
Clase:	Teleastomi
Sub clase:	Actinosterigi
Orden:	Perciformes
Sub orden:	Percoidei
Familia:	Cichlidae
Género:	Oreochromis
Especie:	<i>O. niloticus</i>

(Cantor, 2007)



#### **4.1.2 Morfología Externa**

Cuerpo comprimido; la profundidad del pedúnculo caudal es igual a su longitud. Escamas cicloideas. Protuberancia ausente en la superficie dorsal del hocico. La longitud de la quijada superior no muestra dimorfismo sexual. El primer arco branquial tiene entre 27 y 33 filamentos branquiales. La línea lateral se interrumpe. Espinas rígidas y blandas continuas en aleta dorsal. Aleta dorsal con 16 ó 17 espinas y entre 11 y 15 rayos. La aleta anal tiene 3 espinas y 10 u 11 rayos. Aleta caudal trunca. Las aletas pectoral, dorsal y caudal adquieren una coloración rojiza en temporada de desove; aleta dorsal con numerosas líneas negras. (FAO, 2009)

#### **4.1.3 Hábitos Alimenticios**

Todas las Tilapias tienen una tendencia hacia hábitos alimenticios herbívoros, a diferencia de otros peces que se alimentan o bien de pequeños invertebrados o son piscívoros. (Alamilla, 2001).

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. (Anónimo 1,2001).

Debido a la diversidad de alimentos que varían desde vegetación macroscópica (pastos, hojas, plantas sumergidas) hasta algas unicelulares y bacterias, los dientes también muestran variaciones en cuanto a dureza y movilidad. (Alamilla, 2001)

A pesar de la heterogeneidad en relación a sus hábitos alimenticios y a los alimentos que consumen, las Tilapias se pueden clasificar en tres grupos principales: Especies Omnívoras, Fitoplanctófaga y Herbívoras. (Alamilla, 2001)



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 1,2001).

#### **4.1.4 Sistema Digestivo**

El sistema digestivo de la tilapia se inicia con la boca, que presenta en su interior dientes mandibulares que pueden ser un cúspides, bicúspides y tricúspides según las distintas especies; continua el estómago; el intestino es de forma tubo hueco y redondo que se adelgaza después del píloro, diferenciándose en dos partes: una anterior cortada que corresponde al duodeno y una posterior más grande de menor diámetro.

El intestino es siete veces más largo que la longitud del cuerpo característica que predomina en las especies herbívoras. Junto con el tracto digestivo, presenta dos glándulas muy importantes, siendo una de ellas el hígado, que es un órgano grande de tamaño y forma alargada. En su parte superior y sujeta a este, se presenta una estructura pequeña y redonda de coloración verdosa llamada vesícula biliar, la cual se comunica con el intestino por un pequeño y diminuto tubo, el cual recibe el nombre de conducto biliar por el que se vierte un líquido verdoso llamado bilis, que facilita el desdoblamiento de los alimentos.

La otra glándula importante es el páncreas, cuya forma se presenta en pequeños fragmentos redondos, dificultándose su observación simple vista por estar incluida la grasa que rodea a los ciegos pilóricos. (González, 2004)

#### **4.1.5 Reproducción**

Es una especie muy prolifera, a edad temprana y tamaño pequeño. El huevo de mayor tamaño es más eficiente para la eclosión y fecundidad. El tipo de



reproducción es dioica y el sistema endocrino juega un papel importante en la regulación de la reproducción. La diferenciación de las gónadas ocurre en etapas tempranas, entre los 16 y 20 días de edad (tomando como referencia el primer día que deja de ser alevín). Posteriormente, las gónadas empiezan a definirse como masculinas o femeninas, éstas últimas se desarrollan entre 7 a 10 días antes que las masculinas. Alcanza la madurez sexual a partir de 2 o 3 meses de edad con una longitud entre 8 y 18 cm. El fotoperiodo, la temperatura (la cual debe permanecer arriba de 24°C durante el periodo de maduración) y en presencia del sexo opuesto son factores que influyen en la maduración sexual.

El número de huevos que pone una hembra es en relación al cuadrado de su longitud en centímetros [# huevos/postura = (largo de la hembra en cm)<sup>2</sup>]. Así una hembra de 20 cm de largo pondría aproximadamente 400 huevos en cada postura. Una de 30 cm de largo total pondría cerca de 900 huevos. Una hembra puede poner huevos a intervalos de 4 a 5 semanas, mientras la temperatura del agua está arriba de 22°C. Bajo condiciones óptimas, la hembra puede poner a intervalos más breves aún. (Cantor, 2007).

#### **4.1.6 Proporción Sexual**

Se recomienda trabajar con una relación de 2 a 1 de hembras con respecto a macho, e incluso una relación de 3 a 1 daría buenos resultados. El tamaño entre ambos sexos debe ser lo más parejo, se suele cruzar a las hembras con machos de menor edad, con la finalidad de evitar el maltrato del macho a la hembra. (Hurtado, 2005)

El Macho presenta las siguientes partes anatómicas externas:

- Poro Urogenital y ano.

La Hembra presenta las siguientes partes anatómicas externas:

- Uréter, Oviducto y ano. (Anónimo 3, 2005).



## **4.2 Sistemas de Producción**

La cantidad de organismos por unidad de superficie ( $m^2$ ) o bien de volumen de agua ( $m^3$ ) representa una variable controlable que permite definir el tipo de cultivo pudiendo ser desde extensivo a hiperintensivo. En forma práctica se pueden clasificar los tipos de cultivo con respecto a la densidad de siembra como sigue:

### **4.2.1 Clasificación de los sistemas de producción de Tilapias**

#### **4.2.1.1 Cultivo Extensivo**

Este tipo de cultivo requiere escasa inversión, principalmente porque se capturan del medio en que se desarrolla un importante porcentaje de nutrientes, necesarios para su dieta.

Para la estimulación de la productividad primaria del sistema, es común hacerlo mediante la fertilización orgánica de abonos animales y subproductos agrícolas.

De este modo, las densidades de cultivo son de 1 - 2 peces /  $m^3$ , dependiendo del tamaño comercial establecido. Las producciones alcanzadas varían en torno a los 2 a 3 Ton/ha/año (tonelada x hectárea x año).

#### **4.2.1.2 Cultivo Semi-Intensivo**

Este sistema requiere recambios de agua, cada semana, del 50 al 60%. Siempre será necesario incorporar sistemas de filtración, para eliminar especies ajenas al cultivo, como por ejemplo, chímbolos, plateada, guapote tigre, etc.

La alimentación, consiste en suministrar alimento artificial, con niveles de proteína acorde a la etapa del ciclo. La densidad de cultivo varía entre 3 y 8 peces /  $m^3$  y se generan rangos de producción de 15 a 32 ton/ha/año (tonelada x hectárea x año), para factores de conversión alimenticia de 1.3 a 1.5 peces.



#### **4.2.1.3 Cultivo Intensivo**

Para manejar un cultivo intensivo de tilapia, se requieren pilas de concreto que midan entre 100 a 500 m<sup>2</sup> o estanques de 500 a 3,000 m<sup>2</sup>.

Al cultivo siempre se le incorpora un sistema de aireación, que funciona regido por el grado de intensidad de oxígeno. Este sistema está condicionado por la disponibilidad y calidad del agua.

También es necesario contar con fuentes de agua, sistemas de bombeo, agua, reciclaje y aireadores que garanticen la producción. La alimentación se basa en productos artificiales que contienen niveles de proteína cercanos al 28 y 40%. La presentación del alimento (harinas, pellet, granulado, etc.) debe concordar con el tamaño del pez.

Las densidades de siembra de los peces rondan los 10 a 15 peces / m<sup>3</sup> mientras que la producción puede alcanzar de 30 a 45 ton/ha/año-toneladas x hectárea x año. Los factores de conversión alimenticia es de 1.4 a 1.6.

#### **4.2.1.4 Cultivo Super-intensivo**

En éste sistema se usan pilas de concreto de 100-500 m<sup>2</sup> o jaula flotante de 48-180 m<sup>3</sup>. Diariamente, los recambios de agua son continuos.

Las densidades de siembra de peces son de 30 a 100 peces / m<sup>3</sup>. Para el desarrollo de la piscicultura super-intensiva, se requiere un recambio de agua del 700%, con una producción de 90-300 ton/ha/año (toneladas x hectárea x año).

La conversión alimenticia es de 1.6 a 2.0 y debe tener aireación de 8 HP/1,000 m<sup>2</sup> (caballos de fuerza x metro cuadrado). (Tsang S, *et al*, 2008)



### **4.3 Infraestructura de Producción**

La tilapia puede ser cultivada en diferentes medios tales como: jaulas, raceways, tanques, estanques, lagunas, reservorios o represas, canales de riego, etc., siendo los estanques el medio más común. Por lo general se le utiliza a este organismo para monocultivo, aunque también se ha utilizado en policultivo especialmente cuando la tilapia es la especie de importancia secundaria. (NICOVITA, 2002)

#### **4.3.1 Estanques**

Para el cultivo de tilapia en estanques se deben tener en consideración ciertas características como tamaño, ubicación, drenaje, etc. de especial importancia es el tamaño del estanque ya que permite que el cultivo de tilapia se pueda llevar a cabo en diferentes grados de intensidad.

#### **4.3.2 Jaulas**

El cultivo de tilapia en jaulas puede desarrollarse en canales, lagunas, esteros, etc. Las características del medio en donde se instalarán las jaulas van a depender de la intensificación del cultivo y el tipo de jaula a utilizar. En jaulas con un alto recambio (15-25 centímetros / segundo) se pueden lograr producciones de 80 a 100 kg/m y factores de conversión de 1,6 a 1,8 para peces de 700 a 800 gramos y crecimientos de 3 a 4 gramos / día. (NICOVITA, 2002).

#### **4.3.3 Infraestructura de los Sistemas de Recirculación**

Los principales componentes de los sistemas de recirculación consisten en tanques de crecimiento de peces, un artefacto para la remoción de sólidos, un bio-filtro, un aireador o generador de oxígeno y una unidad desgasificadora. Algunos sistemas aplican procesos de tratamiento adicionales, tales como ozonificación, desnitrificación y fraccionamiento de espumas. Generalmente, los tanques de engorda son circulares para facilitar la remoción de sólidos, aunque



los tanques octagonales y los tanques cuadrados cuando tienen las esquinas redondeadas, constituyen una alternativa adecuada con un mejor aprovechamiento del espacio.

En sistemas oxigenados, se establece una etapa de aireación vigorosa para liberar el dióxido de carbono hacia el ambiente. Los tiempos de retención en los tanques de engorda son relativamente cortos (vigorosamente de una hora) para remover desperdicios metabólicos a ser tratados y regresar agua de alta calidad. La mayoría de los sistemas de recirculación están diseñados para sustituir entre el 5 y el 10 por ciento del volumen del sistema cada día, reponiéndola con agua nueva o fresca. Este volumen de recambio impide la acumulación de nitratos y de materia orgánica soluble que eventualmente causaría problemas.

Los niveles de producción en sistemas de recirculación varían de 60 a 120 kg/m<sup>3</sup> del volumen de los tanques de engorda, o más. El suministro de alimentos y otros factores para estimular la producción influyen en la relación producción/capacidad (P/C), es decir en la razón producción del sistema/capacidad máxima de sostenimiento). En el caso de tilapia, es factible una tasa P/C >4,5 tomando en cuenta que para garantizar la rentabilidad, las tasas generalmente deben exceder un valor de >3. (FAO, 2009)

#### **4.3.3.1 El Ciclo del Nitrógeno y los Filtros Biológicos**

Los filtros biológicos son importantes, porque en ellos se lleva a cabo la oxidación de los compuestos nitrogenados y es donde se transforma el amoníaco (compuesto altamente tóxico) en nitritos y nitratos (menos tóxico) mediante el ciclo del nitrógeno. El amoníaco debido a su toxicidad, es importante eliminarlo del sistema, lo cual se logra mediante la oxidación, biodegradación y nitrificación de las bacterias que se encuentran en los filtros biológicos en donde se lleva a cabo, parte del ciclo del nitrógeno.



Durante la filtración biológica el nitrógeno ( $N_2$ ) que es incorporado al sistema, proviene de dos fuentes: una es la atmósfera y la otra es orgánica, producto de las proteínas y los aminoácidos generados en forma de excrementos y residuos como tejidos muertos, etc. mismos que se descomponen, principalmente en amoníaco ( $NH_3$ ).

Por medio de la amonificación, el amoniaco se disuelve en el agua formando hidróxido de amonio, mismo que es susceptible a los cambios de temperatura, de pH y de salinidad. Con la presencia de las *Nitrosomonas* se lleva a cabo la nitrificación, las bacterias consumen el hidróxido de amonio en presencia de oxígeno y lo transforman en nitritos ( $NO_2$ ). Las bacterias, *Nitrobacter* continúan el proceso de nitrificación convirtiendo los nitritos en energía y en nitratos ( $NO_3$ ). Este proceso es continuo y con el tiempo los nitratos ( $NO_3^-$ ) se acumulan en el sistema, por lo que es recomendable realizar recambios periódicos del 1 al 10% del agua. (Trasviña, *et al*,2007).

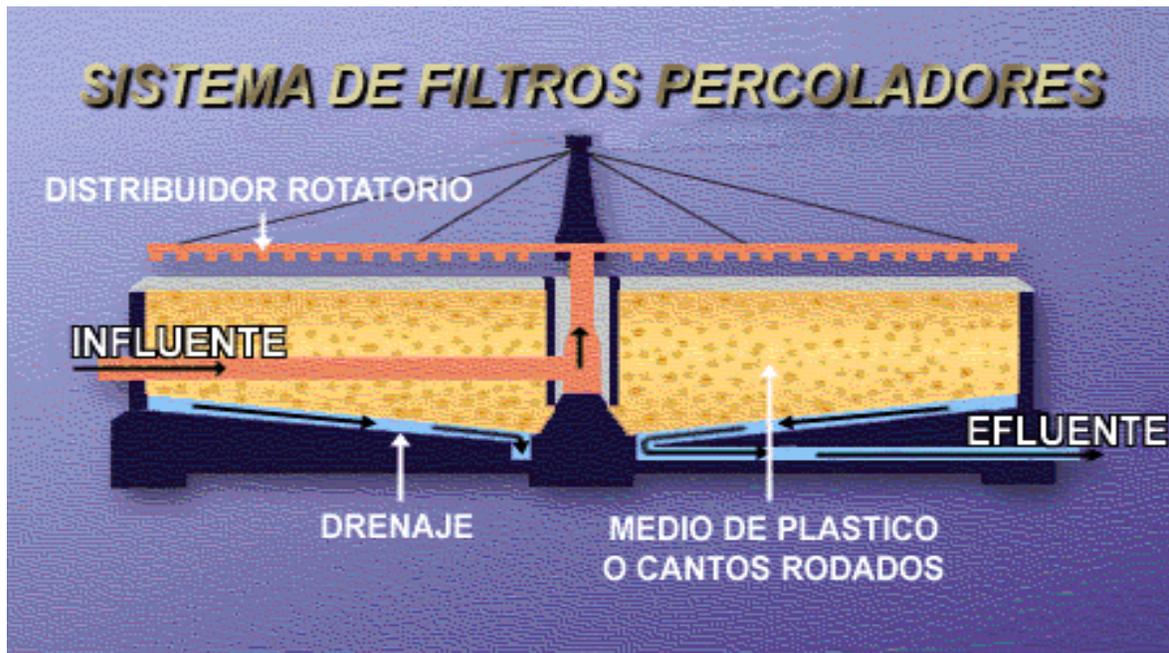
#### 4.3.3.2 Tipos de Biofiltros

##### **Biofiltro Percolante:**

Filtros percoladores consisten normalmente en un embalaje o los medios de comunicación contenida en un recipiente. El agua residual fluye hacia abajo por sobre el medio y mantiene la película bacteriana mojada, pero nunca completamente sumergida. La superficie de los medios de comunicación o de embalaje proporciona el sustrato para el crecimiento de una biopelícula. En algunos sistemas, el aire es forzado en el filtro con un ventilador.



