

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**

**UNAN-León**

**Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias.**

**Carrera: Ingeniería Acuícola.**



Tesis para optar al título de Ingeniero Acuícola

Efecto de dos dietas comerciales: alimento de tilapia vs alimento de camarones, sobre el crecimiento de tilapia Oreochromis niloticus en condiciones experimentales de invernadero.

Autores:

Br. Víctor Orlando Castillo Pichardo.

Br. Salvador Alberto Sánchez Ramírez.

“A la libertad por la universidad”

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**

**UNAN-León**

**Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias.**

**Carrera: Ingeniería Acuícola.**



Tesis para optar al título de Ingeniero Acuícola

Efecto de dos dietas comerciales: alimento de tilapia vs alimento de camarones, sobre el crecimiento de tilapia Oreochromis niloticus en condiciones experimentales de invernadero.

Autores:

Br. Víctor Orlando Castillo Pichardo.

Br. Salvador Alberto Sánchez Ramírez.

Tutor:

Dr. Evenor Martínez G.

“A la libertad por la universidad”

## RESUMEN

En la tilapicultura la alimentación de los organismos constituye el principal elemento de interés económico puesto que dicho insumo representa entre el 50 y el 60% de los costos de producción, mucho se ha estudiado acerca de los requerimientos nutricionales de las tilapias, con la implementación de este trabajo experimental se pretende demostrar que nuevas dietas alternativas y de menor costo pudieran venir a cumplir con la demanda nutricional de dichos organismos y a disminuir los costos de producción. Como objetivo general de nuestro estudio se determinó el efecto de dos dietas comerciales una para camarón y otra para tilapias sobre el crecimiento de las tilapias Oreochromis niloticus en condiciones de invernadero. Este experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la finca la esperanza, ubicada en la comunidad la Leona, Municipio de León, se crearon dos dispositivos experimentales los cuales contaban con tres recipientes plásticos de 0.4 m<sup>2</sup> y 200 lt cada una y un reservorio de fibra de vidrio de 300 lt de capacidad. se sembraron 4 organismos en cada una de las tinas, teniendo 12 organismos por dispositivo e iniciando en ambos tratamientos con un peso inicial de 10.6 gr. Según los resultados obtenidos los factores físico químicos demuestran que el oxígeno disuelto vario entre 3.3 a 7.1 la temperatura vario entre 29.6 y 33.6 y el pH vario entre 6.4 y 7.6. Los parámetros poblacionales muestran que los pesos iniciales de ambos tratamientos fueron de 10.5 gr y al final los organismos alimentados con alimento comercial para camarón registraron un peso de 19.2 y los organismos alimentados con alimento comercial para tilapias registraron 21.2 gr de peso final. El factor de conversión alimenticia vario entre 0.5 y 1.3 para el tratamiento 0.5 a 1.2 para el tratamiento 2 alimentado con alimento comercial para tilapias, la sobrevivencia final fue de 92% en ambos tratamientos. El rendimiento productivo para el tratamiento 1 fue de 11629.96 Lb/ha y para el tratamiento 2 de 12841.41 Lb/ha. De acuerdo a estos resultados podemos decir entonces que el crecimiento de las tilapias Oreochromis niloticus es mayor con el alimento comercial para tilapias.

## **DEDICATORIA**

A Dios por iluminar mi camino en todo momento y permitirme concluir mis estudios.

A mis padres Ana Ramírez y Fernando Sánchez, por apoyarme siempre con esfuerzo y amor.

A mis hermanos por su ayuda y motivación que me dieron para culminar mi carrera.

A todos los profesores que he tenido en el transcurso de la carrera por enseñarme con dedicación y esfuerzo.

Y por último a todos mis compañeros y amigos de esta generación por demostrarnos el verdadero valor del compañerismo y la amistad.

## **DEDICATORIA**

A Dios nuestro señor, ya que sin su ayuda no hubiese obtenido los triunfos que hasta hoy he logrado.

A mis padres Dina Arcelia Pichardo Avilés y Víctor Manuel Castillo Matute, por apoyarme siempre con amor, esfuerzo, sacrificios, entrega y dedicación.

A mis hermanos y resto de la familia en particular a mis tías: Rosa Nery Pichardo Castillo y María Betzabe Castillo Matute por apoyarme en los buenos y malos momentos de esta etapa.

A mis profesores que a lo largo de estos 5 años se encargaron de transmitirme sus conocimientos con dedicación, entrega y esfuerzo para formarnos como buenos profesionales.

Por ultimo pero no menos importante a mis compañeros y amigos de esta generación por demostrar el verdadero valor del compañerismo y la amistad.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por estar presente siempre en mi vida, y por permitirme terminar en bien esta tesis.

A mis padres Ana Ramírez y Fernando Sánchez, por su amor y apoyo constante en el transcurso de mi vida.

A todos mis profesores y todos aquellos que gracias a sus consejos me motivaron a mejorar y a seguir adelante dando siempre lo mejor de sí mismo, en especial a los profesores: Dr. Evenor Martínez, MSc. Claudia Herrera.

A toda mi generación por demostrarme en todo este tiempo el buen valor de la amistad.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios principalmente por haberme regalado la vida y por tantas bendiciones a lo largo de mi vida, en especial por haberme permitido terminar de muy buena manera este trabajo Investigativo.

A mis padres Dina Arcelia Pichardo Avilés y Víctor Manuel Castillo Matute por todo el amor, confianza y apoyo, que me han brindado a lo largo de mi vida.

A mis hermanos y familiares en particular a mis tías Rosa Nery Pichardo Castillo y María Betzabe Castillo Matute por todo el cariño y apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida.

A todos mis profesores que con esmero y cariño nos educaron, gracias por esas críticas y consejos que en su momento nos incentivaron a mejorar como persona y profesionista en especial a los profesores: Dr. Evenor Martínez, MSc. Claudia Herrera e Ing. Álvaro Barreto.

A mi tutor Dr. Evenor Martínez por su esmerada instrucción y orientación a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A toda nuestra generación por demostrarme en todo momento su apoyo, su compañerismos y amistad.

## Contenido

I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- OBJETIVOS.....	3
III.- Hipótesis.....	4
IV.- LITERATURA REVISADA.....	5
4.1 Clasificación Taxonómica de Oreochromis niloticus. ....	5
4.2 Ciclo de vida de la tilapia Oreochromis niloticus. ....	6
4.2.1 Desarrollo embrionario.....	6
4.2.2 Alevín.....	7
4.2.3 Cría.....	7
4.2.4 Juvenil .....	7
4.2.5 Adulto .....	7
4.3 Distribución de la tilapia Oreochromis niloticus. ....	7
4.4 Hábitat de la tilapia Oreochromis niloticus. ....	8
4.5 Respiración .....	9
4.6 Hábitos reproductivos .....	9
4.7 Morfología externa.....	10
4.8 Morfología interna de la tilapia Oreochromis niloticus. ....	11
4.8.1 Sistema digestivo de la tilapia.....	11
4.9 Digestibilidad de la Tilapia Oreochromis niloticus. ....	13
4.10 Requerimientos nutricionales.....	14
4.10.1 Requerimiento proteico de las tilapias.....	15
4.10.2 Requerimientos de Aminoácidos.....	16
4.10.3 Requerimientos de Energía .....	17
4.10.4 Requerimientos de Vitamina C.....	17
4.11 Características de las tilapia Oreochromis niloticus. ....	18
4.12 Alimentación de la Tilapia Oreochromis niloticus. ....	19
4.12.1 La alimentación natural de las tilapias.....	19
4.12.2 La alimentación en tilapicultura. ....	19
4.13 Alimento comercial .....	19
4.14 Horas de Alimentación.....	19

4.15 Estrategias de alimentación.....	20
4.15.1 Alimentación en un solo sitio.....	20
4.15.2 Alimentación en “L” (Dos orillas del estanque).....	20
4.15.3 Alimentación periférica.....	21
4.16 Buenas prácticas de alimentación .....	21
4.17 Tamaño de alimento balanceado según estadio de la tilapia.....	21
4.18 Tabla de alimentación.....	22
4.19 Ración alimenticia.....	22
4.19.1 Relación crecimiento-ración.....	23
4.19.2 Ración cero (ayuno).....	24
4.19.3 Ración de mantenimiento .....	24
4.19.4 Ración máxima .....	24
4.19.5 Ración óptima.....	24
4.20 Sistemas de producción.....	24
4.20.1 Sistema extensivo.....	24
4.20.2 Sistema semi-intensivo .....	25
4.20.3 Sistema intensivo.....	25
4.21 Aclimatación y siembra.....	26
4.22 Calidad de agua .....	27
4.22.1 Factores físico-químicos .....	27
4.22.2 Temperatura .....	27
4.22.3 Oxígeno disuelto.....	28
4.22.4 pH.....	29
4.23 Funciones de un invernadero en tilapicultura.....	29
4.24 Muestras poblacionales de la tilapia. ....	29
4.24.1 Muestreo probabilístico .....	30
4.24.2 Muestreo no probabilístico .....	30
4.25 Parámetros Poblacionales.....	30
4.25.1 Crecimiento acumulado. ....	30
4.25.2 Ritmo de crecimiento .....	31
4.25.3 Tasa de crecimiento.....	31
4.25.4 Supervivencia .....	32
4.25.5 Factor de conversión alimenticia.....	33

4.25.6 Rendimiento Productivo.....	34
V.- MATERIALES Y METODOS .....	35
5.1 Localización.....	35
5.2 Diseño y dispositivo experimental.....	35
5.3 Flujo de agua en el lugar del experimento. ....	36
5.4 Obtención de organismos.....	37
5.5 Tabla de alimentación.....	37
5.6 Factores físico – químicos. ....	38
5.6.1 Oxígeno disuelto.....	38
5.6.2 Temperatura .....	38
5.6.3 pH.....	38
5.7 Parámetros poblacionales. ....	39
5.7.1 Crecimiento acumulado .....	39
5.7.2 Ritmo de crecimiento .....	40
5.7.3 Tasa de crecimiento.....	40
5.7.4 Supervivencia .....	40
5.7.5 Factor de conversión de alimento .....	41
5.7.6 Rendimiento productivo .....	42
5.8 Manejo de datos .....	42
VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	43
VII.- CONCLUSIÓN.....	52
7.1 Factores fisicoquímicos .....	53
7.2 Parámetros poblacionales .....	53
VIII.-RECOMENDACIONES.....	55
IX.-BIBLIOGRAFÍA.....	56

## I.- INTRODUCCIÓN

Una de las claves importantes para el éxito del cultivo de la tilapia *Oreochromis niloticus* es la alimentación. Sus requerimientos y tipos de alimentos varían con la edad del pez. Actualmente, la acuicultura Latinoamericana, presenta una serie de problemas relacionados a la alimentación y nutrición de la tilapia, es por esto que la alimentación de los peces con concentrados comerciales tiene una alta participación en los costos totales de producción, de ahí la importancia de proporcionar alimentos balanceados con las cantidades precisas de nutrientes. Las exigencias nutricionales de los alevinos son iguales a la de las tilapias en terminación en términos cualitativos, sin embargo en términos cuantitativos, las exigencias son mayores en peces jóvenes que en adultos. Por lo tanto, una de las mayores problemáticas dentro del cultivo de esta especie es la búsqueda de balanceados que influyan en la velocidad del crecimiento o en el logro de las tallas máximas de la especie y sin afectar la relación costo-beneficio. (Torres & Hurtado 2012)

La tilapia ocupa uno de los lugares primordiales de cultivo, ya que se presenta como la alternativa más ventajosa para la producción de proteína sana y barata, dado sus altos rendimientos, debido a que su crecimiento es mayor que el de otras especies en sistemas de cultivo, pero para el éxito de dicho cultivo es importante en gran parte el conocimiento de la alimentación y su papel en el crecimiento de dicho organismo.