Imagen 1. Filtro Percolante

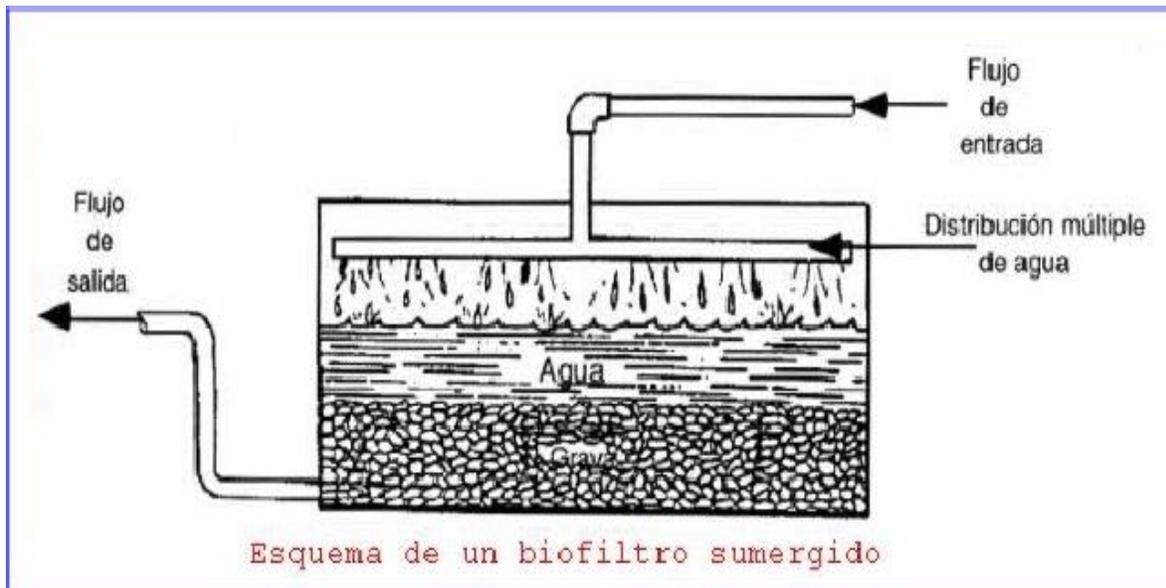


### **Biofiltro sumergido:**

Consiste en un lecho de medio de soporte sobre el cual se desarrollan las bacterias nitrificantes, a través de la cual pasa el agua residual. Este está ubicado fuera de los estanques y es llenado con un sustrato generalmente rocoso. Los sólidos se pueden acumular dentro del filtro sumergido, junto con la masa celular producto del crecimiento de bacterias nitrificantes y heterotróficas, este proceso puede eventualmente bloquear los espacios vacíos, y entonces, en una operación a largo plazo, debe usarse algún mecanismo para desaguar los sólidos del filtro. Tradicionalmente se usan medios de gran tamaño, como roca partida uniformemente por sobre los 5cm de diámetro o de plástico por sobre los 2.5cm de diámetro, para proveer grandes espacios vacíos para prevenir el atascamiento. El agua residual corre a través del sustrato donde las bacterias comienzan a romper y a oxidar los productos de desecho y convertirlos en simples productos inorgánicos. El flujo puede ser desde la superficie hacia abajo, desde el fondo a la superficie o también en sentido horizontal.



Imagen 2. Filtro Sumergido.



(Vásquez A. 2011).

#### 4.4 Cultivo de Tilapia

Puede dividirse, como en todo cultivo acuícola, en cuatro fases: reproducción, producción de larvas (larvicultura); etapa de pre-engorde o de nursery y fase de engorde final. (Anónimo 2, 2004).

##### 4.4.1 Reproducción y Larvicultura

La fecundidad de esta especie es baja, pero de todas formas debido a sus múltiples desoves (especialmente en el trópico) se produce superpoblación en los estanques antes de alcanzar el peso y talla de mercado; aunque ellos se producen en menor cantidad en nuestro subtrópico. También puede manifestarse “enanismo” cuando se realizan cultivos de ambos sexos (al reproducirse en los estanques y cambiar la densidad inicial del cultivo). La superpoblación puede prevenirse o por reversión sexual previa y por control, o por realización de cultivo en jaulas suspendidas; ya que, en estas últimas, los huevos caen a través del fondo de la malla del contenedor, antes de que la hembra pueda recuperarlos para su incubación bucal.



El mejor cultivo a escala comercial es aquel que realiza los engordes de ejemplares exclusivamente “todos machos” (>95% machos). Estos cultivos no solo previenen la reproducción en los estanques, sino que los machos muestran mejor crecimiento que las hembras. La técnica más conocida para lograrlo es la denominada de “reversión sexual”, ampliamente utilizada y que permite trabajar de esta forma.

La hibridación también ofrece resultados positivos y asimismo la separación manual, por descarte de las hembras, una vez adquirida su práctica.

La reproducción se lleva a cabo en pequeños tanques artificiales, se colocan los reproductores de 0,3 a 0,7 kg/m<sup>2</sup>, con un recambio de agua suave y una tasa de 2-3 hembras por cada macho. Las larvas son en general retiradas de la superficie del agua, iniciándose la recolección, unos 10 días posteriores a la siembra inicial. Cada uno de los tanques se vacía y recicla posteriormente a cada producción, debido a que podrían quedar larvas de escapes anteriores que ingerirán a las pequeñas larvas, recién nacidas. En general, en el trópico, se produce 1 larva por cada gramo de peso de cada hembra reproductora (1 millón anual de larvas x cada 100 kg de hembras y 30-50 kg de machos).

**Separación manual de sexos:** El sexado manual se hace inspeccionando la papila genital de los juveniles. En la tilapia nilótica es más dificultoso separar los sexos por medio de observación de la papila, y se necesita que, al menos, pesen entre 25 a 30 g para obtener éxito. Trabajando en campo, se puede obtener una seguridad del 95%. Este método, evidentemente no requiere de esteroides y no posee las desventajas de la hibridación.

**Reversión sexual:** Durante este proceso, se administra un esteroide masculino a las larvas recién nacidas que poseen entonces tejido gonadal aún no-diferenciado; por lo que estas hembras genéticas, desarrollan tejido testicular; produciendo individuos que crecen y funcionan reproductivamente como machos. La reversión



sexual se cumple por medio de la ingestión oral de la hormona administrada. El procedimiento deberá iniciarse antes de la diferenciación del tejido gonadal primario, dentro del tejido del ovario que, en condiciones de temperatura de 24 a 28°C se produce en la tilapia nilótica a una talla de solo 11-13 mm y unas 3-4 semanas de nacidas.

#### **4.4.2 Fase de nursery o pre-engorde**

Cuando se completa la reversión sexual, los ejemplares pesan alrededor de 0,15 a 0,8 g. Previo al engorde, se los lleva a mayor tamaño. Esta metodología es más eficiente y se utilizan mejor los espacios y la sobrevivencia será también mayor.

En el trópico, la fase de pre-engorde dura entre 5 a 13 semanas, según la talla final que se requiera (por lo que en el subtrópico argentino será más extenso el período).

El peso final no deberá ser menor a los 10 g y nunca exceder los 50 g (dependiendo del sexado efectuado) y no es importante si el cultivo es en jaulas.

#### **4.4.3 Engorde**

Esta fase abarca desde un manejo simple hasta técnicas complicadas. Estrategias simples son las de control de la calidad de agua, así como del valor nutricional del alimento complementario, cuando los niveles de producción son bajos. Mayor control, con alimento de mayor valor nutricional, aumenta el costo de los peces a la cosecha. Desde el bajo nivel de manejo al de mayor intensidad, existen varios niveles de producción, cada uno con su diferente manejo; y ello estará de acuerdo a la infraestructura disponible, herramientas de manejo, disponibilidad de capital, costos y disponibilidad de nutrientes, valor en el mercado, etc. En general, las pequeñas operaciones de tipo comercial, con limitado capital o sin nutrientes disponibles de alta calidad, proveen la base a medianas producciones hasta alcanzar las grandes producciones (a gran escala) con alta inversión, intensivas y con alto aporte de nutrientes. (Anónimo 2, 2004).



## 4.5 Calidad de Agua

Calidad de agua en acuicultura puede definirse como la conveniencia del agua para el desarrollo de un cultivo acuícola.

La calidad del agua incluye todos los parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan un cuerpo de agua. Todas las especies cultivables requieren de normas de calidad de agua para asegurar su supervivencia, crecimiento o maduración sexual. (Herrera, 2012).

### 4.5.1 Oxígeno Disuelto

Es el requerimiento más importante, al igual que la temperatura, para los cultivos de las especies hidrobiológicas. Su grado de saturación es inversamente proporcional a la altitud y directamente proporcional a la temperatura y el pH. El rango óptimo está por encima de las 4 ppm medido en la estructura de salida del estanque. (Cantor, 2007)

La Tilapia puede vivir en condiciones ambientales adversas debido precisamente a que soporta bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Ello se debe a la capacidad de su sangre a saturarse de oxígeno aún cuando la presión parcial de este último sea bajo. Asimismo, la Tilapia tiene la facultad de reducir su consumo de oxígeno cuando la concentración en el medio es baja (inferior a 3 mg/L). Finalmente, cuando esta concentración disminuye aún más, su metabolismo se vuelve anaeróbico. (Alamilla, 2001).

Exposiciones prolongadas a valores bajos de oxígeno disuelto provoca lo siguiente:

- Disminuye la tasa de crecimiento del animal.
- Aumenta la conversión alimenticia (relación alimento consumido/aumento de peso).
- Se produce inapetencia y letargia.
- Causa enfermedad a nivel de branquias.



- Produce inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades.
- Disminuye la capacidad reproductiva.

(NICOVITA, 2002)

#### 4.5.2 Temperatura

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

El rango óptimo de temperatura es de 28-32°C. Cuando la temperatura disminuye a los 15°C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12°C los peces no sobreviven mucho tiempo. (Anónimo 3, 2005).

Debajo de 23°C su desarrollo es lento o retardado debido a un descenso en su tasa metabólica. Cuando la temperatura del agua sobrepasa los 32°C, los peces y camarones tendrán metabolismos muy acelerados. Aunque su crecimiento puede ser muy rápido, el agua caliente no tiene mucha capacidad de mantener oxígeno en solución, a pesar de que es un momento cuando el pez o camarón requiere una gran cantidad de oxígeno para sostener su tasa elevada de metabolismo. (Meyer, 2003).

#### 4.5.3 pH

Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno. El pH indica cuán ácida o básica es el agua (Boyd, 2004); recopilado por: (Herrera, 2012). El pH del agua depende principalmente de la concentración de carbonatos, bicarbonatos y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) un alto contenido de CO<sub>2</sub> puede causar valores de pH ácidos, afectando el crecimiento de los peces. El rango de pH adecuado para tilapia es de 6.5 - 8.5. (MAG, 2001).



Valores por encima o por debajo, causan cambios de comportamiento en los peces como letárgia, inapetencia, retardan el crecimiento y retrasan la reproducción.

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

Cuando se presentan niveles de pH ácidos, el ion  $Fe^{+}$  se vuelve soluble afectando las células de los arcos branquiales y por ende, disminuyendo los procesos de respiración, causando la muerte por anoxia (asfixia por falta de oxígeno). (NICOVITA, 2002)

#### **4.5.4 Turbidez**

Es una medida de la cantidad de material en suspensión en el agua se utiliza el disco de Secchi para determinar la visibilidad en el agua, registra la profundidad del agua a la cual desaparece el disco de la vista. Se recomienda como un buen parámetro de turbidez mantener la lectura del disco entre 40-45 cm. (Martínez, 2008)

#### **4.5.5 Amonio no Ionizado ( $NH_3$ )**

Es un producto de la excreción, orina de los peces y de la descomposición de la materia (degradación de la materia vegetal y de las proteínas del alimento no consumido). El amonio no ionizado (en forma gaseosa) y primer producto de excreción de los peces es un elemento tóxico.

La toxicidad del amonio en forma no ionizada ( $NH_3$ ), aumenta con una baja concentración de oxígeno, un pH alto (alcalino) y una temperatura alta. En pH's bajos (ácidos) no causa mortandades. (Valores cercanos a 2 ppm son críticos). El amonio es tóxico, ya que depende del pH y la temperatura del agua. (Toledo, 2005). La Tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus* puede tolerar niveles altos que



van desde 1.1 a 4.1 mg/L de  $\text{N-NH}_3$  durante largos periodos de tiempo (hasta 96 horas), mostrando una mortalidad del 50%. (Ingle de la Mora *et al*, 2003).

El amoniaco es muy tóxico para los peces mientras el amonio ionizado es relativamente inocuo, excepto a niveles muy elevados. Concentraciones de amoniaco tan bajas como 1 a 2 mg/L pueden ser letales para los peces. Con 0.3mg/L de amoniaco en el agua, se puede impedir el crecimiento y normal desarrollo de los organismos acuáticos. (Meyer, 2003).

Una concentración alta de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, afecta el balance de las sales, produce lesiones en órganos internos, inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades, reducción del crecimiento y la supervivencia, exoftalmia (ojos brotados) y ascitis (acumulación de líquidos en el abdomen). (Toledo, 2005)

Cuando se cultivan los peces y camarones a muy elevada densidad de siembra y con alimento concentrado con alto nivel de proteína cruda, habrá eventualmente, una acumulación de amoníaco en el agua del recipiente. La remoción del exceso de amoníaco es logrado por procesos biológicos naturales (oxidación del  $\text{NH}_4^+$  a nitritos y a nitratos), la remoción de los desechos sólidos del sistema (alimento no consumido y material fecal) mecánicamente (filtración de los sólidos o sedimentación), o por dilución (cambiar todo o parte del agua en el sistema). (Meyer, 2003).