En la actualidad, el incremento de la demanda de alimentos balanceados en la acuicultura a escala mundial ha tenido un incremento notorio. No obstante que todos los ingredientes son importantes, la proteína de origen animal es el insumo que se incrementa de manera sustancial y por lo tanto repercute en la rentabilidad del cultivo, ya que puede representar entre un 40 y 60% de los costos de operación en una granja (FAO, 2000). El éxito de la actividad piscícola depende de la eficiencia en el cultivo, principalmente del tipo, manejo del alimento y técnicas de alimentación considerando la calidad y cantidad del alimento suministrado.

Debido a la explosión que representa y que representará el cultivo de la tilapia en la región, existe una tendencia creciente a intensificar los sistemas de cultivo, lo que conlleva a la intensificación y mejoras de la alimentación. En consecuencia, una buena elección y manejo de la misma constituye uno de los principales aspectos para el éxito económico de cualquier empresa.

La búsqueda de balanceados con todos sus requerimientos nutricionales destinados al crecimiento de la tilapia es necesario. Los resultados de este trabajo de investigación podrán demostrar comparativamente la eficiencia de cada una de las dietas estudiadas en cada uno de los cultivos experimentales, sin olvidar la relación costo –beneficio.

## II.- OBJETIVOS

### General:

Comparar el comportamiento del crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus*, alimentadas con dieta comercial para tilapias vs dieta comercial para camarón en condiciones de invernadero.

### Específicos:

1. Comprobar que los factores físicos y químicos, Temperatura, Oxígeno Disuelto y pH no presenten diferencias significativas entre los tratamientos en condiciones de invernadero.
2. Determinar el crecimiento acumulado, Ritmo de crecimiento y tasa de crecimiento de las tilapia *Oreochromis niloticus*, alimentadas con dieta comercial para tilapias vs dieta comercial para camarón.
3. Calcular la Supervivencia, Factor de Conversión Alimenticio, y Rendimiento Productivo.

### III.- Hipótesis

**Ho.** El crecimiento de la tilapia *Oreochromis niloticus* es igual con el tratamiento de alimento para tilapias, que con el tratamiento de alimento para camarones.

**Ha.** El crecimiento de la tilapia *Oreochromis niloticus* es diferente con el tratamiento de alimento para camarones, que con el tratamiento de alimento para tilapias.

## IV.- LITERATURA REVISADA

### 4.1 Clasificación Taxonómica de Oreochromis niloticus.

De acuerdo a la clasificación de Berg, modificada por Trewavas (1983), las tilapias se clasifican de la siguiente manera:

<b>Phyllum</b>	<b>Chordata</b>
<b>Subphylum</b>	<b>Craneata</b>
<b>Superclase</b>	<b>Gnathostomata</b>
<b>Serie</b>	<b>Pisces</b>
<b>Clase</b>	<b>Actinopterygii</b>
<b>Orden</b>	<b>Perciforme</b>
<b>Suborden</b>	<b>Percoidei</b>
<b>Familia</b>	<b>Cichlidae</b>
<b>Género</b>	<b>1) Tilapia</b>
<b>Especie</b>	<b>a) <i>rendalli</i></b> <b>b) <i>zillii</i></b>
	<b>2) Oreochromis</b>
<b>Especie</b>	<b>a) <i>aureus</i></b> <b>b) <i>niloticus</i></b> <b>c) <i>massambicus</i></b> <b>d) <i>urolepis hornorum</i></b>

## 4.2 Ciclo de vida de la tilapia *Oreochromis niloticus*.

El ciclo de vida de la tilapia comprende solo 5 etapas básicas, cada etapa se describe en la figura siguiente:

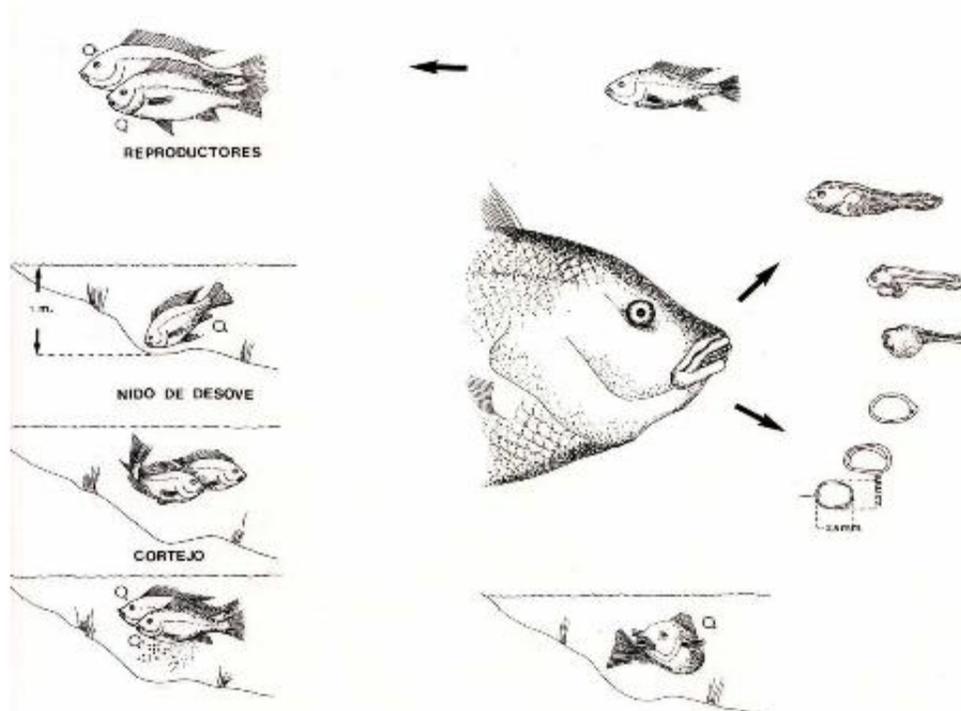


Figura No.1. Ciclo de vida de Tilapia (Cantor, 2007).

### 4.2.1 Desarrollo embrionario

Cuando se lleva a cabo la fecundación, a medida que avanza la división celular las células comienzan a envolver el vítelo hasta rodearlo completamente, dejando en el extremo una abertura que más tarde se cierra. Posteriormente, una vez formada la mayor parte del organismo, el embrión comienza a girar dentro del espacio perivitelino, ese movimiento giratorio y los demás movimientos se hacen más enérgicos antes de la eclosión. Los metabolitos del embrión contienen algunas enzimas que actúan sobre la membrana del huevo y la disuelven desde adentro, permitiendo al embrión romperla y salir fácilmente.

#### **4.2.2 Alevín**

Es la etapa el desarrollo subsecuente al embrión y a la eclosión, dura alrededor de 3 a 5 días; en esta fase, el alevín, se caracteriza porque presenta un tamaño de 0.5 a 1 cm y posee un saco vitelino en el vientre que es de donde se alimenta los primeros días de nacido. Posteriormente a esta talla se le considera cría.

#### **4.2.3 Cría**

Se les llama cría cuando los peces han absorbido el saco vitelino y comienzan a aceptar alimento balanceado, y han alcanzado una talla de 1 a 5 cm. De longitud.

#### **4.2.4 Juvenil**

Son peces con una talla que varía entre 5 y 10 cm, las cuales alcanzan a los 2 meses de edad y aceptan alimento balanceado para crecimiento.

#### **4.2.5 Adulto**

Es la última etapa del desarrollo, los individuos presentan tallas entre 10 y 18 cm y pesos de 70 a 100 gr, características que obtienen alrededor de los 3.5 meses de edad (Cantor, 2007).

### **4.3 Distribución de la tilapia Oreochromis niloticus.**

Tilapia es un término genérico utilizado para designar un grupo de especies de peces de valor comercial pertenecientes a la familia Cichlidae; la expresión se deriva de la palabra nativa de Bechuana (África) "thlape" que significa Pez. Los Cíclidos se clasifican en el Orden Perciformes y habitan las aguas dulces y salobres de África, el Medio Oriente, las zonas costeras de la India, América Central, del Sur y el Caribe, incluyendo a Cuba, representada por dos especies de

Biajaca. Sin embargo, las verdaderas tilapias son sólo nativas de África y el Medio Oriente.

En estos momentos, debido a su introducción por el hombre, está representada en la zona tropical y subtropical de todo el mundo, incluyendo Asia y Oceanía. Los Cíclidos son bien conocidos como peces de acuario por su gran capacidad de adaptación a los nuevos ambientes. También muestran un comportamiento reproductivo especializado, muy relacionado con su compleja biología evolutiva. La clasificación de los Cíclidos y especialmente la tilapia es motivo de confusión entre los científicos y objeto de constantes modificaciones. Una característica distintiva de los Géneros que integran el grupo de las tilapias es ornamento reproductivo, referido al tipo de cuidado que los progenitores brindan a sus crías. En los Géneros *Sarotherodon* y *Oreochromis*, los padres incuban los huevos en la boca y una vez nacidos, cuidan a la descendencia por un tiempo adicional (incubadores bucales); en las que pertenecen al Género *Oreochromis*, sólo la hembra realiza la incubación. Por otra parte, otro grupo de estas especies realiza la incubación sobre un sustrato fijo en el fondo, o construyendo un "nido" sobre ellos; ellas pertenecen al Género *Tilapia* (Toledo & García. 2000)

#### **4.4 Hábitat de la tilapia Oreochromis niloticus.**

Se les encuentra habitando en aguas lénticas (lentas), principalmente someras o turbias (estancadas o inactivas) como lagos, lagunas, litorales, bordos, estanques, charcos así como también en loticas (aguas corrientes) a orillas de ríos entre piedras y plantas acuáticas e inclusive en aguas marinas.