#### **4.5.6 Fertilización**

Los fertilizantes son sustancias naturales o sintéticas que se usan en los estanques para aumentar la producción de organismos alimenticios naturales, que son consumidos por los peces. Tales organismos son principalmente fitoplacton, zooplancton e insectos. Todos ellos forman parte de una cadena alimentaria compleja que culmina en la producción de peces. Incrementando la disponibilidad de nutrientes limitantes más importantes en los sistemas acuáticos como son el



fósforo y el nitrógeno (P y N) los fertilizantes promueven el desarrollo de algas planctónicas que brindan alimento y oxígeno a muchos peces.

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)

#### **4.6 Alimentación**

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).

La tilapia es un pez tropical que vive a niveles de temperatura altos. Cuanto más elevada sea la temperatura del agua, el apetito de las tilapias tiende a incrementarse. (Tsang S, *et al* 2008).

##### **4.6.1 Digestión del alimento**

La digestibilidad de los alimentos dependerá de los medios que posea el pez para fragmentarlos, así como de sus enzimas para digerirlos. En especies herbívoras estos últimos son muy fuertes, lo que les permite mayor trituración del alimento que ingieren, factor que les ayuda a su digestión.

Las tilapias poseen un rango amplio de enzimas digestivas en asociación con la gran producción de alimentos que pueda consumir; ciertas evidencias manifiestan que la producción de las diferentes enzimas secretadas por los peces, varían de acuerdo a la naturaleza del alimento, así mismo el pez puede beneficiarse de las



enzimas que contiene el alimento que consume. El uso más importante del alimento absorbido es para su crecimiento y mantenimiento. El exceso de alimento es almacenado en forma de grasa una vez satisfecho su requerimiento energético.

Las aguas ácidas disminuyen el apetito de las tilapias, y a esto se debe el pobre crecimiento de los peces. Un alimento finamente molido será más digerible y por lo tanto mejor aprovechado por las tilapias para su desarrollo y crecimiento.

Para una buena digestión, es importante el número de raciones a proporcionar por día. Cuando se tienen cantidades ilimitadas de alimento, los peces lo consumen más rápidamente que cuando tienen una cantidad limitada. Esto significa una digestión menos completa, ya que el alimento pasa muy rápido por el intestino, siendo una tasa de conversión menor en la utilización de este. Para una buena digestión es conveniente proporcionar a los peces el alimento de 4 a 5 raciones al día para todas las etapas de su crecimiento y engorda. (González, 2004)

La alimentación adecuada de los peces será determinante en el éxito de la crianza en términos de beneficio / costo siendo el alimento balanceado en este caso el insumo más costoso y cuyo suministro a los peces no puede ser carente ni excesivo.

#### **4.6.2 Requerimientos Nutricionales en el Engorde de la Tilapia**

Se ha observado que dietas conteniendo 27 y 35% de proteína cruda son apropiadas para el crecimiento de la tilapia nilótica cultivada en sistemas de recirculación de agua. Desde el punto de vista de rentabilidad, los productores de tilapia pueden elegir el nivel más bajo de este rango, 25-27%.

Comparada con otras especies, la tilapia es más eficiente en la utilización de carbohidratos que de lípidos para la producción de energía. Un estudio ha



mostrado que dietas para tilapia basadas en almidón, son mejores que aquellas basadas en glucosa. Los almidones alfa, puede ser una fuente de cadenas cortas de ácidos grasos antes de su fermentación intestinal en la tilapia nilótica. De forma diferente a otros peces de agua dulce, que requieren ácidos grasos  $\Omega$ -3, la tilapia requiere ácidos grasos  $\Omega$ -6. Puede sintetizar vitamina B12 en su intestino, de manera que no necesita esta vitamina en el alimento. En agua dulce, necesitan Ca, P, Mg y algunos otros minerales, aunque la información respecto a minerales y vitaminas es limitada.

Los alimentos comerciales son utilizados como alimentos suplementarios en muchos países donde el uso de alimentos completos tiene una rentabilidad limitada. (Bhuje, 2002).

#### **4.6.3 Principales componentes en la nutrición de tilapia:**

**Proteínas:** El nivel de proteínas que produce máximo crecimiento disminuye con el incremento del peso del pez. El suplemento de proteína en el alimento para el cultivo intensivo de tilapia, es más del 50% del costo total del alimento. El nivel de proteína en la dieta la cual produce máximo crecimiento se ve influenciado por múltiples factores como son:

- a. El contenido de energía en la dieta.
- b. El estado fisiológico del pez (edad, peso y madurez).
- c. Factores ambientales (temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto).
- d. La calidad de la proteína (nivel y disponibilidad de aminoácidos esenciales).
- e. Tasa de alimentación.



**Tabla 1: Porcentajes de proteínas según el peso del pez**

Rango de peso del pez (gr)	Nivel óptimo de proteína (%)
Larva a 0.5	40-45%
0.5 a 10	40-35%
10 a 30	30-35%
30 a 250	30-35%
250 a talla de mercado	25-30%

(NICOVITA, 2002)

**Lípidos:** Los lípidos constituyen el mayor recurso energético (hasta 2.25 veces más que la proteína), y está muy ligado al nivel de proteína en la dieta. Los lípidos en el alimento para tilapia tienen dos funciones principales.

- ✓ Como fuente de energía metabólica.
- ✓ Como fuente de ácidos grasos esenciales.

**Vitaminas:** La mayoría de las vitaminas no son sintetizadas por el pez, por lo tanto deben de ser suplidas en una dieta balanceada. Las vitaminas son importantes dentro de los factores de crecimiento, ya que catalizan todas las reacciones metabólicas. Los peces de aguas cálidas requieren entre 12 y 15 vitaminas en su dieta. El nivel de vitaminas utilizadas va a variar dependiendo del sistema de cultivo empleado.

**Minerales:** Los minerales son importantes ya que afectan los procesos de osmorregulación (intercambio de sales). También influyen en la formación de huesos, escamas y dientes. (Cantor, 2007)

#### **4.6.4 Formulación de Alimentos Acuícolas**

Para la formulación de un alimento, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones: hábitos alimenticios de la especie, comportamiento de alimentación, requerimientos de nutrientes, selección de ingredientes y disponibilidad de materias primas. En el caso de peces y crustáceos es esencial que los ingredientes sean finamente molidos, de tal manera que pasen a través de mallas finas. Después del tamizado, el alimento no debe contener gránulos



superior o inferior a los especificados. El pulverizado de la materia prima garantiza la homogeneidad del contenido de nutrientes en los pellets. En forma general, la partícula de alimento debe tener una relación con la abertura de la boca del pez de 1:0.4-0.6.

En la preparación de los alimentos balanceados se utiliza como fuente de proteínas de origen animal las harinas de pescado, pescado crudo, harinas de sangre, harinas carne y hueso. Este tipo de ingredientes solo contribuyen a la calidad de la proteína (perfil de aminoácidos).

Como ingredientes de origen vegetal se emplean harinas de soya, trigo (gluten), de algodón, harinas de subproductos de maíz. Las proteínas de origen vegetal contribuyen en gran medida al total de proteínas de la dieta y se caracteriza por su alta solubilidad en el agua y la deficiencia de algunos aminoácidos (metionina y cisteína).

Los alimentos para animales acuáticos deben tener propiedades estables debido a que en este ambiente, los alimentos sufren un rápido deterioro y disgregación de sus elementos constitutivos, si estos no son protegidos y aglutinados adecuadamente. (Arroyo, 2008)

**Tabla 2: Tabla de Alimentación para tilapia.**

<b>Edad (semanas)</b>	<b>Peso Promedio (gramos)</b>	<b>Crecimiento Diario (gr/día)</b>	<b>Alimento Diario (% de peso)</b>	<b>Conversión Alimenticia</b>
0	1		15	0.83
1	3	0.27	10	0.85
2	5	0.27	8	0.85
3	7	0.34	5.8	0.86
4	10	0.36	5.7	0.9
5	13	0.46	5.5	0.9
6	17	0.58	5.1	0.9
7	22	0.71	5.1	0.91



8	29	0.93	5.0	0.95
9	37	1.14	4.5	0.98
10	46	1.29	4.3	0.98
11	56	1.51	4.2	1.0
12	69	1.79	4.1	1.03
13	83	2.07	4.0	1.03
14	100	2.43	4.0	1.1
15	120	2.85	3.5	1.15
16	140	2.86	3.4	1.15
17	162	3.14	3.2	1.25
18	184	3.14	2.9	1.25
19	207	3.29	2.8	1.26
20	231	3.43	2.6	1.28
21	256	3.57	2.4	1.28
22	282	3.71	2.3	1.28
23	309	3.85	2.2	1.3
24	337	4.0	2.1	1.37
25	355	4.0	1.9	1.37
26	393	4.0	1.8	1.37
27	422	4.14	1.7	1.37
28	451	4.14	1.6	1.37

(NICOVITA, 2002)

#### 4.6.5 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:

##### 4.6.5.1 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 incremente el porcentaje de peces pequeños. Este tipo de alimentación en un solo sitio, es altamente eficiente en sistemas intensivos (300 a 500 peces m<sup>2</sup>). 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.



#### **4.6.5.2 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.

#### **4.6.5.3 Alimentación Periférica:**

Se realiza por todas las orillas del estanque y se recomienda para peces mayores a 3.5274 onzas, dado que por encima de este peso se acentúan los instintos territoriales de estos animales, en varios sitios del estanque.

#### **4.6.5.4 Alimentadores Automáticos:**

Existen muchos tipos de comederos automáticos, como el de péndulo, con 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. (Flores, 2010).

#### **4.6.6 Horas de Alimentación**

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 consumo 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 super-intensivo el alimento debe permanecer menos de 1 a 1.5 minutos.



#### 4.6.7 Factor de Conversión Alimenticia

El Factor de Conversión Alimenticia (FCA)= alimento suministrado/ganancia de peso. 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. (Saavedra, 2006.)

Para conocer los kilos de pez ganados hay que determinar la biomasa actual y restar la biomasa al inicio del periodo, y para obtener los kilos ofertados solo se suman los kilos de alimento dado desde el principio del periodo hasta el momento actual. Esta operación genera un número que representa cuantos kilos de alimento se usaron para obtener un kilo de pez. (Hoyos, *et al*, 2011)

#### 4.6.8 Buenas Prácticas Acuícolas para el Manejo del Alimento

Cuando se usa alimento debe de asegurarse de adquirir un producto certificado que contenga información nutricional confiable, con un mínimo de 25% - 30% de proteína, 3 - 7% de grasas, 4-7% de fibra con aditivo de minerales y vitaminas.

- Alimentar por lo menos 6 días a la semana.
- Alimentar de 2 a 4 veces/ día, en el mismo lugar y a la misma hora.
- Aplique el alimento a favor del viento para evitar desperdicio.
- No sobrealimentar

(MAG, 2001)

**Tabla 3: Porcentaje de Alimentación para el Cultivo de Tilapia**  
(MAG, 2001)

<b>Peso promedio del pez (g)</b>	<b>Número de peces porlb</b>	<b>Días</b>	<b>% diario de Alimentación</b>	<b>Frecuencia Diaria</b>
5-10	45 – 9,2	12 - 15	10 – 12	4
10-25	45 – 20	35 – 40	6 – 8	4
25-50	9 – 20	60 – 70	5 – 6	4
50-100	4 2 – 9	90 - 120	4 – 5	3
100-150	3 – 42	150	3 – 4	3
> 150		> 150	2 – 3	2



#### 4.6.9 Tablas de Alimentación

Para la alimentación, según el ciclo en que se encuentren los peces se recomienda: emplear alimentos con 32 a 38% de proteínas (pellets pequeños), en el ciclo de PRECRÍA, con una frecuencia diaria de 6 veces, ajustada entre las 9:00 AM y las 4:00 PM., alimentando en forma de L (2 lados del estanque). Emplear alimentos con 28 a 20% proteínas (pellets grandes), en el ciclo de engorda, con una frecuencia diaria de 4 veces, ajustada entre las 9:00 AM y las 4:00 PM., alimentando por toda la superficie del estanque. Antes de iniciar la primera alimentación, se debe adicionar una pequeña cantidad de alimento y verificar su consumo, ya que normalmente hay muchos factores que a diario afectan la calidad del agua y estado de los peces.

**Tabla 4: Tamaño del Pellet según el estadio de la tilapia**

Estadio	Tamaño de pellet recomendado
Alevines	Polvo
0.5 a 5.0 g	Quebrado (0.5 a 1.0 mm)
5.0 a 15.0 g	1x1
15.0 a 30.0 g	1.5x1.5
30.0 a 80.0 g	2x2
80.0 a 200.0 g	3x3
200.0 a 500.0 g	4x4
500.0 a mas	5x5

(Cantor, 2007).

#### 4.76.3 Entradas de nitrógeno (N<sub>2</sub>) al Sistema de Cultivo

La disponibilidad de N<sub>2</sub> es importante como aporte a la productividad primaria en los estanques de peces, y varios metabolitos nitrogenados (productos de excreción), así como los fertilizantes químicos, tales como el NH<sub>3</sub> (amoníaco) son tóxicos para ambos.

El nitrógeno inorgánico en los estanques, se encuentra bajo la forma principal de nitratos, nitritos, amoníaco y amonio. La suma de ellos es denominada “nitrógeno



inorgánico disuelto” o “nitrógeno total inorgánico”. Estos productos se convierten a través del ciclo natural del nitrógeno, y la presencia o abundancia de sus diferentes formas son afectadas por el pH del agua, su concentración de oxígeno disuelto (OD) y los organismos que producen o consumen ciertas formas de nitrógeno. Además, el agua, los fertilizantes y los alimentos ofrecidos, constituyen fuentes adicionales de nitrógeno, sumado a la fijación de éste por el fitoplancton y las bacterias.

Los metabolitos nitrogenados, como el amoníaco, proveniente de la excreción de los peces y otros organismos acuáticos principalmente, pueden producir una reducción en la calidad de agua.

En estanques de cultivo semi-intensivo, los niveles peligrosos de amoníaco, raramente se convierten en un problema, pero ellos pueden producir toxicidades, cuando se agrega  $N_2$  inorgánico o alimento en altas cantidades. La toxicidad del amoníaco y los nitritos aumenta cuando el pH aumenta. Ambos metabolitos son tóxicos a bajas concentraciones y el amoníaco no- ionizado ( $NH^3$ ) constituye una porción del amoníaco total cuando el pH aumenta por encima de 7 unidades. De todas formas, el sinergismo existente entre las formas de amoníaco, nitrito tóxico y pH pueden producirse, causando toxicidad o estrés sub-letal en los estanques a altos pH. (Boyd.*et al.* 2005).

## **4.8 Manejo del cultivo de la tilapia**

### **4.8.1 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  $3^{\circ}C$  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 permite 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, permítales nadar tranquilos hacia la nueva agua. (Saavedra, 2006)

#### **4.8.2 Muestreos Poblacionales**

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. (Ramos, *et al*, 2006)

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. (MAG, 2001)

##### **4.8.2.1 Crecimiento Acumulado**

El crecimiento de un organismo implica un cambio de tamaño en el tiempo. Se puede medir este cambio utilizando como variables, principalmente, a la longitud o al peso. 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).



Aquí el proceso anabólico es proporcional a una potencia del peso, en cambio el catabolismo es proporcional al peso mismo (Bertalanffy 1938, Pauly 1984) recopilado por:(Marroñas, 2006). La integración de la ecuación anterior deriva en el modelo de crecimiento más usado en los peces que es la ecuación de Von Bertalanffy. En el curso de la integración el peso se expresa como una función de la longitud y entonces es posible estimar el crecimiento tanto en longitud como en peso.

#### 4.8.2.2 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. (Martínez y Rosa, 1996).

El crecimiento de un organismo implica un cambio de tamaño en el tiempo. Un individuo obtiene energía del alimento y esa energía puede ser destinada a crecimiento, reproducción o actividad este crecimiento puede ser de 1 a 2 gr por días en el peso de 29 a 83 gr.(Nicovita, 2002)

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. (Ramos, *et al*, 2006)

Fórmula:

R.C. = (Peso promedio actual - Peso promedio semana anterior). (Ramos, *et al*, 2006)

#### 4.8.2.3 Tasa de Crecimiento

Es un parámetro para medir si los peces están creciendo como deberían. El peso promedio a la cosecha menos el peso promedio del alevín y luego se divide entre el número de días del ciclo de cultivo. (Ramos, *et al*, 2006)



Los valores de tasa de crecimiento sacado de su log (1.56) van de 1.02 a 1.66. (Cerde, 1998)

Fórmula:

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

(Zapata, *et al*, 2008)

#### 4.8.2.4 Sobrevivencia

La sobrevivencia es el factor que determina los resultados de cultivo. Desde la primera siembra y en todas las etapas se debe contar los organismos y revisar que no tengan lesiones, que no estén descamados y que se encuentren en perfectas condiciones físicas. Desde el primer muestreo quincenal al contar los peces, se obtendrá la diferencia de los que se sembraron con respecto a los que sobreviven hasta el momento del muestreo, esta operación se repite con cada muestreo. (Gunter, 2000)

Se calcula al sumar el número de peces cosechados, luego este se divide entre la cantidad de peces sembrados al inicio del cultivo y luego el resultado se multiplica por 100.

Fórmula:

$$\% \text{ sobrevivencia} = (\text{población actual}) / (\text{población inicial}) * 100$$

(Ramos, *et al*, 2006)

#### 4.8.2.5 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. (Ramos, *et al*, 2006)



#### 4.8.2.6 Factor de Conversión Alimenticia

El Factor de Conversión Alimenticia (FCA)= alimento suministrado/ganancia de peso. 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. (Saavedra, 2006.)

Para conocer los kilos de pez ganados hay que determinar la biomasa actual y restar la biomasa al inicio del periodo, y para obtener los kilos ofertados solo se suman los kilos de alimento dado desde el principio del periodo hasta el momento actual. Esta operación genera un número que representa cuantos kilos de alimento se usaron para obtener un kilo de pez. (Hoyos, *et al*, 2011)

Un promedio de F.C.A. aceptable en el cultivo de peces tropicales como es el caso de la tilapia, oscila entre 1.3 a 1.5: 1, teniendo en cuenta que mientras menor sea este la rentabilidad del cultivo será mayor.



## V.- MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Localización del Área de Estudio

La etapa de recolección de datos de este trabajo investigativo se realizó en el período de Agosto a Octubre del año 2012, en las instalaciones del Laboratorio de Investigaciones Marinas y Acuícolas (LIMA), localizada en las coordenadas 496457mE y 1367324mN, ubicada en la comunidad de las Peñitas. Esta se comunica con la ciudad de León por medio de una carretera pavimentada con una longitud de 22 kilómetros y a 112 kilómetros de Managua la capital de Nicaragua.

### 5.2 Dispositivo Experimental

Se crearon dos dispositivos experimentales, cada uno constaba de un tanque de plástico con capacidad de 1200 litros de agua, estos se encontraban unidos a un barril de 200 litros través de una tubería subterránea, en la parte inferior central del tanque había un orificio en el cual estaba conectada la tubería, la cual llevaba el agua que era drenada del tanque al barril, junto al barril se encontraba un tubo pvc de forma vertical en el cual estaba conectada una manguerilla plástica que conducía el aire desde la tubería del blower impulsando el agua para que esta cayera al barril, dentro del barril había un tabique que dividía al barril para que el agua que venía del tanque no se mezclara con el agua ya filtrada, por último el barril estaba conectado por un tubo pequeño al tanque para que se completara la recirculación del agua.

#### 5.2.1 Componentes del filtro

El filtro consistió en un recipiente de barril de plástico con capacidad de 200 litros. Dentro del barril se colocó una capa de carbón y encima de estas, piedras de bolón; estas tenían la función de atrapar los nutrientes gracias al perifiton que se adhiere a estas y que descomponen la materia orgánica generada por las heces y orina de los peces, alimento no consumido, fertilizante y el detritus donde actúan las bacterias nitrosomas y convierten este amonio no ionizado en nitrito y luego



las bacterias nitrobacter pasan este nitrito en nitrato que es el compuesto menos tóxico en el cultivo de las tilapias. Este proceso es continuo y con el tiempo los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) se acumulan en el sistema, por lo que es recomendable realizar recambios periódicos del 1 al 10% del agua.

La primera mitad del filtro se divide con una lámina de plástico, esto para obligar que el agua pasara por las piedras filtradoras. Del filtro salía un tubo superficial que va de regreso hacia el recipiente principal de plástico (VER ANEXOS).

Se construyeron dos dispositivos iguales en uno se aplicó alimento experimental (AE1) y en el otro alimento comercial (AC2) ambos con un porcentaje del 30% de proteína.

### **5.3 Diseño experimental**

Cada uno de los dispositivos experimentales consistían en un tanque de plástico con capacidad de 1200 litros de agua y un filtro biológico, en el cual se sembraron 6 tilapias (*Oreochromis niloticus*) por  $\text{m}^3$  con un peso promedio de 41.9 gr, para las tilapias alimentadas con dieta experimental y 30.2 gr, para las tilapias alimentadas con dieta comercial sembradas en cada tanque. Los tanques fueron abastecidos de agua proveniente de un pozo cercano al dispositivo experimental. El agua fue bombeada por medio de una bomba marca HONDA de 3HP y de 2 x 2 pulgadas la entrada y salida. Nuestra fuente de aireación fue un blower marca baldor-industrial motor en el que conectamos unas guías con piedras difusoras en la tubería para oxigenar al agua del cultivo.

#### **5.3.1 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 formuló una dieta con 30% de proteínas.



Para la preparación de la dieta experimental con el 30% proteína, las cantidades de los ingredientes utilizados serán los siguientes:

### 5.3.2 Formulación

Para la formulación del alimento experimental para tilapias (*Oreochromis niloticus*) de este experimento se utilizó un programa de Excel donde se colocaron las cantidades de las harinas con sus porcentajes de proteínas ponderadas.

**Tabla 5: Ingredientes utilizados en la formulación del alimento experimental.**

Materia prima	Cantidad en gramos a utilizar
Harina de pescado	296.8 gr
Harina de soya	148.4 gr
Harina de sorgo	158.5 gr
Harina de maíz	317.0 gr
Semolina	79.3 gr
Almidón	50 gr
Aceite de hígado de bacalao	60 ml
Vitaminas	10 gr
Minerales	50 gr

#### **Las materias primas a utilizar fueron las siguientes:**

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

**Harina de pescado:** Para la elaboración de la harina de pescado, se compró 10 libras de pescado, se cortaron en trozos de 5 cm aproximadamente, posteriormente se puso a hervir agua y cuando esta alcanzó su punto de ebullición se sumergieron los trozos de pescados por un minuto, luego se pusieron a secar en un horno por una hora a una temperatura de 250°C y se termina el secado al sol en una bandeja de aluminio hasta que el pescado quedo totalmente seco.



Después se molió el pescado seco en un molino industrial hasta quedar la harina bien fina.

**Harina de soya:** Se compraron 2 libras de este grano, luego se puso a dorar en un horno de cocina por 10 minutos a una temperatura de 250 °C. Posteriormente se molió en un molino industrial hasta quedar bien fino.

**Harina de maíz, Harina de sorgo:** Se compraron 2 lb de cada grano, posteriormente se molieron cada uno de estos granos en un molino industrial hasta quedar la harina bien fina.

**Semólina, Aceite de hígado de bacalao, Vitaminas y Minerales:** Se mantuvo en un lugar fresco y seco hasta su utilización.

### 5.3.3 Elaboración del Alimento Experimental

**Colado:** Se colocaron todos los ingredientes secos en un colador fino para evitar que diferentes tamaños de partículas sean mezcladas en la preparación del alimento para que haya una homogeneidad de nutrientes.

**Pesado:** Se pesó y midieron todos los ingredientes de acuerdo a la cantidad que se necesita de cada uno de ellos calculadas en la formulación del alimento. Para el pesado se utilizó una balanza gramera marca kern de 200 gramos.

**Mezclado:** Se mezclaron todos los ingredientes secos de mayor a menor cantidad: harina de pescado, semólina, harina de maíz, harina de soya, harina de sorgo luego se incorporaron los líquidos; 60 ml de aceite de hígado de bacalao y 1 litro de agua. Se preparó el aglutinante, para lo cual se disolvió el almidón en agua y se puso a calentar en una cocina por 5 minutos aproximadamente hasta obtener una sustancia gelatinosa y translúcida, la que posteriormente se incorporó 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 orificios en el disco de un grosor de 2 mm, donde se adicionó la pasta para la formación de los pellets.

**Secado:** Para el secado del alimento se colocó el alimento en un plato de aluminio en un horno de resistencia hasta quedar debidamente seco. Luego se fragmentaron los pelles para obtener la longitud requerida para el organismo en cultivo, siendo de 2 mm.

**Tabla 6: Porcentaje de proteína del alimento Experimental**

Tabla del porcentaje de proteína del Alimento Experimental		
Ingredientes	% proteína	% inclusión
H de pescado	19.29	29.68
H. soya	5.42	14.84
Sorgo	1.69	15.85
H. Maíz	2.63	31.70
Semolina	0.97	7.93
Total	30	100

**Tabla 7: Contenido nutricional del Alimento Comercial**

Tabla del contenido nutricional del Alimento Comercial	
Ingredientes	Aporte proteico
Humedad	13% (máx.)
Proteína cruda	30% (min)
Grasa cruda	4.5% (min)
Fibra cruda	5.0% (máx.)
Ceniza	7.0% (máx.)
Energía digestible	2.200 Kcal/kg
Calcio	1.0% (min)
Fosforo	0.5% (máx.)
Sal	0.7% (min)



## 5.4 Desarrollo del Experimento

Primeramente se lavaron los recipientes de plástico: tinas y barriles con cloro para desinfectar y evitar la contaminación de nuestros organismos por patógenos y bacterias. Posterior a la desinfección de los recipientes se procedió al llenado de los recipientes hasta el nivel operativo de 80 cm.

Luego de estar todo listo, el dispositivo se dejó en funcionamiento por dos semanas antes de iniciar el experimento, para que se diera la formación de la película bacteriana necesaria para la descomposición de la materia orgánica del cultivo que pasa por el biofiltro.

### 5.4.1 Fertilización

Para la fertilización del agua se aplicó fertilizante inorgánico FERTILAKE, a ración de 100 lbs/ha, esto se realizó una semana antes de la siembra de los alevines con el objetivo de tener un crecimiento de las poblaciones de plancton ya que las microalgas proporcionan el oxígeno disuelto al agua por medio de la fotosíntesis.

La fórmula para obtener la cantidad adecuada de fertilizante fue la siguiente:

$100\text{lbs} \times 454\text{gr} = 45.400 \text{ gr} / 10000 \text{ m}^2 (1\text{ha}) \times 1.3\text{m}^3 \text{ del área del tanque} = 5.90\text{gr de fertilizante.}$

### 5.4.2 Recambios de agua

Los recambios de agua fueron del 10% diario, en donde sacamos agua del fondo del recipiente de cultivo para evitar que se saturara el filtro y mantener buena calidad de agua.



### 5.4.3 Fuente de Semilla de tilapias

Se utilizaron semillas provenientes de la granja tilapiera de la Universidad Nacional Agraria (UNA) ubicada en el km 12.5 carretera norte en Managua. Donde fueron sexadas y seleccionadas manualmente para el cultivo de tilapia.

Las semillas se transportaron en bolsas plásticas con 1/3 de agua y 2/3 de Oxígeno medicado selladas con liga de hule, usando una camioneta como medio de transporte.

### 5.4.4 Aclimatación y Siembra

Se realizó de la siguiente manera; se midió los valores de temperatura de la bolsa y del tanque para conocer los grados de diferencia que hay; siendo de 27 °C la temperatura del agua de la bolsa y de 29 °C la temperatura del agua del tanque, luego se dejó flotar las bolsas sobre el agua de los tanques por 30 minutos, posteriormente se abre la bolsa y se le agrega agua del tanque, se midió la temperatura nuevamente y se continuó agregando agua del tanque a la bolsa y midiendo la temperatura cada 10 minutos hasta igualar la temperatura, a continuación se liberaron las tilapias en los recipientes. Al final de la aclimatación la temperatura fue de 29 °C.

En cada tratamiento se sembró a una densidad de 6 peces/m<sup>3</sup> de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

### 5.4.5 Alimentación

La alimentación es una de las partes de mayor importancia dentro del experimento. Para determinar las raciones alimenticias semanales que se les proporcionó a los peces, se realizaron muestreos de población y de crecimiento, con estos datos determinamos la biomasa y esta se multiplico por el porcentaje de biomasa alimenticia, para el cual iniciamos con el 6% hasta llegar a 4%, luego la



cantidad obtenida se dividió entre los gramos que hay en una libra (454 gr) y entre el número de raciones que se les dio al día.

Fórmula

$(\text{Núm. Ind}) \times (\text{peso promedio}) = \text{biomasa total} \times \text{peso corporal (BW)} / \text{núm. de raciones al día.}$

El 100% del alimento diario se dividió en 40% por la mañana en dos raciones y el 60% por la tarde igualmente en dos raciones, y se aplicó en los siguientes horarios: 9am – 11am, 1pm–3pm. El alimento experimental se aplicó al voleo durante las primeras 2 semanas luego decidimos optar por utilizar una charola suspendida de 80 cm de diámetro, hecha de malla de 500 micras, aro de plástico y un flotador para que esta se mantuviera a 10 cm de la superficie del agua con el objetivo de lograr que las tilapias se alimentaran en la charola ya que el alimento elaborado no tenía flotabilidad y para el tratamiento comercial se aplicó al voleo ya que éste era un alimento extrusado y por ende flotante.