El hábitat que prefieren es de fondo lodoso, toleran altas salinidades, son peces eurihalinos, o sea que pueden vivir en aguas dulces, salobres y marinas, el rango de tolerancia es de 0‰ a 40‰ (partes por mil) y en algunos casos, se ha presentado por arriba de esta salinidad. Son especies euritermas, siendo el rango de tolerancia de 12°C a 42°C. La temperatura ideal para su cultivo fluctúa entre

29°C, aunque se reproduce aún a los 18°C., además soportan concentraciones de oxígeno bastante bajas, su requerimiento mínimo es de 1 mg/lt. (Cantor, 2007).

#### **4.5 Respiración**

La respiración se define como el consumo de oxígeno y está en relación directa con la temperatura, alimentación, talla y época del ciclo de vida. La tilapia por la capacidad de adaptación, puede vivir en condiciones ambientales adversas, puesto que soporta una concentración muy baja de oxígeno disuelto. Esto se debe principalmente a que posee la cualidad de saturar su sangre de oxígeno y de reducir su consumo cuando la concentración de este en el medio es inferior a los 3 mg/l. Se dice que puede cambiar su metabolismo a aeróbico cuando esta concentración de oxígeno disminuye. La concentración de oxígeno disuelto para una correcta producción de tilapias es de 3-8 mg/L de agua. (Cantor, 2007).

#### **4.6 Hábitos reproductivos**

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

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

En el fondo del estanque el macho delimita y defiende un territorio, limpiando un área circular de 20 a 30 cm de diámetro forma su nido. En estanques con fondos blandos el nido es excavado con la boca y tiene una profundidad de 5 a 8 cm.

La hembra es atraída hacia el nido en donde es cortejada por el macho. La hembra deposita sus huevos en el nido para que inmediatamente después sean fertilizados por el macho. La hembra recoge a los huevos fertilizados con su boca y se aleja del nido. El macho continúa cuidando el nido y atrayendo otras hembras con que aparearse. Para completarse el cortejo y desove requieren de menos de un día.

Antes de la eclosión los huevos son incubados de 3 a 5 días dentro de la boca de la hembra. Las hembras no se alimentan durante los períodos de incubación y cuidado de las larvas. Las larvas jóvenes (con saco vitelino) permanecen con su madre por un periodo adicional de 5 a 7 días, escondiéndose en su boca cuando el peligro acecha. La hembra estará lista para aparearse de nuevo aproximadamente una semana después de que ella deja de cuidar a sus hijos. Después de dejar a sus madres los pececillos forman grupos (bancos) que pueden ser fácilmente capturados con redes de pequeña abertura (ojo) de malla.

Bancos grandes de pececillos pueden ser vistos de 13 a 18 días después de la siembra de los reproductores (Saavedra, 2006).

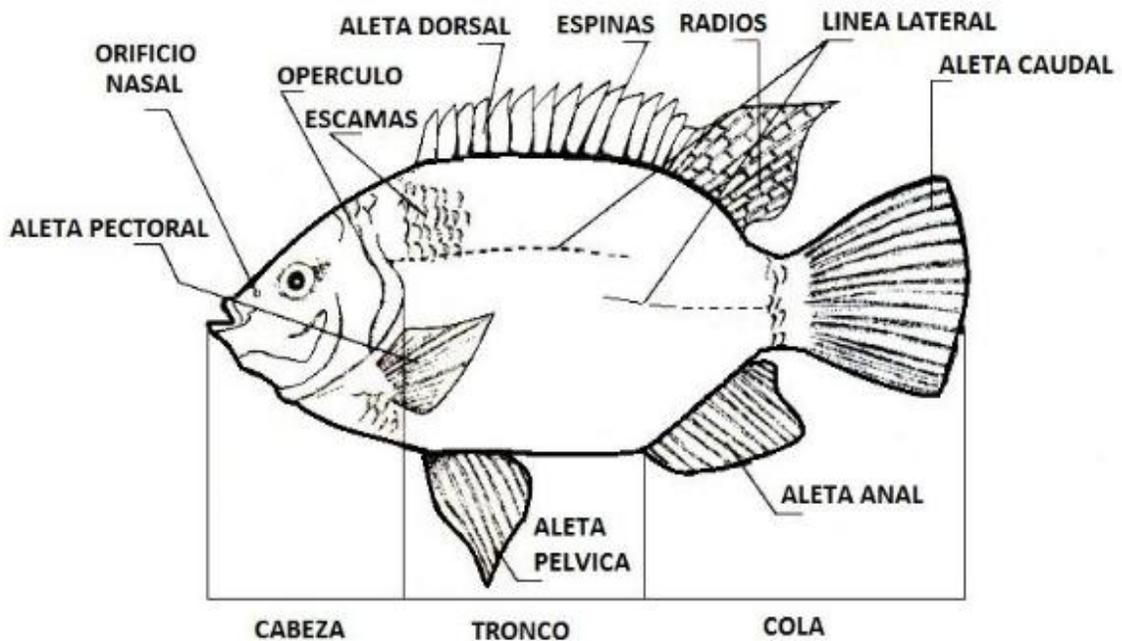
#### **4.7 Morfología externa**

La familia Cichlidae se caracteriza por presentar peces de coloración oscura grisácea con manchas negras, principalmente nativos de África, América Central y la parte tropical de Sudamérica.

Presenta un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo, es generalmente comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado; en muchas especies, la cabeza del macho invariablemente más grande que la de la hembra;

algunas veces con la edad y el desarrollo se presentan en el macho tejido grasos en la región anterior y dorsal de la cabeza (Dimorfismo sexual).

La boca protráctil, generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos; las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Presentan membranas branquiales unidas por 5 ó 6 radios branquióstegos y un número de branquiespinas, según las diferentes especies.



**Figura No. 2 Morfología Externa de Tilapia (Morales, 2003)**

#### **4.8 Morfología interna de la tilapia Oreochromis niloticus.**

##### **4.8.1 Sistema digestivo de la tilapia.**

El sistema digestivo de la tilapia se inicia en la boca, que presenta en su interior dientes mandibulares (pueden ser unicúspides, bicúspides y tricúspides según las diferentes especies) y continúa con el esófago y el estómago. El intestino es en forma de tubo que se adelgaza después del píloro diferenciándose en dos partes:

una anterior corta, que corresponde al duodeno, y una posterior más larga aunque de menor diámetro.

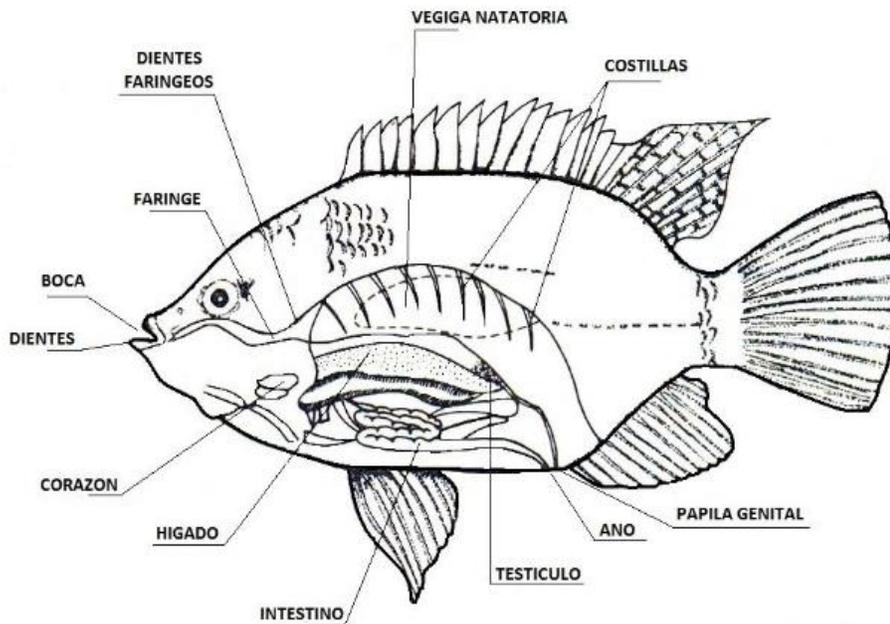
El intestino es siete veces más largo que la longitud total del cuerpo, característica que predomina en las especies herbívoras. Presenta dos glándulas importantes asociadas con el tracto digestivo: el hígado, que es un órgano grande y de estructura alargada y el páncreas, en forma de pequeños fragmentos redondos y difíciles de observar por estar incluidos en la grasa que rodea a los ciegos pilóricos.

El sistema circulatorio está impulsado por un corazón generalmente bilobular y de forma redonda, compuesto por tejido muscular y localizado casi en la base de la garganta. La respiración es branquial, estando estas estructuras constituidas por laminillas delgadas alojadas en la cavidad opercular.

Posee una vejiga natatoria que se localiza inmediatamente bajo la columna dorsal y que tiene forma de bolsa alargada, la cual funciona como un órgano hidrostático que ayuda al pez para flotar a diferentes profundidades.

El sistema excretor está constituido por un riñón en forma ovoide que presenta un solo glomérulo; unos uréteres secretan en la vejiga y ésta descarga a su vez en la cloaca.

El aparato reproductor está constituido por un par de gónadas que en las hembras son ovarios de forma tubular alargada de diámetro variable. En los machos los testículos también son pares y tienen el aspecto de pequeños sacos de forma alargada, (Arredondo & cols., 1994)



**Figura No. 3 Morfología interna de Tilapia (Morales, 2003)**

#### **4.9 Digestibilidad de la Tilapia Oreochromis niloticus.**

La digestibilidad del alimento 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 el crecimiento y mantenimiento. El exceso de alimento es almacenado en forma de grasa una vez satisfecho su requerimiento energético.

Aguas acidas disminuyen el apetito de las tilapias y a esto se debe el pobre crecimiento de los peces. Para una buena digestión es conveniente proporcionar a

los peces el alimento de 4 a 5 raciones al día para todas las etapas de crecimiento y engorda. (González, 2004).

#### **4.10 Requerimientos nutricionales**

Las tilapias utilizan, efectivamente, organismos que existen naturalmente en el medio ambiente y que no son ingeridos por otros peces. Algunos potenciales productores, sin embargo, estiman erróneamente que esta especie debe necesitar, en consecuencia, requerimientos nutricionales muy simples. Sin embargo, los requerimientos nutricionales de la tilapia, son muy similares a los de otros peces de aguas cálidas. Las tasas de alimentación recomendadas comienza cuando los peces pesan entre 1-5 g, al 10- 7% de su peso corporal y va disminuyendo a medida que aumenta el crecimiento. Para tilapia de entre 100-200 g, la tasa está fijada en 2,5 a 2 y en tilapias de 200 a 400 g en cerca de 2-1,5 % del peso corporal.