## **5.5 Factores Físicos- Químicos**

Para la toma de los factores físicos y químicos del agua de la tina se determinó una hora específica, estos se tomaron de la siguiente manera:

### **5.5.1 Temperatura**

Para conocer los valores de temperatura en nuestros dispositivos (AE1-AE2) se utilizó un oxímetro marca YSI-55 se calibró mediante el método del % de saturación (mg/l) de la siguiente manera:

Se presionó el botón de encendido (“on”). Para poder tener una lectura efectiva se tubo encendido durante al menos 15 minutos antes de tomarlos datos.



Se presionó simultáneamente las dos teclas de las flechas a la vez, hasta que se active en la pantalla el modo de (cal), luego se introdujo la altitud del lugar expresado en cientos de pies o en metros en nuestro caso.

Se presionó “ENTER” luego al instrumento solicitó el valor de salinidad en partes por mil (ppm) del agua, Se presiona “ENTER” 2 veces y el instrumento estará listo para comenzar a realizar la medición.

Ya calibrado el instrumento se midió la temperatura del agua todos los días hasta culminar nuestro experimento; y se realizaron dos mediciones 6:00 am y 6:00 pm. Los cuales se tomaron introduciendo el electrodo del oxímetro a no menos de 40 cm de profundidad para poder archivar y analizar todos los datos en la bitácora y de manera digital.

### **5.5.2 pH**

La medición del pH se realizó con un pHmetro marca PHep BY HANNA. El pHmetro se calibró con una concentración o solución buffer. Para tomar el dato introducimos el instrumento 2cm por debajo de la superficie del agua y así obtuvimos el dato para archivarlos y analizarlos posteriormente. Se tomaron a las 6 de la mañana y a las 6 de la tarde, diariamente.

### **5.5.3 Turbidez**

El disco Secchi es un instrumento para medir la visibilidad dentro del agua. El disco mide 20 cm de diámetro y está dividido en cuadrantes que alternan en color de blanco y negro. El disco se puede construir de varios materiales

Para medir la turbidez del agua, se sumerge el disco en el agua (de espaldas al sol), y se mira directamente hacia abajo. La profundidad a la que el disco desaparece de su vista es la lectura del disco Secchi. Esta toma se realizó diariamente a las 12 md.



#### **5.5.4 Amonio no Ionizado**

Este factor se tomó cada 7 días utilizando un kit de  $\text{NH}_4$ , primero se tomaba una muestra de 5 ml de agua que ha pasado por el filtro de cada dispositivo experimental, en un tubo de ensayo se le aplicaba ocho gotas de los reactivos, se agitaba la muestra y a los 5 segundos tomaba una coloración que se comparaba con las coloraciones de la tabla, (amarillo intenso, amarillo bajo, verde tierno, verde musgo, verde) y así se determinaba la cantidad de amonio en el agua de cada tratamiento.

#### **5.6 Muestreos Poblacionales**

##### **5.6.1 Crecimiento Acumulado**

Para determinar el crecimiento de las tilapias se realizaron muestreos cada 5 días después de la siembra a las 6:00 am, se capturaron las 6 tilapias con una atarraya, posteriormente se pesaron en una balanza gramera marca SCOUT PRO SP202 de 200 gramos, para lo cual se usó una bolsa elaborada manualmente evitando que las tilapias saltarán al ponerlas sobre la balanza y también se pesó la bolsa para luego restarle el peso de la bolsa al peso de las tilapias en bolsa y así obtener el valor real de peso de cada tilapia, esto represento el crecimiento acumulado de los organismos. Este se realizó cada cinco días y los datos obtenidos se registraron en un formato de campo.

##### **5.6.2 Ritmos de crecimiento**

Obteniendo el peso promedio actual de la tilapia se restó del peso promedio de la semana anterior; el dato resultante se registró en una gráfica. El ritmo de crecimiento demuestra la cantidad de gramos que aumentaron las tilapias cada cinco días.

Fórmula:

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



### 5.6.3 Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento es necesaria para conocer la velocidad con que crecen las tilapia. Se obtenía cada 5 días, a través de la siguiente formula.

Fórmula:

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

### 5.6.4 Sobrevivencia

La sobrevivencia se calculó a partir de la población inicial sembrada. Se hizo cada 5 días, se tomó una del 100% de los organismos, estos fueron capturados con una atarraya. La sobrevivencia esperada es del 85% en el tramo de edad de estas tilapias, de acuerdo a los resultados en los ciclos productivos reportados por (MAG) 2001. Esta se determinó a través de la siguiente formula.

Fórmula:

$$\% \text{ sobrevivencia} = \frac{\text{población actual}}{\text{población inicial}} \times 100$$

### 5.6.5 Rendimiento productivo

El rendimiento productivo se expresa en función de la biomasa que se obtuvo al final del cultivo. Se calculó multiplicando el peso promedio por el número de individuos que sobreviven al final del experimento. El rendimiento productivo se expresa como lb/ hectárea.

Fórmula:

$$RP = \text{Cantidad de individuos cosechados} \times \text{peso promedio total} / \text{el área.}$$



### 5.6.6 Factor Conversión Alimenticio

El FCA se ve 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 debe evitar la acumulación de materia orgánica en las tinas.

Fórmula:

$$\text{FCA} = \frac{\text{Alimento suministrado}}{\text{Ganancia de peso}}$$



## VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

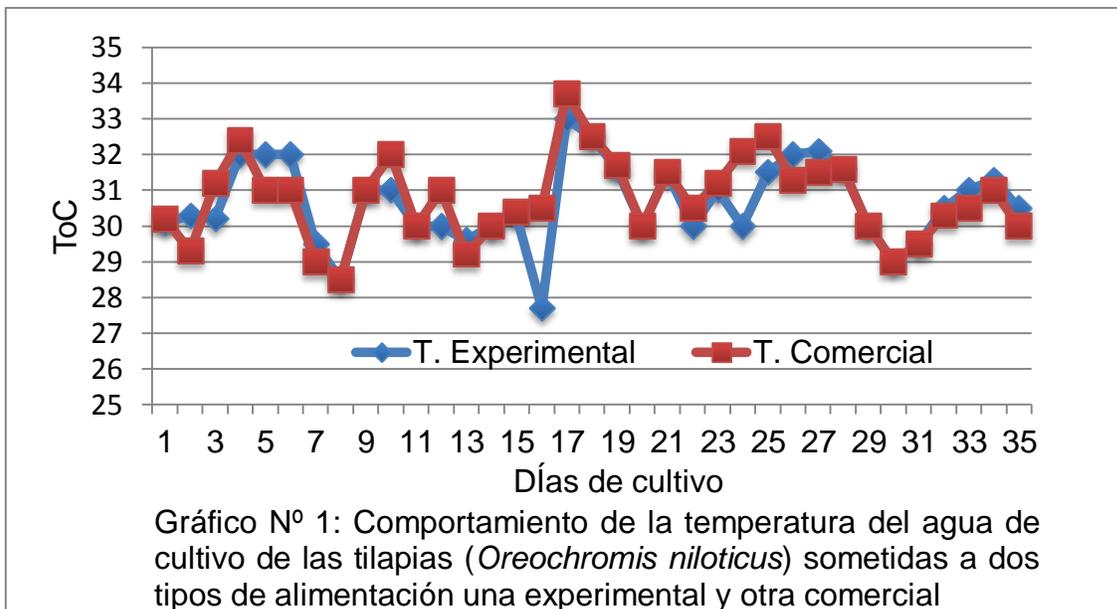
### 6.1 Factores Físicos – Químico

#### 6.1.1 Temperatura

El comportamiento de la temperatura durante todo el experimento varió entre 27.5°C a 34°C. En la temperatura, se observó una tendencia de variar alrededor de 30°C. En las aguas del cultivo con el alimento experimental, se registró 33°C como valor máximo y mínimo 27.5°C. En las aguas del sistema con alimento comercial, la temperatura máxima fue de 34°C y la temperatura mínima fue de 28°C.

Según (Anónimo 3, 2005), las temperaturas óptimas para el crecimiento de las tilapias son de 28- 32°C. Además la temperatura afecta la solubilidad del oxígeno en el agua y su consumo por los organismos aumentando o disminuyendo su actividad biológica. (Herrera, 2012)

En comparación a los resultados obtenidos en este experimento con respecto a la referencia, podemos señalar que la temperatura no afectó el crecimiento de las tilapias ya que los valores de temperatura que estuvieron fuera de lo óptimo no se mantuvieron durante varios días y la diferencia de los grados de temperatura no fue alta. Ver gráfico N°.1



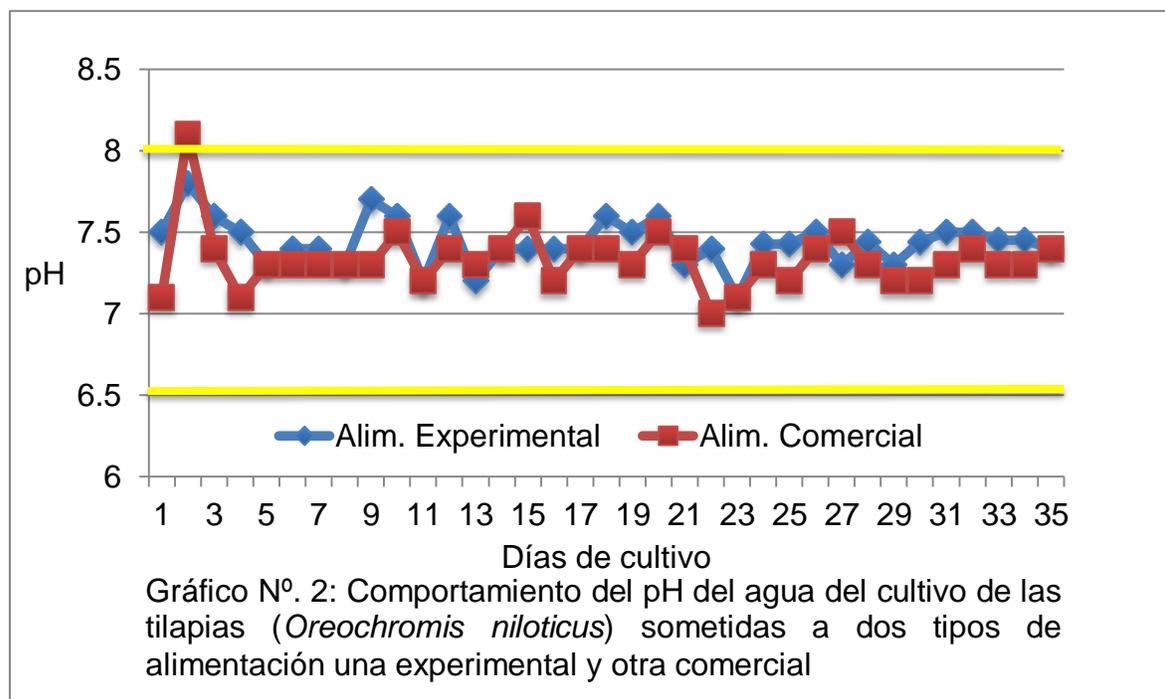


### 6.1.2 pH

En el comportamiento del pH en el agua durante el experimento registró valores máximos de 8 y mínimos de 7 en ambas condiciones experimentales.

El pH del agua depende principalmente de la concentración de Carbonatos, Bicarbonatos y Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) un alto contenido de CO<sub>2</sub> puede causar valores de pH ácidos, afectando el crecimiento de los peces. El intervalo de pH adecuado para tilapia es de 6.5 - 8.5. (MAG, 2001).

Comparando con los datos registrados en el experimento, entonces deducimos que ambos (condiciones experimentales) estuvieron dentro de los intervalos óptimos para el crecimiento de las tilapias. Ver gráfico N°. 2





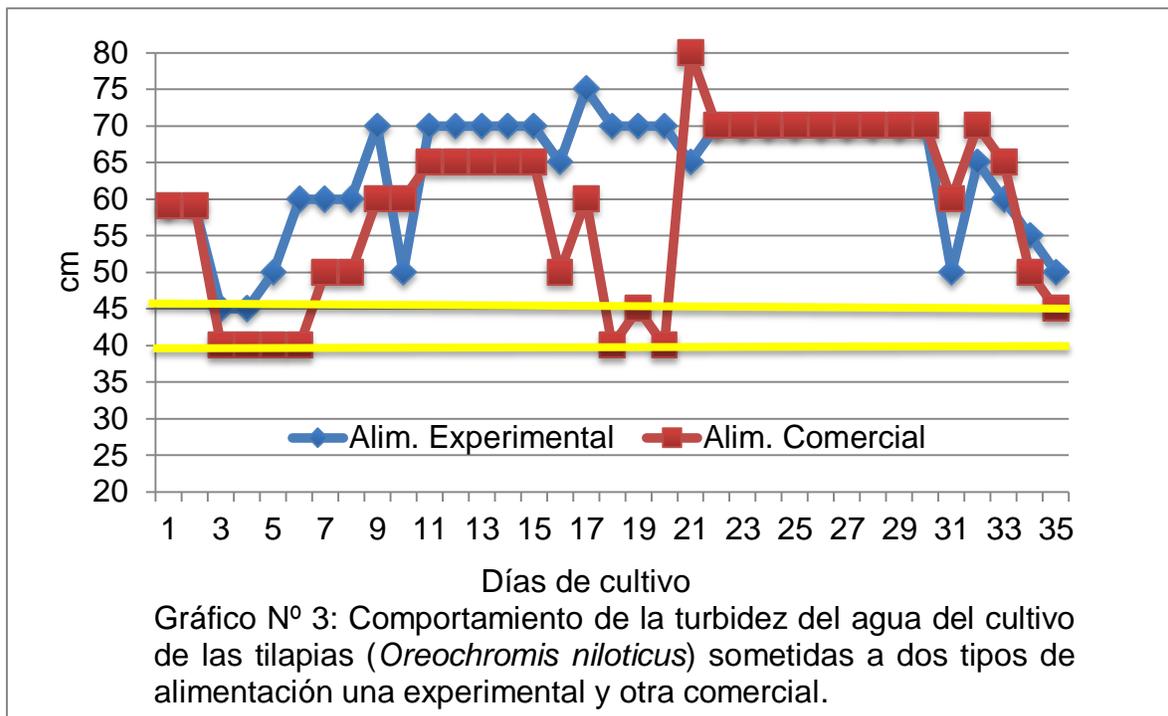
### 6.1.3 Turbidez

La turbidez del agua de cultivo de las tilapias donde se aplicó alimento experimental se obtuvo un registro máximo de 75 cm y un mínimo de 45 cm y el alimento comercial con un máximo de 80 cm y un mínimo de 40 cm .