El peso corporal promedio se deberá determinar por medio de biometrías quincenales o mensuales y de acuerdo a ellas se regula la alimentación. La temperatura es un factor importante dentro de esta regulación; ya que el apetito decrece a bajas temperaturas. Ellas son consumidoras continuas durante la luz del día y estas consideraciones hacen que la alimentación se divida en dos a cuatro comidas diarias. En grandes producciones se utilizan alimentadores automáticos. La eficiencia de conversión (kg de alimento/kg de peso vivo ganado), es en general menor de 2,0 para alta alimentación y alto nivel de calidad de los alimentos.

Con raciones que contengan de 28 a 30% de proteína cruda, adecuada energía, minerales y vitaminas (producciones intensivas) en estanques con producciones de cerca de 4000 kg/ha, este cociente varía entre 1,3 a 1,7 para peces que abarcan desde 20 a 30 g hasta peso final de 400-500 g.

La alimentación de los peces con concentrados comerciales tiene una alta participación en los costos totales de producción, de ahí la importancia de proporcionar alimentos balanceados con las cantidades precisas de nutrientes.

Las exigencias nutricionales de los alevinos son iguales a la de las tilapias en terminación en términos cualitativos, sin embargo en términos cuantitativos, las exigencias son mayores en peces jóvenes que en adultos (ORINOQUIA, 2012).

#### **4.10.1 Requerimiento proteico de las tilapias.**

El tamaño y la edad del pez, la fuente proteica, el contenido de energía de la ración, calidad del agua y las condiciones de cultivo, afectan los requerimientos de proteína de la tilapia (El Sayed, 2003). En la fase de larva (Hayashi *et al.* 2002) recomienda 35% de PB para máximo desempeño. Los requerimientos de proteína bruta para las fases de reversión, pos reversión hasta 100 g y mayor de 100 g son de 41,30; 29,73 y 26,8% respectivamente (Furuya, 2010) para un óptimo rendimiento. (Costa, *et al.* 2009), estimaron el requerimiento de 32% de PB para tilapia del Nilo en fase de crecimiento.

Para la alimentación de los peces en su diferente estadio, se debe tener en cuenta el nivel de proteína con el que se obtiene el máximo crecimiento. Así mismo, a medida que avanza el cultivo, este nivel de proteínas que produce máximo crecimiento disminuye con el incremento del peso del pez. También se debe considerar que en la elaboración de alimentos balanceados para el cultivo intensivo de tilapia, el suplemento de proteína puede llegar a representar más del 50% del costo total del alimento. Por otro lado, también se debe tener en cuenta que el nivel de proteína en la dieta la cual produce máximo crecimiento se ve influenciada por múltiples factores como son:

- ✓ El contenido de energía en la dieta.
- ✓ El estado fisiológico del pez (edad, peso y madurez)
- ✓ Factores ambientales (temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto).

- ✓ La calidad de la proteína (nivel y disponibilidad de aminoácidos esenciales).
- ✓ Tasa de alimentación. (De la Legua, 2002).

**Tabla #1 Requerimientos de proteína para tilapia según su peso.**

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 %

Fuente: De la Legua, 2002

#### **4.10.2 Requerimientos de Aminoácidos**

Los requerimientos de aminoácidos sulfurados pueden ser atendidos con metionina o una mezcla de metionina y cistina. Estudios recientes recomiendan una proporción de metionina y cistina de 50:50 para mejorar el rendimiento de tilapia de Nilo. Del mismo modo, la tilapia requiere aminoácidos aromáticos como la fenilalanina, que puede ser atendido parcialmente por la tirosina (NRC, 1993).

(Furuya *et al.* 2004) estimaron en 1,42% el requerimiento de lisina para tilapia de Nilo en fase de terminación. Entretanto (Bomfim *et al.* 2010), estimaron en 1,70 los requerimientos de lisina digestible para alevinos de tilapia.

Los requerimientos de aminoácidos sulfurados disminuyen con el aumento de peso de la tilapia 1,32% en reversión, 0,92% en post reversión hasta los 100 g de peso y 0.82% para tilapias mayores a 100 g de peso (Furuya, 2010).

#### **4.10.3 Requerimientos de Energía**

Las tilapias requieren básicamente de los ácidos grasos linoleico y el araquidónico presentes en los aceites de origen vegetal. Los lípidos como fuente de energía de bajo costo y alto nivel energético mejoran la conversión alimenticia, estimulan el consumo de alimento y mejoran la digestibilidad de alimentos vegetales en dietas para tilapia del Nilo. La tilapia no utiliza eficientemente los lípidos como fuente energética en niveles por encima de 5% de la dieta (Boscolo *et al.*, 2005).

(Meurer *et al.* 2002) señalan que la energía proveniente de los lípidos tiene poca influencia en el crecimiento de las tilapias.

#### **4.10.4 Requerimientos de Vitamina C**

El ácido ascórbico o vitamina C es cofactor de la hidroxilación de la prolina y lisina para formar hidroxiprolina e hidroxiprolina en procolágeno, el cual es precursor del colágeno, que es necesario en la formación de tejido conectivo, tejido de granulación y matriz ósea.

El ácido ascórbico facilita la absorción de hierro, previniendo así, la anemia en peces. Además, el ácido ascórbico ayuda a la vitamina E para minimizar la peroxidación de los lípidos en los tejidos del pez. La tilapia del Nilo no puede sintetizar la vitamina C. debido a la ausencia de la enzima L-gulonolactona oxidativa, para su formación a partir de glucosa (Barros *et al.*, 2002).

La deficiencia de vitamina C en tilapias, ocasiona deformaciones estructurales como escoliosis y lordosis, afecta el sistema inmune y la actividad reproductiva de la tilapia.

Los requerimientos de vitamina C de 50 mg / kg presentan un desempeño productivo satisfactorio (Toyama *et al.*, 2000).

Tilapias alimentadas con dietas sin ácido ascórbico presentan reducido crecimiento, bajo índice de utilización de proteína digestible, menor digestibilidad aparente de materia seca, elevados niveles de humedad en la composición de la canal y bajos niveles de minerales y proteína bruta en la canal, también pueden presentar movimientos descoordinados, desequilibrio y convulsiones, anorexia, disminución del consumo, hemorragias periféricas en boca, ojos, aletas y alta mortalidad (Barros *et al.*, 2002).

#### **4.11 Características de las tilapia Oreochromis niloticus.**

1. La Tilapia es un pez de carne blanca, de suave sabor, disponible durante todo el año en el mercado y a un precio razonable, interesante para cualquier productor.
2. El agradable sabor y su grueso filete hacen de la tilapia un producto de fácil comercialización.
3. Este pez presenta muchos atributos para su domesticación y cría, entre ellos se incluyen la buena calidad y el sabor de su carne, una gran tolerancia a distintos entornos y la relativa facilidad de reproducción que presenta en cautividad.
4. El desarrollo de este pez permite tener muchas ventajas favorables que la convierten en uno de los géneros más apropiados para la piscicultura las cuales son:
5. Alto porcentaje de masa muscular.
6. Filete grande.
7. Ausencia de espinas intramusculares.
8. Crecimiento rápido.
9. Adaptabilidad a diversos ambientes.
10. Resistencia a enfermedades.
11. Excelente textura y sabor de la carne, color blanco por lo que se la considera un pescado altamente apetecible.
12. Sabor fresco y agradable.

13. Colaboración de una muy buena aceptación en los mercados. (Morales, 2003).

#### **4.12 Alimentación de la Tilapia Oreochromis niloticus.**

El alimento para tilapias representa el mayor costo de producción ya que las materias primas requeridas para su formulación son importadas en su totalidad, además se requieren materiales con calidades especiales, provocando encarecimiento del producto final (Chacón & Santamaría, 2007).

##### **4.12.1 La alimentación natural de las tilapias**

La base de alimentación de la tilapia la constituyen los alimentos naturales que se desarrollan en el agua y cuyo contenido proteico es de un 55% peso seco, aproximadamente (Saavedra, 2006).

##### **4.12.2 La alimentación en tilapicultura.**

Si el alimento natural está totalmente ausente del estanque, se les debe proporcionar a los peces alimentos manufacturados (concentrados) nutricionalmente completos que contengan todos los requerimientos de vitaminas y nutrientes esenciales. Estos alimentos completos son utilizados en sistemas de cultivo intensivo. (Saavedra, 2003).

#### **4.13 Alimento comercial**

El alimento comercial de camarón y tilapia, fueron obtenidos de 32% de proteína y 28% respectivamente.

#### **4.14 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 tiempo de consumo y flotabilidad supere los 15 minutos, ya que esta misma abundancia tiende a que el animal coma en exceso y no asimile adecuadamente el alimento. En sistemas intensivos a súper-intensivos el alimento debe permanecer menos de 1 a 1.5 minutos (De la Legua, 2002).

#### **4.15 Estrategias de alimentación**

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

##### **4.15.1 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 la mayoría del lote, lo que hace que en gran parte del alimento sea consumido por los más grandes y se incremente el porcentaje de pequeños.

Este tipo de alimentación en un solo sitio es altamente eficiente en sistemas intensivos (300 a 500 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.

##### **4.15.2 Alimentación en “L” (Dos orillas del estanque)**

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.

#### 4.15.3 Alimentación periférica.

Se realiza por todas las orillas del estanque y se recomienda para peces mayores a 100 gr, dado que por encima de este peso se acentúan los instintos territoriales de estos animales, en varios sitios del estanque (Cantor, 2007).

#### 4.16 Buenas prácticas de alimentación

Cuando se usa alimento debe 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 aditivos 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.
- Aplicar el alimento a favor del viento para evitar desperdicios.
- No sobrealimentar. (MAG, 2001).

#### 4.17 Tamaño de alimento balanceado según estadio de la tilapia

Para la alimentación de los peces en su diferente estadio, se debe tener en cuenta el nivel de proteína con el que se obtiene el máximo crecimiento, así mismo, a medida que avanza el cultivo, este nivel de proteínas que produce máximo crecimiento disminuye con el incremento del peso del pez.

**Tabla #2 Tamaño (en milímetros) del alimento balanceado a suministrarse de acuerdo al estadio del pez (en gramos).**

Alevines	Polvo
De 0.50 gr. a 5.0 gr.	Quebrantado (0.50 a 1.0 mm)
De 5.0 gr. a 15.0 gr.	1 X 1
De 15.0 gr. a 30.0 gr.	1 ½ X 1 ½
De 30.0 gr. a 80.0 gr.	2 X 2
De 80.0 gr. a 200 gr.	3 X 3
De 200 gr. a 500 gr.	4 X 4
De 500 gr. ó más	5 X 5.

Fuente: De la Legua, 2002

#### 4.18 Tabla de alimentación

En cultivos para producción comercial, se utilizan tablas de alimentación que constituyen una base para todo el ciclo de cultivo, además estas tablas permiten tener una idea de cuánto alimento requerimos para el ciclo de cultivo, pudiendo determinar cuáles pueden ser nuestros gastos. Los resultados de estas tablas pueden variar dependiendo de la temperatura, calidad de agua y calidad de semilla (López & Cruz, 2011).

**Tabla #3 Tabla de alimentación teórica.**

Tipo de alimento	Proteína (%)	Peso corporal tilapia (gr)	Tamaño partícula (mm +/- 0,5)	Rango (días)	Tasa alimenticia (% Biomasa)	Dosis recomendada (día)
Tilapia juvenil 1	35	5 a 10	2,2	31 a 50	8	6
Tilapia juvenil 2	32	11 a 60	2,2	51 a 100	6	6
Tilapia Engorde 1	32	61 a 150	2,8	101 a 140	4	4
Tilapia Engorde 2	30	151 a 250	3,5	141 a 180	2,5	3 a 4
Tilapia Engorde 3	28	251 a 350	6	181 a 220	1,5	3
Tilapia Engorde 4 A	24	351 a 550	6	221 a 275	1,5	3
Tilapia Engorde 4 B	24	> 550	9,5	> 275	1,5	2 a 3
Tilapia Reproductor	40	150 a 1000	2,8 / 3,75 y 6	> 100	4	3

Fuente: PRONACA ,2008.

#### 4.19 Ración alimenticia

El conocimiento de la ración óptima para cualquier especie significa suministrar el alimento necesario para alcanzar la mayor eficiencia y lograr el máximo crecimiento de los organismos así como la reducción de la sobrealimentación (García, 2004).

La frecuencia de alimentación óptima puede variar dependiendo de la especie, edad, tamaño, factores ambientales, y la calidad de los piensos (de manera particular los niveles de proteínas y energía) (Goddard, 1996).

Un alimento finamente molido, será más digerible y por lo tanto mejor aprovechado por la tilapia para su desarrollo y crecimiento. Para una buena

digestión es conveniente proporcionar a los peces el alimento en 4 ó 5 raciones al día, para todas las etapas de crecimiento y engorda. (Monzón, 2008).

Para efectos de cálculo de raciones hay diferentes tablas de alimentación y una de ellas es la siguiente:

**Tabla #4 Porcentaje de ración alimenticia según el peso promedio del pez.**

Peso promedio del pez (g)	Ración alimenticia (%)
<10	5.00
25	4.50
50	3.70
75	3.40
100	3.20
150	3.00
200	2.80
250	2.50
300	2.30
400	2.00
500	1.70
>600	1.40

Fuente: Saavedra, 2006

#### **4.19.1 Relación crecimiento-ración**

El crecimiento de la tilapia y por ende la tasa de utilización del alimento depende de varios factores a menudo difíciles de controlar: cantidad de alimento, temperatura, densidad de siembra, estrés, disponibilidad de oxígeno, competencia con otros peces, etc.

Una de las relaciones más importantes para el acuicultor es la que describe la dependencia entre el crecimiento y la cantidad de alimentos.

#### **4.19.2 Ración cero (ayuno)**

El crecimiento es negativo, es decir pierde peso.

#### **4.19.3 Ración de mantenimiento**

El alimento apenas compensa la pérdida de peso, el pez no gana ni pierde peso.

#### **4.19.4 Ración máxima**

A medida que aumentamos la ración de crecimiento también aumenta el crecimiento del pez, hasta llegar a un punto máximo por encima del cual no ganará más peso por mucho que le demos de comer.

#### **4.19.5 Ración óptima**

Es el punto entre la ración de mantenimiento y la ración máxima en el que la relación, crecimiento/ración, es máxima, o al revés la relación ración/crecimiento (factor de conversión) es mínima. En este punto el pez crece con la máxima eficiencia, aunque crece menos que con la ración máxima (Saavedra, 2006).

### **4.20 Sistemas de producción**

#### **4.20.1 Sistema extensivo**

Este tipo de cultivo se desarrolla por lo general con baja inversión, en donde se espera proporcionar a la población un alimento de bajo costo tampoco es importante la talla final del pez, en tanto alcance tamaño comercial; y mucho menos el tipo de alimento utilizado en su producción. En este sistema se utilizan densidades de 0,5 a 3,0 peces por metro cuadrado, dependiendo del tamaño del pez que se quiere comercializar se utilizan estanques de 1 - 5 hectáreas con poco recambio.

Como una forma de contribuir en la alimentación del pez, se trata de favorecer el desarrollo de la productividad primaria utilizando fertilizantes orgánicos como excreta de aves, excreta de cerdos, excreta de vacuno, etc. En la actualidad se están utilizando subproductos agrícolas como alimento complementario, como por ejemplo afrecho (arroz), acemite de trigo, etc. La producción de este sistema suele ser de 4,000 10,000 kg /Ha / año, con factores de conversión de 1 - 1,4. (De la Legua, 2002).

#### **4.20.2 Sistema semi-intensivo**

En este sistema de producción se utilizan estanques de 0,5 a 3 hectáreas con recambios de agua del 15 al 30% diario de todo el volumen del estanque y se utilizan aireadores dependiendo del grado de intensidad de siembra del sistema (se utilizan desde 2 HP a 12 HP por hectárea).

Las densidades utilizadas son muy variables y se encuentran en el rango de 4 a 15 peces /m obteniendo una producción en el rango de 20 a 50 toneladas / hectárea / año con factores de conversión de 1,6 a 1,9 para peces de 700 gramos. En este sistema es muy importante el monitoreo de los niveles de amonio, pH, temperatura y el nivel de oxígeno disuelto. Para la alimentación de los peces en este sistema se utiliza alimento peletizado o extrusado, con niveles de proteína desde 35 a 30% de proteína dependiendo de la fase de producción.

#### **4.20.3 Sistema intensivo**

En este sistema se utilizan estanques pequeños de 500 a 1000 metros cuadrados con alto recambio de agua (recambios de 250 a 600 litros / segundo).

Las densidades de siembra de los peces se encuentran en el rango de 80 – 150 peces/ m, lo que equivale a cargas máximas de hasta 90 kg/m. Para el éxito del cultivo bajo en este sistema es sumamente importante la cantidad y calidad del agua suministrada a los peces; así como el cuidado y atención que se le debe proporcionar al sistema.

En el cultivo intensivo de tilapia el oxígeno disponible es de gran importancia. Midiendo constantemente éste parámetro se puede ajustar las densidades, tasa de alimentación y reducir potenciales riesgos de mortalidad. La concentración del oxígeno en la salida de los estanques debe ser mayor a 3,5 mg / litros para asegurar un buen desenvolvimiento fisiológico del pez a través de todos los procesos (natación, respiración, crecimiento, excreción, etc.) y mejor aprovechamiento de los nutrientes suministrados con el alimento balanceado. En este sistema se utilizan alimentos extrusados flotantes con niveles de proteína de 30 a 35%, con alta calidad de molienda, porcentajes de finos menores a 1%, y tamaños variados dependiendo del tamaño del pez. La producción de sistema intensivo va a depender de la cantidad de agua disponible así como de sus características. En un sistema intensivo se pueden producir en un rango de 200 a 400 toneladas de pez por metro cúbico / año. (De la Legua, 2002)

#### **4.21 Aclimatación y siembra**

Antes de la siembra de los peces se debe igualar la temperatura del agua de transporte y del agua donde los peces van a ser sembrados. Por lo general, esto requiere de 15 a 30 minutos. Una diferencia de temperatura no mayor a 3° C es tolerable.

Durante el procedimiento de recambio del agua y aclimatación de los peces, las bolsas plásticas tienen que estar flotando sobre la superficie del agua donde estos van a ser soltados. Luego, se 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.

Si no se sigue el proceso de aclimatación, puede ocurrir una muerte masiva de los alevines, producida por un “shok térmico”, debido a que la temperatura de las bolsas siempre es mayor que la del estanque receptor. (Saavedra, 2006).

## **4.22 Calidad de agua**

Según Boyd 1990, reportado por Herrera 2012. 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.

### **4.22.1 Factores físico-químicos**

Poot, *et al.* (2009) manifiesta que para cultivar tilapia es importante tomar en cuenta las propiedades fisicoquímicas del agua. Estas deben mantenerse dentro de los valores óptimos para garantizar el desarrollo de los peces.

### **4.22.2 Temperatura**

La temperatura es una dimensión referida a las nociones comunes de calor o frío. Físicamente una magnitud a escala relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico (Talavera et al, 1997 (a)).

La temperatura puede variar según la época del año en que se encuentre el cultivo. El valor óptimo de temperatura del agua para el cultivo de tilapias fluctúa entre 28 y 32°C, cuando disminuye a los 15°C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12°C no sobreviven mucho tiempo. Cuando la temperatura excede los 37- 38°C se producen también problemas de estrés. Las temperaturas letales se ubican entre los 10-11°C. (Alamilla, 2001).

Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor será la tasa metabólica y por ende, subirá el consumo de oxígeno. (López & Cruz, 2011).

#### **4.22.3 Oxígeno disuelto**

Es un gas que proviene de la mezcla del agua con el aire, ocasionada por el viento y/o en la mayoría de los casos, principalmente del oxígeno que liberan las plantas acuáticas en sus procesos de fotosíntesis. La solubilidad del oxígeno como la de cualquier otro gas en el agua depende de la presión atmosférica imperante en cada sitio, de la temperatura medio del cuerpo de agua y de su contenido en sales disueltas.

El oxígeno disuelto (OD) en un cuerpo de agua es indispensable para la sobrevivencia de los organismos que ahí se desarrollan. La concentración de oxígeno disuelto para una correcta producción de tilapias es de 3-8 mg/L de agua, ya que el metabolismo y el crecimiento disminuyen cuando los niveles son bajos o se mantienen por periodos prolongados. (Cantor, 2007)

El valor óptimo está por encima de los 4 mg/l. A continuación se da a conocer los niveles de oxígeno (mg/l) y sus efectos.

- 0,0 - 0,3: Los peces pequeños sobreviven en cortos periodos.
- 0,3 - 2,0: Letal en exposiciones prolongadas.
- 3,0 - 4,0: Los peces sobreviven pero crecen lentamente.
- > 4,5: Rango deseable para el crecimiento del pez.