Según Martínez. F (2008), se recomienda como un buen parámetro de turbidez mantener la lectura del disco entre 40-45 cm.

La turbidez debido a la cantidad de fitoplancton puede llegar a ser de 60 cms y encontrarse productividad para mantener un sistema de producción semi intensivo, logicamente que valores menores a 45 cm son mejores.

La turbidez de las aguas de este experimento estuvieron por encima de lo esperado, pero se logro un buen crecimiento ya que contabamos con aireación y alimento artificial de tilapia. Ver gráfico N°. 3



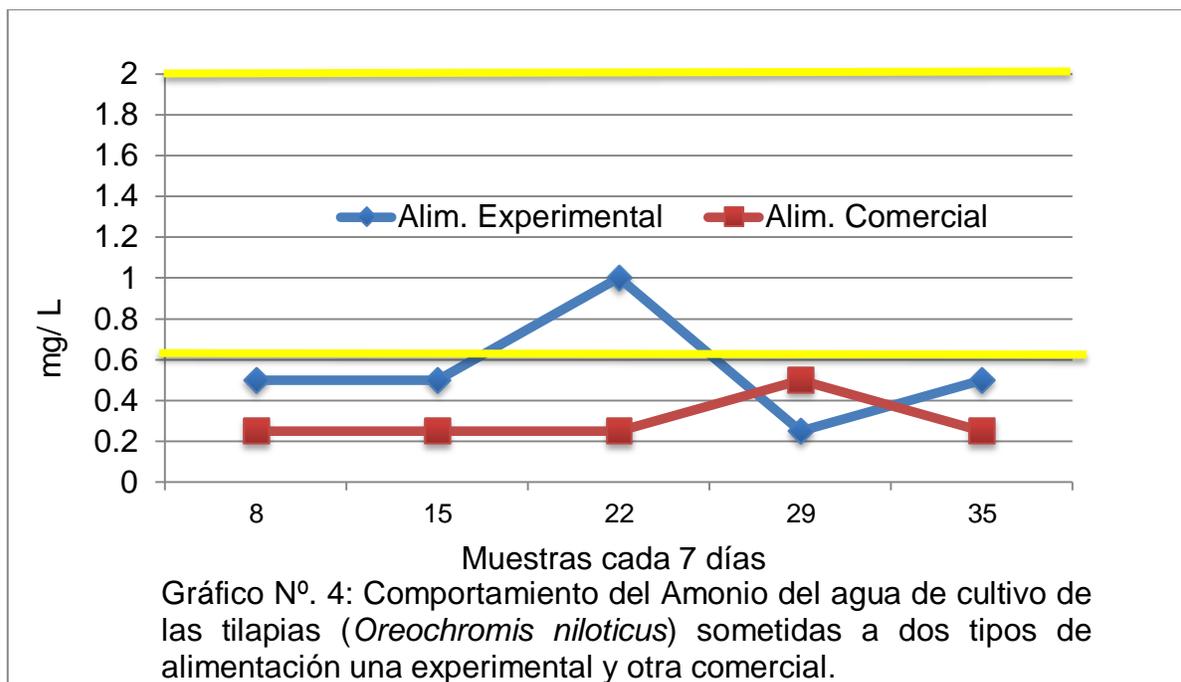


### 6.1.4 Amonio no ionizado

La dinámica del amonio durante el transcurso del experimento presentó un máximo de 1 mg/L y un mínimo de 0.2 mg/L para las aguas donde se aplicó el alimento experimental y para el alimento comercial un máximo de 0.5 mg/L y un mínimo de 0.2 mg/L.

La toxicidad del amonio en forma no ionizada ( $\text{NH}_3$ ), aumenta con una baja concentración de oxígeno, un pH alto (alcalino) y una temperatura alta. En pH's bajos (ácidos) no causa mortandades. (Valores cercanos a 2 mg/L son críticos) los niveles de tolerancia para la tilapia se encuentra en el rango de 0.6 a 2.0 mg/L. (Toledo, 2005).

Los valores de amonio registrados en este experimento estuvieron por debajo de los intervalos tolerables para el cultivo de tilapia esto debido a la eficiencia del filtro biológicos del experimento, sin embargo, podemos notar un incremento entre los días 17 a 22 en el las aguas donde se alimentó con dieta experimental, esto lo relacionamos con el incremento del metabolismo de la tilapia que redundó en mayor crecimiento, como puede verse a continuación. Ver gráfico N°. 4





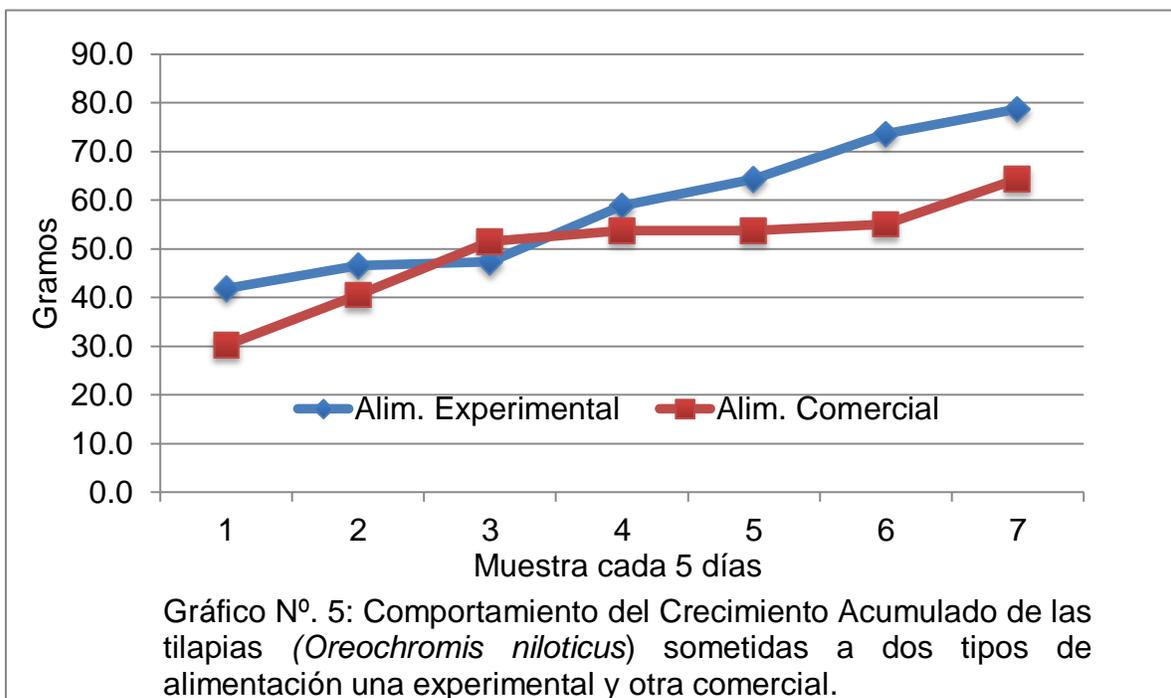
## 6.2 Muestreos Poblacionales

### 6.2.1 Crecimiento Acumulado (CA)

Se observa que al final del experimento: en las tilapias alimentadas con la dieta experimental se obtuvo un peso promedio de 78.7 gr con respecto a un peso inicial de 41.9 gr y en el alimento comercial un peso promedio de 64.3 gr con respecto a un peso inicial de 30.2 gr. inicialmente el crecimiento acumulado mayor fue de las tilapias alimentadas con dieta comercial hasta el tercer muestreo, luego el crecimiento se hace lento para estas tilapias hasta el muestreo 6 cuando se incrementa el crecimiento de manera exponencial.

Según NICOVITA (2002). De acuerdo a cálculos hechos a partir de una sobrevivencia de 90%, las tilapias incrementan de peso de 1.5 gr/día, se esperaba que estas tilapias crecieran 94 gr al final del ciclo experimental sin embargo se obtuvo 78.7 gr, donde se alimentó con dieta experimental. En el caso de tilapias alimentadas con dieta comercial, se esperaba que al final del ciclo experimental fuera de 82.7 gr y solamente creció 64.3 gr.

Las tilapias alimentadas con la dieta experimental presentaron un menor crecimiento en las primeras 3 semanas de estudio debido a que sufrieron un cambio drástico en cuanto al tipo de alimento que se les suministró y a la técnica de alimentación al cual no estaban adaptadas antes de iniciar el estudio experimental. En el caso de las tilapias alimentadas con dieta comercial de la semana 3 hasta la semana 6 presentaron un crecimiento lento, esto debido a que los peces se estaban reproduciendo por lo tanto utilizaban su energía para la reproducción y no para crecer. También logramos observar que las tilapias cuando estaban dedicándose a la reproducción consumían muy poco alimento. Ver gráfico N°. 5.





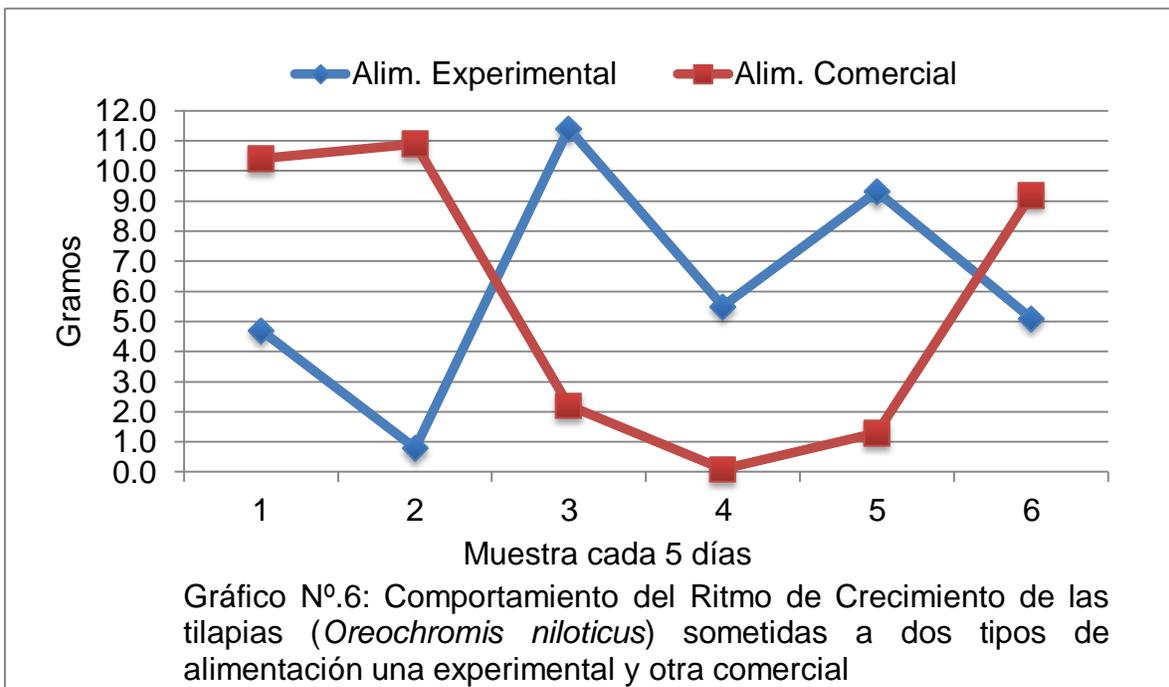
### 6.2.2 Ritmo de Crecimiento (RC)

Los Ritmos de Crecimientos variaron con un máximo de 11.8 gr en la tercer muestra y un mínimo de 0.8 gr en la segunda muestra para las tilapias alimentadas con dieta experimental; en cambio para las tilapias que consumieron el comercial tuvo un incremento máximo de 10.9 gr en la segunda muestra y un mínimo de a 0.1 gr en la cuarta muestra.

Las tilapias deben tener un Ritmo de Crecimiento en peso de 1 a 2 gr/día, es decir de 5 a 10 gr cada 5 días. (NICOVITA, 2002).

En las primeras 2 muestras realizadas cada 5 días donde se suministró alimento experimental se obtuvo Ritmos de Crecimientos bajos (4.5 y 0.8). Esto debido a que el alimento elaborado no tenía flotabilidad y estos peces estaban adaptados a consumir alimento flotante, por lo que procedimos a implementar alimentación en charola (suspendida) para que los peces consumieran el alimento. Los bajos RC de tilapias en la muestra 6 fue debido a que las tilapias estaban en reproducción.

En las tilapias alimentadas con dieta comercial se registraron Ritmos de Crecimiento lentos de 2.1 gr/5días, 0.3 gr/5días y 1.1 gr/5días debido a que en estos muestreos las tilapias estaban reproduciéndose por lo que procedimos a sacarle los huevos de la boca a la hembra y esto provocó una interrupción en su ciclo reproductivo e inmediatamente se generó otro ciclo de reproducción, debido a esto tomamos la decisión de sacar la hembra con huevos en el quinto muestreo realizado; presentándose un mejor ritmo de crecimiento en la muestra 6. Ver gráfico N°. 6.



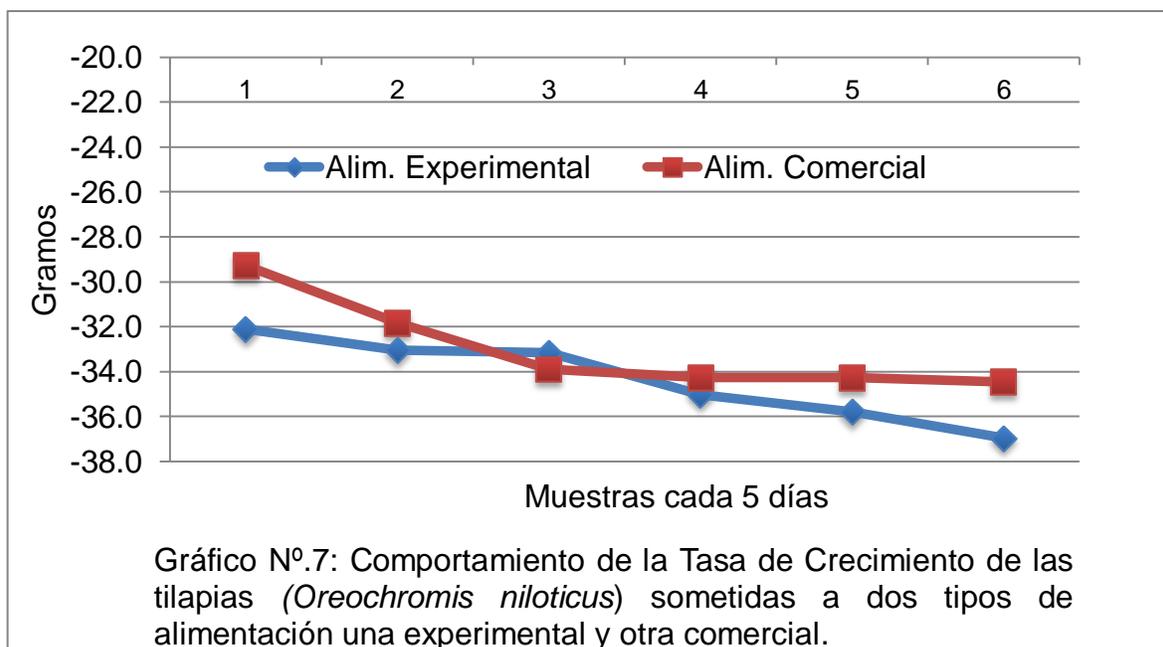


### 6.2.3 Tasa de Crecimiento (TC)

La tasa de crecimiento de las tilapias varió de -37 para el alimento experimental y de -34.5 donde se usó alimento comercial. Sin embargo, en el tercer muestreo resultó inverso este comportamiento, llegando a ser mayor la velocidad de crecimiento de los tilapias alimentados con alimento comercial (-34) que las tilapias alimentadas con alimento experimental (-33).