(López & Cruz, 2011).

#### **4.22.4 pH**

El pH interviene determinando si un agua es dura o blanda, la tilapia crece mejor en aguas de pH neutro o levemente alcalino. Su crecimiento se reduce en aguas acidas y toleran hasta un pH de 5; un alto valor de pH de 10 (durante las tardes) no las afecta y el límite aparente es de 11. (Saavedra, 2006).

En peces como la tilapia el valor normal de Ph del agua se encuentra entre 6,5 y 9,0 ya que esto permite la secreción normal de mucus en la piel, combinado con una dureza normalmente alta (López & Cruz, 2011).

#### **4.23 Funciones de un invernadero en tilapicultura**

En cuanto a especies susceptibles de cultivo bajo invernadero la tilapia (*Oreochromis niloticus*) se ha convertido en la apuesta más segura, debido a su excelente capacidad de adaptación a diferentes medios y a su gran aceptación en los mercados (actualmente es la 7ª especie en importancia en producción acuícola).

#### **4.24 Muestreos poblacionales de la tilapia.**

El muestreo poblacional consiste en sacar una cantidad de peces (5-10% del total) y pesarlos para luego calcular el peso promedio de la población y calcular adecuadamente la cantidad de alimento a administrar. Se recomienda realizar muestreos de los peces en cada estanque mensualmente. A través de los muestreos usted podrá saber si sus peces están creciendo y si están saludables.

Además durante el muestreo se deben examinar los peces en busca de parásitos, daños en la piel, daños en las aletas, de manera que se pueda identificar a tiempo la incidencia de parásitos o enfermedad. (MAG, 2001)

#### **4.24.1 Muestreo probabilístico**

Cada elemento de la población tiene una oportunidad conocida, y diferente de cero, de ser seleccionado para componer la muestra. Es también llamado muestreo aleatorio. Utilizado normalmente en la determinación de variables como peso medio de una población.

#### **4.24.2 Muestreo no probabilístico**

La selección de los elementos que van a componer la muestra depende en parte del criterio del responsable de la investigación. Es también llamado muestreo dirigido. Utilizado para muestreos de patología.

### **4.25 Parámetros Poblacionales.**

#### **4.25.1 Crecimiento acumulado.**

El crecimiento y desarrollo de los organismos son procesos fisiológicos de enorme trascendencia práctica ya que todo tipo de producción animal depende de ellos y su eficiencia determina gran parte del proceso productivo.

Tanto crecimiento como desarrollo son resultantes de una serie de cambios anatómicos y fisiológicos complejos que ocurren en el organismo (Martínez, 2012).

La precisión de la medida del peso promedio puede ser afectada por el tamaño de la muestra, es decir si se toma una muestra pequeña de aproximadamente 30 organismos, indudablemente que la precisión va a ser pobre.

(Cabañas, 1995), afirma que la tilapia crece de 1 – 2 gr por día en las condiciones óptimas y parámetros dentro del rango.

Esta precisión puede ser mejorada si se miden los pesos individuales y se obtiene el peso promedio desviación estándar de la muestra de 100 a 200 organismos. Aunque este procedimiento es laborioso, tiene mucha validez para descartar problemas en la población de tilapias en el estanque (Talavera, et al, 1998).

#### **4.25.2 Ritmo de crecimiento**

El ritmo de crecimiento es el crecimiento por semana que registra el organismo. Se mide por la ganancia en peso que se obtiene al final del experimento, es decir la diferencia entre el peso final menos el inicial.

$$RC = Pf - Pi.$$

Dónde:

Pf = peso final.

Pi = peso inicial (Rodríguez & García, 2010).

Según (Cabañas, 1995) afirma que la tilapia crece de 1 – 2 gr en las condiciones óptimas para el crecimiento.

#### **4.25.3 Tasa de crecimiento**

La tasa de crecimiento es una poderosa herramienta que sirve como indicador del estado de la población de tilapias dentro del estanque. La tasa de crecimiento se debe estimar semanalmente a partir de los muestreos de crecimientos (peso y/o longitud), tanto para tilapias juveniles como para tilapias en etapa de engorde hasta la cosecha.

La precisión de la medida del peso promedio puede ser afectada por el tamaño de la muestra, es decir si se toma una muestra pequeña de aproximadamente 30 organismos, indudablemente que la precisión va a ser pobre. Esta precisión puede ser mejorada si se miden los pesos individuales y se obtiene el peso promedio desviación estándar de la muestra de 100 a 200 organismos. Aunque este procedimiento es laborioso, tiene mucha validez para descartar problemas en la población de tilapias en el estanque.

La tasa de crecimiento es influenciada por factores ambientales genéticos, biológicos y nutricionales. La temperatura del agua es el principal factor que afecta

las tasas de crecimiento estacional, y por lo tanto afectara las ganancias semanales en pesos durante los meses calurosos y fríos del año (Talavera et al, 1998).

Según (Cerdeira et al, 1998) reporta valores de tasa de crecimiento que van de 1.02 a 1.66.

La tasa de crecimiento se calcula con el logaritmo natural del peso final y del peso inicial, dividido por el tiempo total en que se realiza el bioensayo multiplicado finalmente por 100.

$P_c = (\ln(\text{peso final (G)}) - \ln(\text{peso inicial (G)}) \times 100 / \text{n}^\circ \text{ de días}$  (Rodríguez & García, 2010).

#### **4.25.4 Sobrevivencia**

Es la cantidad total de organismos vivos ya sea en el transcurso al final de una producción.

Este factor se determina teniendo en cuenta el número inicial de los individuos y el número que existía al término del experimento.

$\% \text{ de sobrevivencia} = (\text{N final} - \text{N inicio}) / \text{N inicio} \times 100.$

Dónde:

$\% \text{ de sobrevivencia} = \text{sobrevivencia de los juveniles.}$

N final = número final de los juveniles.

N inicial = número inicial de los juveniles (Rodríguez & García, 2010).

Según Herrera 2009 la sobrevivencia final esperada es del 80%.

#### 4.25.5 Factor de conversión alimenticia.

La comparación de la cantidad de alimento abastecido y el crecimiento de la tilapia permite que sea calculado la tasa y el factor de conversión alimenticia (T.C.A).

La T.C.A es una medida del peso de la tilapia producido por Kg de alimento abastecido.

La T.C.A varía dependiendo de la densidad de siembra, calidad del alimento y tamaño en la tilapia cosechada.

También el factor o T.C.A puede ser influenciada por otras razones tales como: a) mortalidad repentina de la tilapia durante la fase de cultivo, sin poder recuperar biomasa posteriormente; b) sub alimentación de la tilapia, quizás debido a densidades mayores de lo programado y/o competencia de alimento por otros organismos (caracoles, jaibas y otros peces) que generalmente se presentan cuando se alimenta una sola vez al día con escaso número de comederos viéndose reflejado en el crecimiento lento de la tilapia; c) aporte de alimento suplementario junto con el balanceado y/o gran producción de alimento primario en el estanque; d) robo de la tilapia o pérdida del alimento antes de suministrarlo en el estanque ( Talavera et al, 1997 (b) ).

El factor de conversión económico se evaluara dividiendo el alimento total en la biomasa total al término del experimento.

$F.C.A = \text{Alimento utilizado (gr)} / \text{Biomasa total}$  ((Rodríguez & García, 2010).

Según (Talavera et al, 1997 (b)) El factor de conversión alimenticia debe ser de 1 a 1.5 para los cultivos con sistemas semi-intensivos.

#### 4.25.6 Rendimiento Productivo.

Es la biomasa total cosechada de un estanque (Martínez- Córdoba, 2008)

Para calcular este factor se toma en cuenta la biomasa total calculada en libras, cosechada del estanque (Rodríguez & García, 2010).

Todo lo anterior y para fines de comparación debe ser expresada como Lbs/ha.

(Aguilar et al, 2010). Obtuvo un rendimiento productivo en tilapias *Oreochromis niloticus* a lo largo de un ciclo comercial de producción, empleando un sistema de alimentación por fases en las cuales encontró 1.79; 4.17; 9.54 y 8.78 Kg/m<sup>3</sup> en producciones de alevinaje, crecimiento 1, crecimiento 2 y finalización respectivamente.

## V.- MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Localización

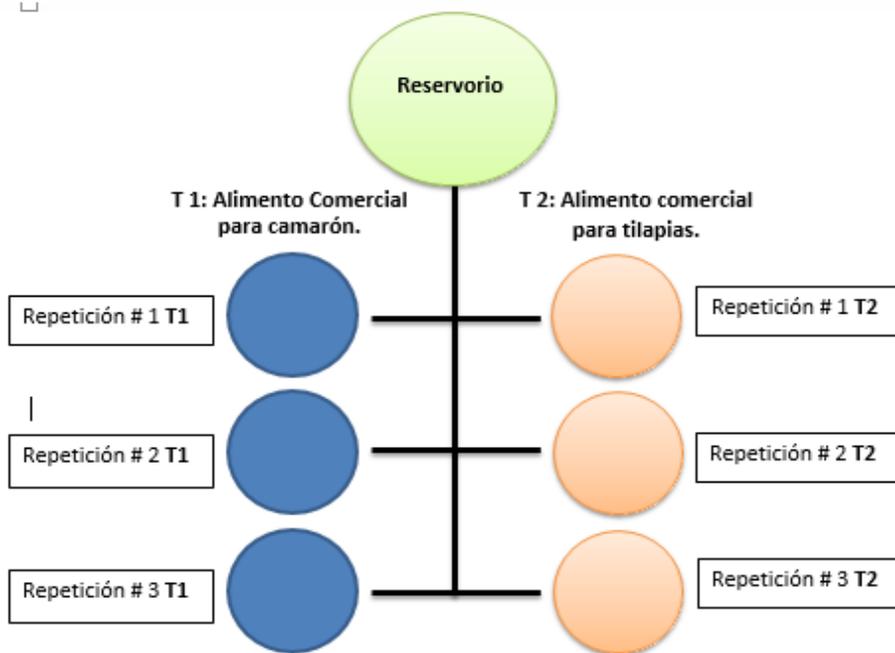
Este estudio se realizó en la finca La Esperanza, ubicada en la comunidad La Leona a 12 km de la ciudad de León, carretera a Managua, Nicaragua con coordenadas del cuadrante 16P, 518648.58 m E. 1364649.97 m N.



### 5.2 Diseño y dispositivo experimental

El diseño de este experimento consistió en dos tratamientos T1: consistió en tilapias alimentándose con alimento comercial para tilapias y el T2: Tilapias alimentándose con alimento comercial para camarones. Cada tratamiento contenía tres repeticiones cada uno.