Se observa que la velocidad de crecimiento mayor fue donde se alimentó con dieta experimental.

Este comportamiento coincide con los crecimientos acumulados de las tilapias en este experimento. Los valores de tasa de crecimiento encontrados en esta investigación y sacado su log (1.56) se encuentran en la banda superior de los valores reportados por Cerda (1998) que van de 1.02 a 1.66. Por lo anterior, inferimos que los alimentos utilizados son de buena calidad porque reflejan un excelente crecimiento pero se presentó una mejor TC en los organismos alimentados con dieta experimental. Ver Gráfico N°. 7

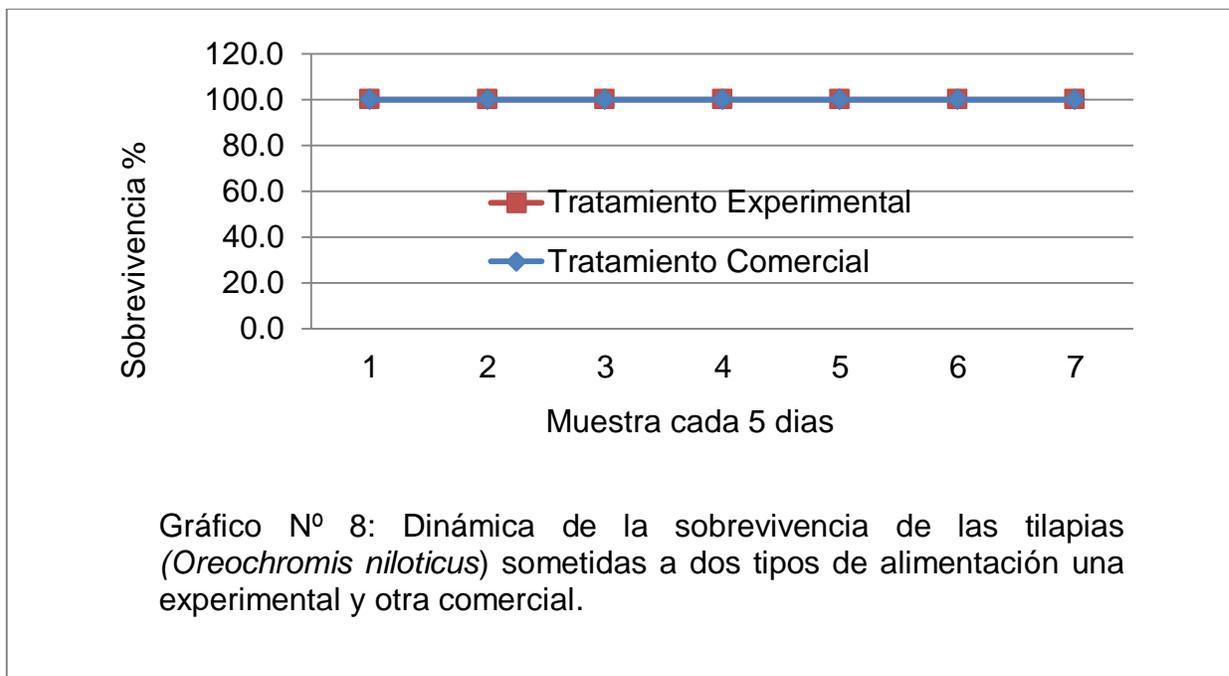




### 6.2.4 Sobrevivencia

La sobrevivencia durante el experimento en ambas condiciones experimentales: animales creciendo con alimento experimental y los que crecieron con alimento comercial presentaron una sobrevivencia de 100%. Esto es un reflejo de las buena calidad de agua y alimentación adecuada lo que es necesario para vivir y desarrollarse en su medio. La sobrevivencia esperada era de 85% en el tramo de edad de estas tilapias, de acuerdo a los resultados en los ciclos productivos reportados por (MAG) 2001.

Por lo tanto las condiciones del medio de cultivo se encontraban en excelentes condiciones de sanidad y calidad de agua para que las tilapias sobrevivieran en su 100%. Ver gráfico N°. 8

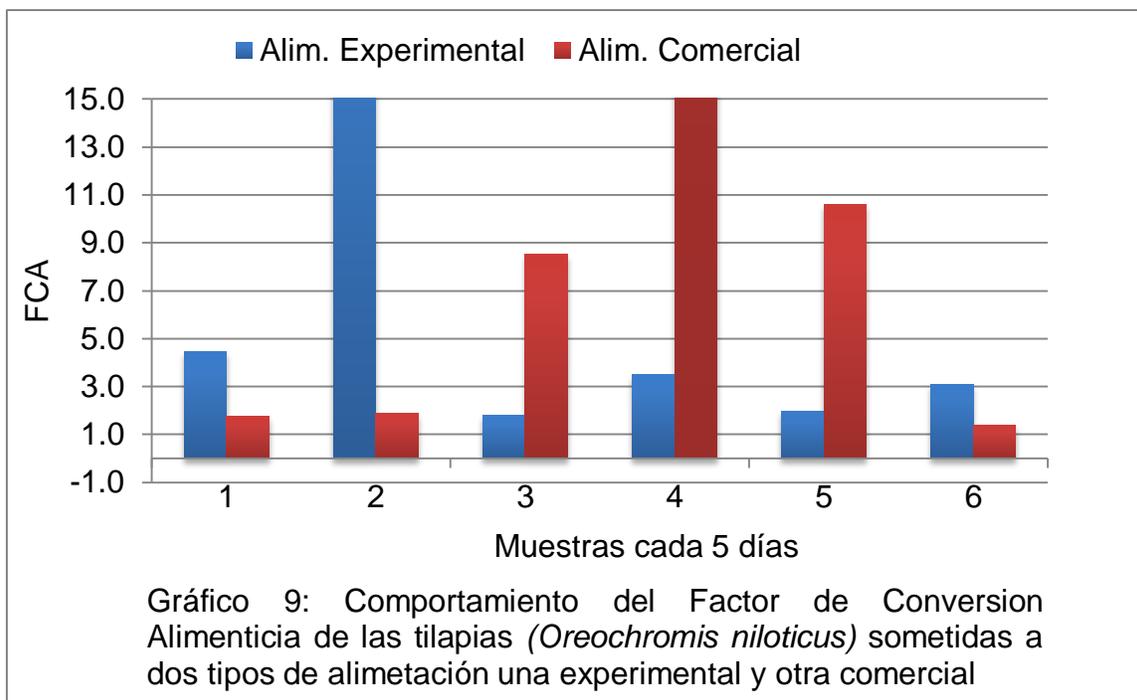




### 6.2.5 Factor de Conversión Alimenticia (FCA)

El Factor de Conversión Alimenticia inicial fue de 4.5 para tilapias alimentadas con dieta experimental y al final se obtuvo un FCA de 3.4 y para el alimento comercial un FCA inicial de 1.8 y al final fue de 1.4.

Un promedio de F.C.A. aceptable en el cultivo de peces tropicales como es el caso de la tilapia, oscila entre 1.3 a 1.5, teniendo en cuenta que mientras menor sea este, la rentabilidad del cultivo será mayor. (Hoyos, *et al*, 2011). En el gráfico 9, podemos apreciar valores altos de FCA en las muestras 3, 4 y 5 con 15, 15 y 10 respectivamente, debido a que en este período las tilapias estaban en reproducción y las raciones alimenticias eran muy altas. En el alimento experimental en la muestra 2 vemos un FCA alto debido a que probamos una nueva tabla de alimentación que luego la dejamos de usar al ver un FCA alto de 15. Ver gráfico N°. 9



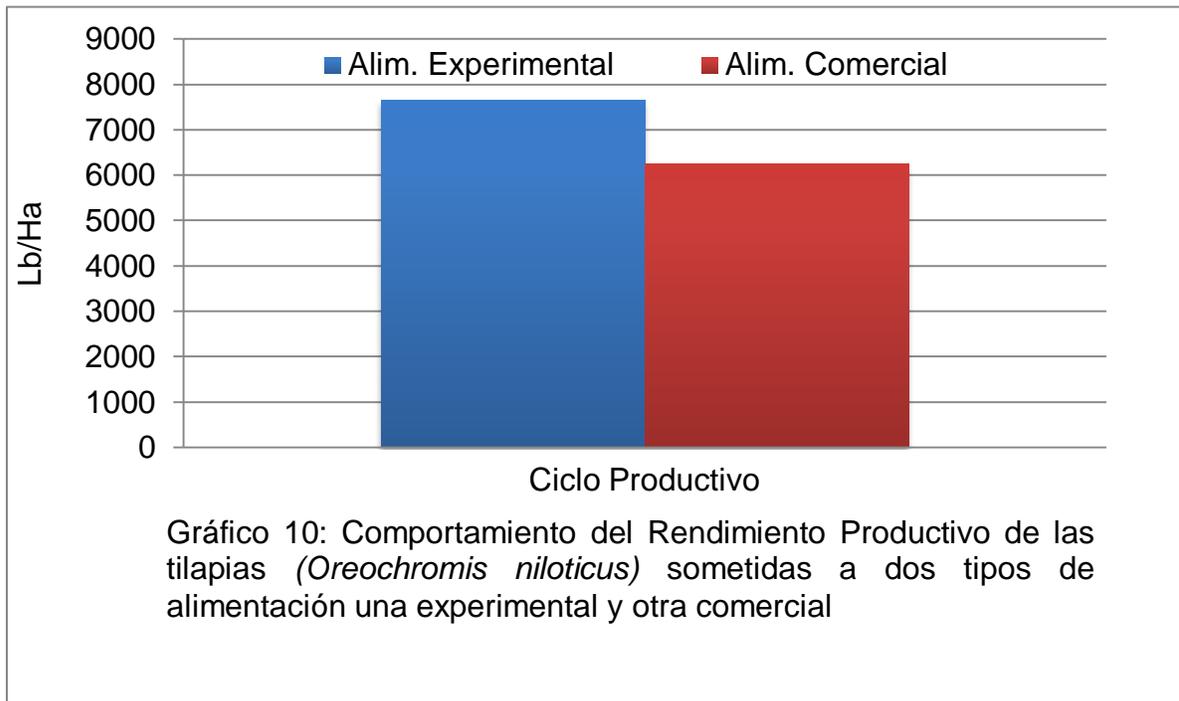


### 6.2.6 Rendimiento Productivo (RP)

El sistema de cultivo donde se aplicó Alimento experimental el Rendimiento Productivo fue de 7,648 lbs/ha y mientras que donde se aplicó alimento comercial fue de 6,248 lbs/ha. Cabe mencionar que las tilapias a las que se les suministro alimento comercial eran de menor talla.

Se esperaba que las tilapias con un 100% de sobrevivencia, un peso final de 94.4 gramos, un rendimiento productivo de 9,587 lb/ha en tilapias alimentadas con dieta experimental y de 8,407 lb/ha en tilapias alimentadas con dieta comercial.

Como se observa con estos datos el rendimiento productivo registrado es inferior al esperado. Esto se explica principalmente por qué las tilapias estaban en reproducción durante el experimento lo cual no permitió que tuvieran un aumento de 5 a 10 gr por semana. Ver gráfico N°. 10.





## VII.- CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la investigación hemos concluido lo siguiente:

### 1.-Los factores ambientales:

La temperatura varió de 27.5 °C a 33 °C Alimento experimental, de 28 °C a 34 °C Alimento comercial, pH varió entre 7 a 8 para ambos. El amonio entre 0.25 mg/L a 1 mg/L en el experimental y de 0.25mg/L a 0.5mg/L en el comercial.La turbidez varió de 45 cm y 75 cm para el experimental y entre 40 cm y 80 cm para el comercial.

### 2.-Los parámetros poblacionales:

El peso acumulado fue de 78.7gr el experimental y 64.3 gr el comercial Los ritmos de crecimiento variaron entre 11.8 gr y 0.8 gr para el experimental; comercial fue de 10.9 a 0.1 gr. La tasa de crecimiento final fue de -37.0 gr para el experimental y de -34.5 gr para el comercial. La sobrevivencia fue del 100% en ambos.

3.- El Factor de Conversión Alimenticio final fue de 3.4 para el experimental y el comercial de 1.4. El Rendimiento Productivo extrapolado a una ha fue de 7,648 lbs/ha para el experimental y el comercial de 6,248 lb/ha.

En base a los resultados obtenidos durante el proceso de nuestro experimento llegamos a la conclusión de que al aplicar alimento experimental se obtuvo un mejor crecimiento en las tilapias con respecto a las que fueron alimentadas con alimento comercial, por tanto se acepta la hipótesis alternativa ya que hubo una diferencia entre el crecimiento de las tilapias alimentadas con ambas dietas.



## VIII.- RECOMENDACIONES

A los futuros investigadores y productores de tilapia recomendamos:

1. Comprobar que el dispositivo experimental esté funcionando correctamente antes de sembrar las tilapias.
2. Evitar la presencia de animales cerca del área de trabajo ya que estos incursionaban al área de trabajo y a la bodega donde se almacenaba el alimento.
3. Almacenar el alimento en un lugar seco, sin que se introduzca humedad, ni insectos para asegurar su efectividad.
4. Contar con el equipo necesario y en buen estado para la toma de parámetros.
5. Poner malla sobre los dispositivos para evitar la influencia de aves y minimizar la incidencia directa del sol sobre la temperatura del agua de cultivo.
6. Usar charolas suspendidas para la alimentación si el alimento que va a utilizar no es flotante.
7. Realizar una excelente selección de tilapias para tener solo machos en el experimento y evitar que se dé la reproducción de estos organismos durante la investigación.



8. Que al momento de la compra de los alevines ponerse de acuerdo con los proveedores en día y hora exactos, contar con las herramientas necesarias para evitar que nuestros organismos se estresen y haya mortalidades a la hora del transporte.
  