Las repeticiones estaban representadas por tinas de plástico reciclado de 200 lts de capacidad.



### Dispositivo Experimental.

Cada recipiente o repetición tenía un tubo de agua que provenía del reservorio de fibra de vidrio de 300 lts de capacidad. Los seis recipientes drenaban sus aguas hacia un recipiente receptor de 200 lts de capacidad armado de una bomba sumergible que aplicaba el principio de Bartoli (introduce aire al sistema de manera mecánica).

En cada recipiente se sembró a una densidad de 6 alevines de tilapia.

### 5.3 Flujo de agua en el lugar del experimento.

La fuente de agua de este experimento fue un pozo excavado a 6m de profundidad y a 4 m del agua. Dentro de él se encontraba una bomba sumergible de 1HP y de 1 pulgada de diámetro que impulsaba el agua por medio de un tubo PVC de 1 pulgada hacia un tanque de 2500 lts de capacidad. El agua de aquí se distribuía hacia donde se demande.

#### 5.4 Obtención de organismos.

Los organismos requeridos para este experimento fueron obtenidos desde la etapa de alevines 7 gr provenientes del laboratorio de la Universidad Nacional Agraria "UNA". Estos alevines fueron cultivados hasta alcanzar el peso de 20 gr durante 25 días.

#### 5.5 Tabla de alimentación.

Teniendo los dos tipos de alimentos comerciales (Tilapia y Camarón), se elaboró una tabla de alimentación para calcular las raciones diarias, a partir de un porcentaje de la biomasa y del peso promedio de los alevines presentes en ambos tratamientos.

Esta tabla se elaboró tomando en cuenta las variables peso, número de organismos sembrados en cada tina y el porcentaje del peso corporal del alevín, esta tabla se hizo con el fin de conocer la cantidad de alimento que se aplicó en cada una de las repeticiones, los pesos esperados, la biomasa y sobrevivencia esperada de los organismos estudiados.

Se aplicaron tres raciones al día, una a las 7 am, la segunda a las 12 pm y la tercera a las 5 p.m.

Tabla #5 Tabla de alimentación

TABLA DE ALIMENTACION								
Semana	Población	Sobrev	Peso gr	Biomasa	% Peso	Alim Día	Alim Sem	FCA
1	12	100	10	120	12	14.4	100.8	0.8
2	12	100	22	264	10	26.4	184.8	1
3	12	100	28	336	8	26.88	188.16	1.4
4	12	100	34	408	6	24.48	171.36	1.5
5	11	91.6	46	506	6	30.36	212.52	1.7
6	11	91.6	58	638	5	31.9	223.3	1.69

Fuente: Elaboración propia

## **5.6 Factores físico – químicos.**

### **5.6.1 Oxígeno disuelto**

Para la toma de los valores de oxígeno disuelto se utilizó un oxigenómetro YSI 550 A, este equipo contaba de un electrodo que posee un sensor térmico y de oxígeno. Antes de usar el equipo se debió calibrar, posteriormente se introdujo el electrodo en la columna de agua a unos 10 cm luego se observó la pantalla del equipo donde se reflejó el valor numérico de oxígeno disuelto presente en el agua y se anotaron los datos en una hoja de campo para luego ser incorporados en una tabla de Microsoft Excel. La toma de este factor se realizó dos veces al día una a las 6:00 am y 6:00 pm.

Elaboración propia.

### **5.6.2 Temperatura**

Se utilizó el equipo conocido como oxigenómetro YSI 550, que contaba de un electrodo con sensor térmico el cual mide la temperatura. Para tomar los datos se introdujo el electrodo bajo la superficie de agua con una profundidad de 20 cm más o menos luego en la pantalla de dicho equipo se pudo apreciar el valor de la temperatura presente en el agua valor que fue anotado en una hoja de campo e insertado a una tabla de Microsoft Excel. La toma de este factor se realizó dos veces al día una a las 6:00 am y 6:00 pm.

### **5.6.3 pH**

Se utilizó un pH metro marca pHepByHANNAH98108 el cual se tenía que calibrar. Para medir la concentración de iones de hidrógenos presentes en el agua se introdujo entre 5 y 10 cm por debajo de la superficie del agua. Se tomaron los datos y se anotaron en una tabla de Microsoft Excel. La toma de este factor se realizó dos veces al día una a las 6:00 am y 6:00 pm.

## 5.7 Parámetros poblacionales.

### 5.7.1 Crecimiento acumulado

Para la obtención de los datos de crecimiento en peso promedio se capturaron 12 organismos de cada una de los recipientes plásticos con ayuda de un chayo de 20 cm diámetro. Estos organismos se pesaron (ver párrafo siguiente) en una balanza gramera con capacidad de 500 gr.

Esta balanza se ajustó a cero (taro) antes y después de pesar cada organismo, las condiciones ambientales donde se realizó el pesaje fueron estables, evitando corrientes fuertes de aire, esto permitió obtener datos más precisos.

Para evitar una mala manipulación de los organismos, estos fueron tomados uno por uno y colocados en un paño donde luego se colocaron en la balanza, luego se anotó el peso y posteriormente se devolvieron los organismos a su respectiva tina. Posteriormente se pesó el paño y se taro la balanza para ponerla nueva mente en cero.

De esta manera se pudo pesar el siguiente organismo sin afectar el valor real de su peso.

Los valores obtenidos de los pesos de cada organismo se sumaron todos los pesos y se obtuvo el peso promedio de cada semana de cada tratamiento.

Estos datos obtenidos de la muestra fueron insertados en una tabla de datos en Microsoft Excel, donde se tomó en cuenta las variables peso y tiempo, de manera que logramos presentar una gráfica que reflejó el crecimiento total acumulado que tuvo el organismo en todo su desarrollo experimental desde el inicio hasta el final del experimento.

El crecimiento acumulado se calculó con la siguiente formula:

$$Px = \text{suma } (X1, X2, X3, X4, X5, \dots, Xn) / Xt$$

Dónde:

Px: Peso promedio.

Xt: Número total de organismos pesados.

X1; Xn: Peso de organismos individuales.

### 5.7.2 Ritmo de crecimiento

Para obtener estos valores se tomaron los valores de peso de la semana actual y se le restaron a los valores de peso de la semana anterior. Los datos obtenidos de la muestra fueron insertados en una tabla de datos de Microsoft Excel en el cual se tomó en cuenta las variables peso y tiempo, de modo que pudimos construir una gráfica que mostró el crecimiento por semana de los organismos durante el desarrollo del experimento.

El ritmo de crecimiento fue calculado a través de la siguiente formula:

RC:  $Px2 - Px1$

Dónde:

RC: Ritmo de crecimiento.

Px2: Peso de la semana anterior.

Px1: Peso de la semana actual.

### 5.7.3 Tasa de crecimiento

Esta definición manifestó la velocidad con la que crecieron los organismos. Los datos obtenidos fueron introducidos en una tabla de datos en Microsoft Excel tomando en cuenta las variables de velocidad y tiempo de modo que posteriormente los datos nos permitieron la construcción de una gráfica que reflejo los valores de la velocidad con que crecieron los organismos de ambos experimentos cada semana.

La tasa de crecimiento se calculó a través de la siguiente formula:

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

Tiempo

(Rodríguez & García, 2010)

#### **5.7.4 Sobrevivencia**

Se elaboró una tabla de datos en Microsoft Excel para registrar los datos arrojados de los muestreos de población, este muestreo poblacional se realizó semanalmente el porcentaje de sobrevivencias se obtuvo con el número de organismos vivos capturados en cada repetición.

Este dato se obtuvo por medio del conteo de los organismos y se dividió entre el número inicial de organismos sembrados en cada recipiente plástico.

La sobrevivencia fue calculada con la siguiente ecuación:

$$S: N_t / N_i * 100$$

Dónde:

S: Sobrevivencia.

N<sub>t</sub>: Número total de organismos.

N<sub>i</sub>: Número inicial de organismos.

#### **5.7.5 Factor de conversión de alimento**

Este factor fue calculado tomando en cuenta el total de alimento aplicado en los días que demoró el experimento y fue dividido entre el total de la biomasa obtenida en cada tina.

El factor de conversión de alimento se calculó con la siguiente ecuación:

$$FCA = A_t / B_t$$

Dónde:

FCA: Factor de conversión de alimento.

A<sub>t</sub>: Alimento total aplicado.

B<sub>t</sub>: Biomasa total.

### **5.7.6 Rendimiento productivo**

Para calcular el rendimiento productivo se tomaron en cuenta la biomasa obtenida al final del experimento de modo tal que mostrase las libras producidas expresadas en función de una hectárea.

Biomasa actual\*10000/área trabajada/454

### **5.8 Manejo de datos**

Los datos fueron insertados en una tabla de Microsoft Excel que nos permitió realizar la construcción de un gráfico que reflejo el comportamiento del crecimiento, FCA, RC de los organismos (eje Y) durante el desarrollo del experimento (Eje X) además se utilizó la prueba t-student.

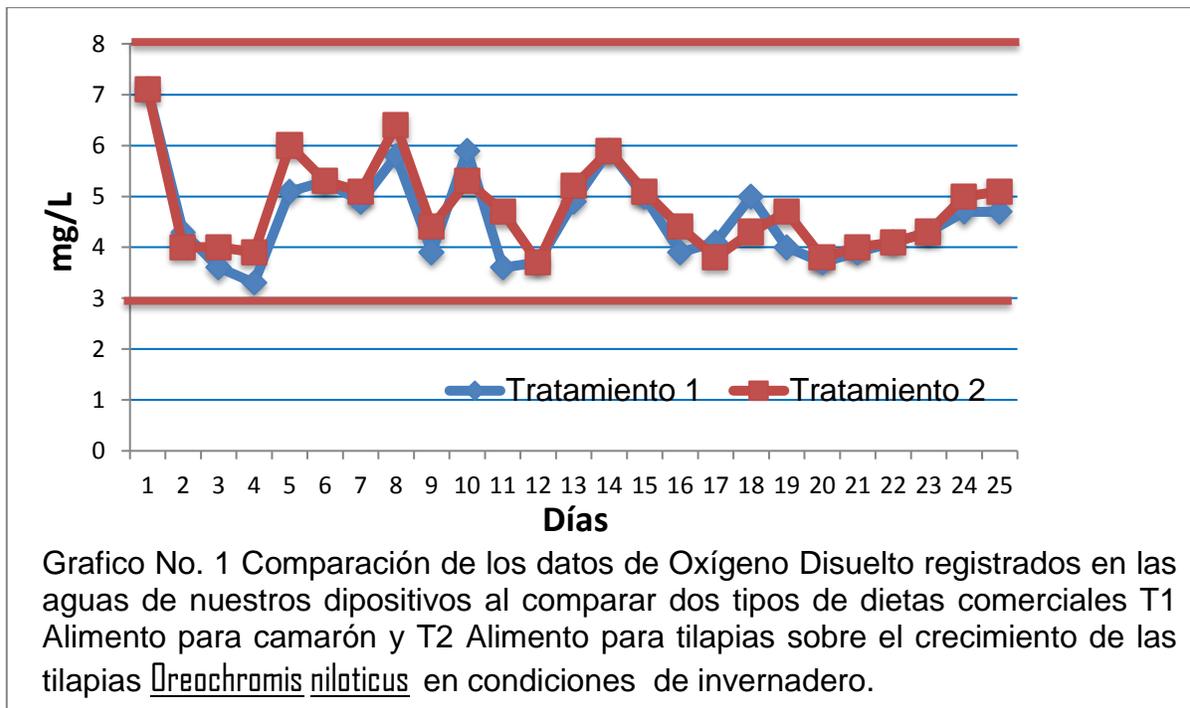
## VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Oxígeno Disuelto

Los valores del Oxígeno Disuelto del tratamiento 1 (Alimento Comercial de Camarón) variaron siendo el más alto el día 1 con 7.1 mg/L y el valor más bajo fue el día 4 con 3.3 mg/L. Los valores de Oxígeno Disuelto del tratamiento 2 (Alimento Comercial de Tilapia) más alto fue el día 1 con un valor de 7.1 mg/L y el más bajo fue el día 12 con un valor de 3.7 mg/L.