9. Continuar con este tipo de investigación experimental para verificar si existen otros tipos de alimentos que permitan bajar costos a cada tipo sistema de cultivo y saber cuál es más efectivos a diferentes densidades de siembra.
  
10. Realizar muestreos poblacionales periódicos para no sobrealimentar los organismos.
  
11. Verificar al momento de la siembra que los alevines tengan el mismos peso y talla, para llevar un mejor control en la investigación.



## IX.- BIBLIOGRAFIA

1. Alamilla T. (2001). Cultivo de tilapia. ZOE Tecno-Campo. México D.F. México. (En línea). Consultado 25 abril 2012. Disponible en [www.zoetecnocampo.com/documentos/tilapia/tilapia.htm](http://www.zoetecnocampo.com/documentos/tilapia/tilapia.htm)
2. Anónimo 1. (2001). Biología reproductiva de la *Oreochromis niloticus*. Consultado el día 22 de marzo de 2012. Disponible en: <http://www.acuacultura-ca.orrghn>.
3. Anónimo 2. (2004). Acerca del cultivo de tilapia roja o del nilo. (En línea). Consultado 15 Mayo 2012. Disponible en: [http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/01-especies/archivos/000008-Tilapia/071201\\_Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20o%20Del%20Nilo.pdf?PHPSESSID=e5b9f2d7a15cd20fa770fe0e88d6dbe0](http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/01-especies/archivos/000008-Tilapia/071201_Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20o%20Del%20Nilo.pdf?PHPSESSID=e5b9f2d7a15cd20fa770fe0e88d6dbe0)
4. Anónimo 3. (2005). Cultivo de tilapia en estanques rústicos. (En línea). Consultado 15 Mayo 2012. Disponible en: [acuicultor.info/2009/05/documento-cultivo-de-tilapia-en.html](http://acuicultor.info/2009/05/documento-cultivo-de-tilapia-en.html)
5. Anónimo 4. (2006). Sistemas de Recirculación en Acuicultura. (En línea). Consultado el 01 de octubre del 2012. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_peces/piscicultura/37-sistemas\\_recirculacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/37-sistemas_recirculacion.pdf)
6. Arroyo M. (2008). Aprovechamiento de la harina de plecostomus spp como ingrediente en el alimento para el crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*). (En línea) Consultado el 02 de septiembre del 2012. Disponible en: <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/3562/1/APROVECHAMIENTO HARINA.pdf>
7. Boyd C y Egna H. (2005). Dinámica de los estanques en acuicultura. Dirección de Acuicultura. (En línea). Consultado 25 noviembre 2012. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_peces/piscicultura/05-acuicultura\\_sagpya.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/05-acuicultura_sagpya.pdf)
8. Bhujel. Ram C PhD. (2002) Manejo Alimentario para Tilapia. Panorama Acuícola, Vol 7 nº 4. (En línea). Consultado 23 mayo 2012. Disponible en: [http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=Cultivos/01-Especies/archivos/000008-Tilapia/071201\\_Manejo%20Alimentario%20para%20Tilapia%20-%20Nutricion%20y%20bajo%20costo.php?PHPSESSID=48e9ce9fb78f5d0b878980945cd35e8b](http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=Cultivos/01-Especies/archivos/000008-Tilapia/071201_Manejo%20Alimentario%20para%20Tilapia%20-%20Nutricion%20y%20bajo%20costo.php?PHPSESSID=48e9ce9fb78f5d0b878980945cd35e8b)



9. Bravo C. Chalèn J. Bocca F. (2003). "Análisis económico – financiero de la producción y comercialización de la tilapia roja como una opción para la exportación". (En línea). Consultado 19 mayo 2012. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/533/1/975.pdf>
10. Cantor A.F. (2007). Manual de producción de tilapia. 135pp. (En línea). Consultado 23 abril 2012. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/26642997/Curso-de-Cultivo-de-Tilapia>
11. Cerdá J., M., L. Pérez, L. Zaragoza y J. Fernández. 1998. Departamento de Ciencia Animal. Universidad Politécnica. Valencia. España. vol. 47, núm. 177, p. 20.
12. Dormon K. (2008). "Caracterización de los efluentes de dos sistemas de producción de tilapia y el posible uso de plantas como agentes de biorremediación". Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ingeniería. Escuela de estudios de postgrado. Maestría en ciencia y tecnología del medio ambiente. (En línea). Consultado 25 noviembre de 2012. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0157\\_MT.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0157_MT.pdf)
13. FAO (2009). Oreochromis niloticus (En línea). Consultado el 3 julio del 2012. Disponible en: [ftp://ftp.fao.org/fi/document/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es\\_niletlapia.htm](ftp://ftp.fao.org/fi/document/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_niletlapia.htm)
14. Flores P. (2010), Manual de crianza de tilapia Nicovitaalicorp buenos aires. Argentina 49 pp. (En línea). Consultado 23 abril 2012. Disponible en: [www.industriaacuicola.com/.../Tilapia/Manual.ftp://ftp.fao.org/fi/document/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es\\_niletlapia.htm](http://www.industriaacuicola.com/.../Tilapia/Manual.ftp://ftp.fao.org/fi/document/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_niletlapia.htm)
15. González G. (2004). Manifestación ambiental en su modalidad particular. Cultivo de tilapia. (En línea) Consultado el 21 de noviembre del 2012. Disponible en: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/yuc/estudios/2004/31YU2004PD024.pdf>
16. Gunter (2000). Guía para el cultivo de tilapia 138 pp. Primera edición. Impreso en México.
17. Herrera C. (2012). Folleto de calidad de agua. León-Nicaragua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. (CD-ROOM). 58 pp.
18. Hoyos A, Fernández, Reta J, Suarez. (2011). Manual de Acuicultura para la producción de Mojarra Tilapia. (En línea). Consultado 19 mayo 2012. Disponible en:



<http://producirmejor.com/PUBLICACIONES%20NUEVAS/ACUACUL/MANUAL%20ACUCULTURA%20MOJARRA%20TILAPIA.pdf>

19. Hurtado N. (2005). Inversión sexual en tilapias. Lima – Perú.(En línea) Consultado 23 abril 2012. Disponible en:[http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh\\_invsextilapia.pdf](http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh_invsextilapia.pdf)
  
20. Ingle de la Mora. G, Villareal-Delgado. E, Arredondo, J, Ponce-Palafox. J, Barriga. I. (2003).Evaluación de algunos parámetros de calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces. Instituto Nacional de la Pesca. México D.F. Planta Experimental de Producción Acuícola, Departamento de Hidrobiología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa .México, D. F. (En línea). Consultado el 21 de noviembre del 2012. Disponible en:<http://148.206.53.230/revistasuam/hidrobiologica/include/getdoc.php?id=39&article=45&mode=pdf>
  
21. Lacayo L. (2000). Tilapia con gran potencial exportador. (En línea). Consultado 29 octubre 2012. Disponible en:<http://archivo.laprensa.com.ni/archivo/2000/noviembre/23/economia/economia-20001123-12.html>
  
22. Marroñas M. (2006). Crecimiento individual en peces. (En línea) Consultado el 25 mayo del 2012. Disponible en:<http://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/ecopoblaciones/TP/Mar%202006%20%20Crecimiento%20individual%20en%20peces.pdf>
  
23. Martínez, E. y Rosa, C. 1996. Aspectos de la biología reproductiva del camarón blanco del golfo de México, Campeche. Pag. 33
  
24. Martínez F. (2008). Curso sobre granjas integrales la piscicultura. Universidad del valle. (En línea). Consultado el 22 de noviembre el 2012. Disponible en:<http://eidenar.univalle.edu.co/docentes/catedra/docs/fmartinez/CULTIVO%20E%20LA%20TILAPIA.pps>
  
25. Meyer D. (2003) Tecnologías para el cultivo de tilapia en pequeña escala. (En línea). Consultado 23 abril 2012. Disponible en:<http://aq.arizona.edu/azaqua/ista/Markets/Meyer%20Technology%20small%20scale%20fish%20culture.ppt>
  
26. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 2001, San Salvador, Salvador. Guía Para el Cultivo de Tilapia en estanques (En línea). Consultado 19 mayo 2012. disponible en: <http://luisdi.files.wordpress.com/2008/08/guía-tecnica-tilapia.pdf>



27. Mundo tilapia. (2001). OREOCHROMIS NILOTICUS. (En línea). Consultado el 29 de septiembre del 2012. Disponible en:<http://www.mundotilapia.es.tl/Tilapia-Oreochromis-niloticus.htm>
28. NICOVITA. (2002).Manual de crianza de Tilapia. (En línea).Consultado 23 abril 2012.Disponible en:<http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>
29. Ramos F, Triminio S, Meyer D, Barrientos A (2006). Determinación de los costos del cultivo de tilapia a pequeña y mediana escala. (En línea). Consultado 23 mayo 2012. Disponible en:[http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured\\_titles/Determinacion\\_Meyer007.pdf](http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured_titles/Determinacion_Meyer007.pdf)
30. Saavedra M. (2006).Manejo del Cultivo de Tilapia. . (En línea).Consultado 24 abril 2012.Disponible en:[http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades del cultivo de Tilapia.pdf](http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.pdf)
31. Toledo S. (2005). Cultivo de tilapia. Jefe del Laboratorio de Organismos Acuático. Centro de Preparación Acuícola Mamposton. Ministerio de la Industria Pesquera. (En línea). Disponible en:<http://www.adeformosa.org.ar/templates/media/pdf/Experiencia%20en%20Cuba%20y%20de%20desarrollo%20en%20la%20Argentina.pdf>
32. Trasviña A, Cervantes M, Pérez E, Timmons M (2007). Sistema de recirculación modular para uso familiar/multifamiliar. Instituto Tecnológico de Boca del Rio. Veracruz, México. (En línea). Consultado el 28 de septiembre del 2012. Disponible en:[http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured\\_titles/Timmons%20Manual%2007.pdf](http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured_titles/Timmons%20Manual%2007.pdf)
33. Tsang S, Quintanilla M. (2008). Manual sobre “Reproducción y cultivo de tilapia”. El Salvador. Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA). (En línea). Consultado 30 de Noviembre del 2012.Disponible en:[http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&download=172:manual&id=25:apoyo-a-la-produccion&Itemid=215](http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=172:manual&id=25:apoyo-a-la-produccion&Itemid=215)
34. Tveteras R, Ph.D. 2012. Producción: Resumen Global de Peces. Revista Global Aquaculture Advocate. Volumen 15.no.1. (En línea). Consultado el 20 de septiembre del 2012. Disponible en: <http://www.gaalliance.org/mag/2012/SP-Jan-Feb/offline/download.pdf>



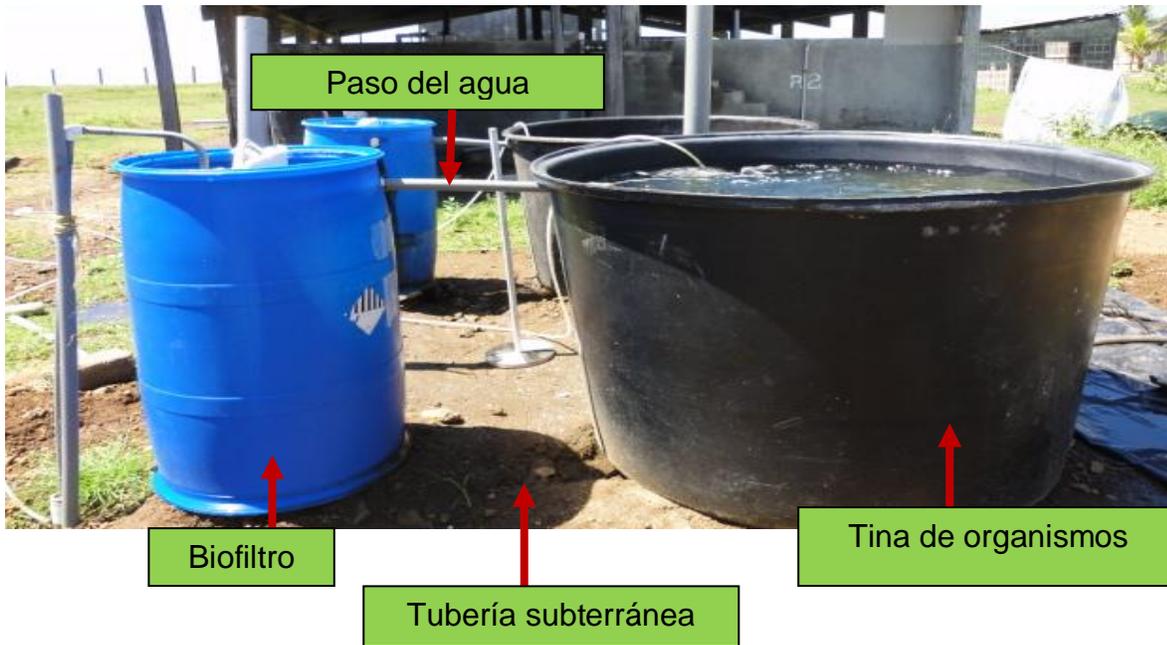
35. Vásquez A. (2011). Tarea n°8 Máquinas y Equipos “Tipos de filtros biológicos”. Instituto Profesional La Araucana. (En línea). Consultado 29 octubre 2012. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/74097216/Biofiltros-en-sistemas-de-recirculacion-para-la-Acuicultura>
36. Zapata D, Gil J, González C (2008). Prueba de crecimiento en tilapia roja (*Oreochromis*) con niveles de inclusión de harina de yuca en la dieta. (En línea). Boletín del consorcio latinoamericano y del Caribe de apoyo y de la investigación de la yuca- clayuca). 9 pp. Consultado el 16 junio del 2012. Disponible en: [http://www.clayuca.org/clayucanet/edicion12/articulo\\_tilapia.pdf](http://www.clayuca.org/clayucanet/edicion12/articulo_tilapia.pdf)



# *ANEXOS*

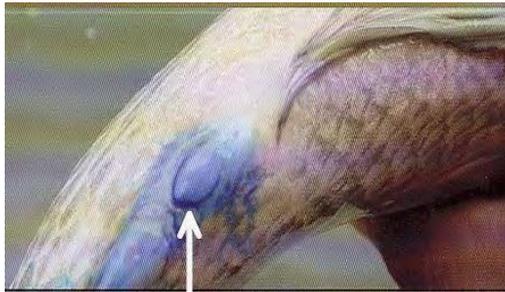


## 10.1 Dispositivo Experimental





### 10.2 Foto de la hembra y macho tilapia (*Oreochromis niloticus*)



MACHO



HEMBRA

### 10.3 Proceso de elaboración del alimento experimental





### 10.4 Trasladando los Organismos



### 10.5 Alimentación





### 10.6 Medición de Factores Físicos-Químicos



### 10.7 Muestreos Biológicos