Según Cantor, (2007), dice que la concentración de oxígeno disuelto para una correcta producción de tilapias es de 3-8 mg/L, ya que el metabolismo y el crecimiento disminuyen cuando los niveles son bajos o se mantienen por periodos prolongados.

De acuerdo a lo dicho por (Cantor ,2007), los valores registrados de Oxígeno Disuelto en este trabajo, se encontraron dentro de los intervalos óptimos que son de 3-8 mg/L para ambos tratamientos, por tanto, podemos decir que este factor no afectó el crecimiento de las tilapias en estudio. Ver gráfica N° 1

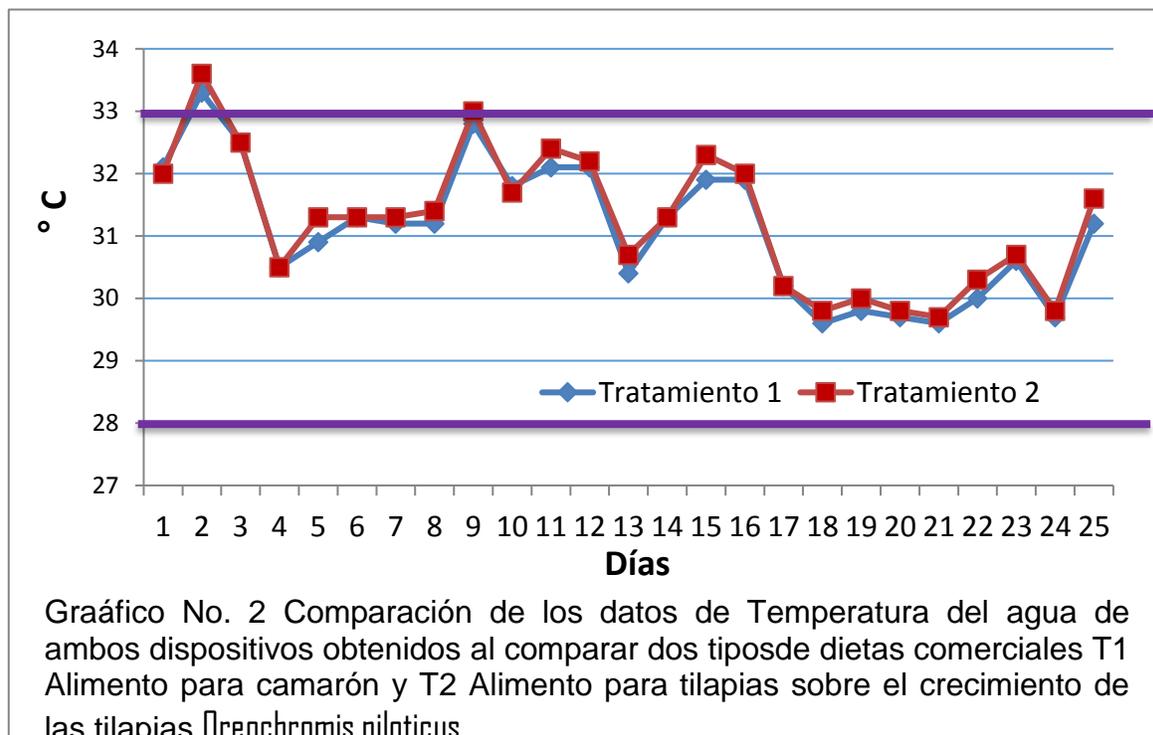


## Temperatura

La Temperatura del agua del tratamiento 1 ( Aplicando alimento Comercial de Camarón) registrada presenta el valor más alto el día 2, con un valor de 33.3 °C y el valor más bajo el día 18 y 21 ambos con un valor de 29.6 °C. De los valores de Temperatura del tratamiento 2 (Alimento Comercial de Tilapia), el valor más alto fue el día 2 con un valor de 33.6 °C y el más bajo fue el día 21 con un valor de 29.7 °C. Ver gráfica N° 2

Según Alamilla, (2001), el intervalo óptimo de temperatura del agua para el cultivo de tilapias fluctúa entre 28 y 33°C, cuando disminuye a los 15°C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12°C no sobreviven mucho tiempo. Cuando la temperatura excede los 37- 38°C se producen también problemas de estrés. Las temperaturas letales se ubican entre los 10-11°C, Según lo dicho por Alamilla, (2001),

Los valores presentados en la gráfica No. 2 de Temperatura en su mayoría estuvieron dentro de los intervalos óptimos. Por lo que podemos decir las temperaturas registradas en este trabajo no afectaron el crecimiento de las tilapias.

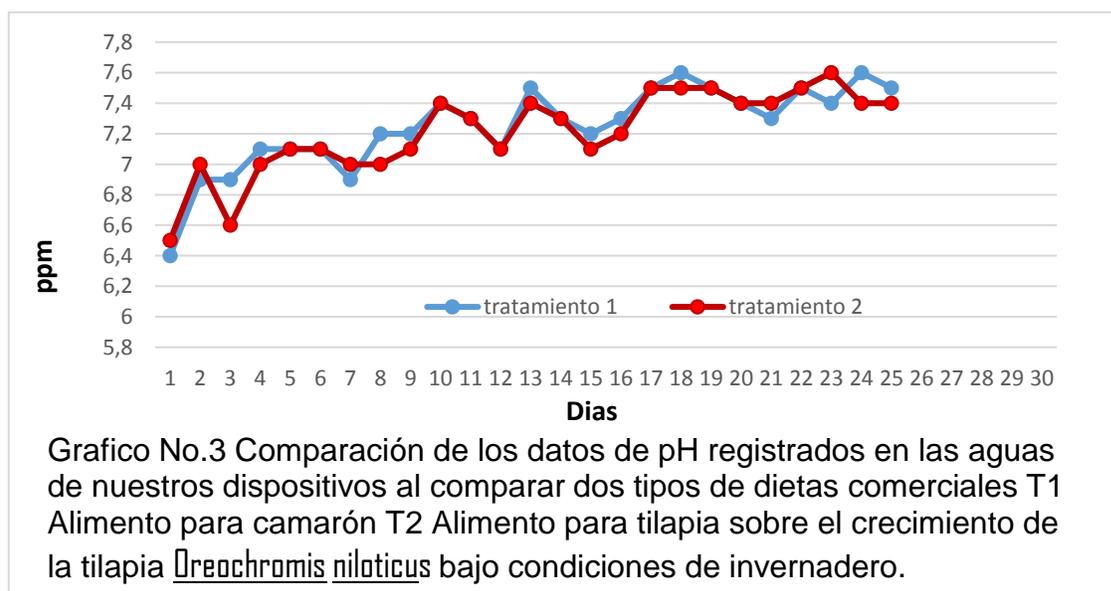


## pH

En la gráfica N°3 los valores de pH del tratamiento 1 (Alimento Comercial de Camarón) el valor más alto fue el día 18 y 24 con un valor de 7.6 ppm y el valor más bajo fue el día 1 con un valor de 6.4 ppm. Los valores de pH del tratamiento 2 (Alimento Comercial de Tilapia) el valor más alto fue el día 23 con un valor de 7.6 ppm y el más bajo fue el día 1 con un valor de 6.5 ppm. Ver Gráfico No. 3

Según (López & Cruz, 2011), en peces como la tilapia el valor normal de pH del agua se encuentra entre 6,5 y 9,0 ya que esto permite la secreción normal de mucus en la piel.

De acuerdo a lo dicho por (López & Cruz, 2011), los valores presentados en nuestra gráfica de pH, se encontraron dentro de los intervalos óptimos que son de 6-9 ppm, concluyendo así que el pH en el agua no afectó el crecimiento de las tilapias.



## Parámetros poblacionales

### Peso acumulado

Los pesos semanales obtenidos a lo largo de la investigación se mantienen en incremento estable, para el tratamiento 1 (T1 Alimentado con alimento para camarón) el peso inicial registrado fue de 10.6 gr, al final del experimento se obtuvo 19.1 gr, por su parte en el tratamiento 2 (T2 Alimentado con alimento para tilapias) el peso inicial registrado fue de 10.6 gr, y al final del experimento se obtuvo un peso de 21.2 gr, teniendo un mejor crecimiento acumulado en el tratamiento 2 con relación al tratamiento 1. Ver gráfica número 4.

De acuerdo a lo dicho por (Cabañas, 1995) las tilapias crecen de 1 a 2 gr/5 días, en las condiciones óptimas y parámetros dentro del valor. En 25 días se espera un crecimiento acumulado de 9.25 gr.

De acuerdo a lo dicho por (Cabañas, 1995) podemos decir entonces que los valores de crecimiento acumulado presentados en nuestra gráfica se encuentran dentro de lo esperado que es 9.25 peso acumulado en 25 días más 10.6 inicial que nos da 19.8 g. Los resultados de este trabajo sobrepasan al esperado. Entre tratamiento la diferencia numérica fue de 2.1 gr siendo mayor en el Tratamiento 2. Estadísticamente podemos decir que hay diferencias significativas debido a que el valor de t es superior a los valores de t de una y dos colas. Ver tabla de pruebas de t - student

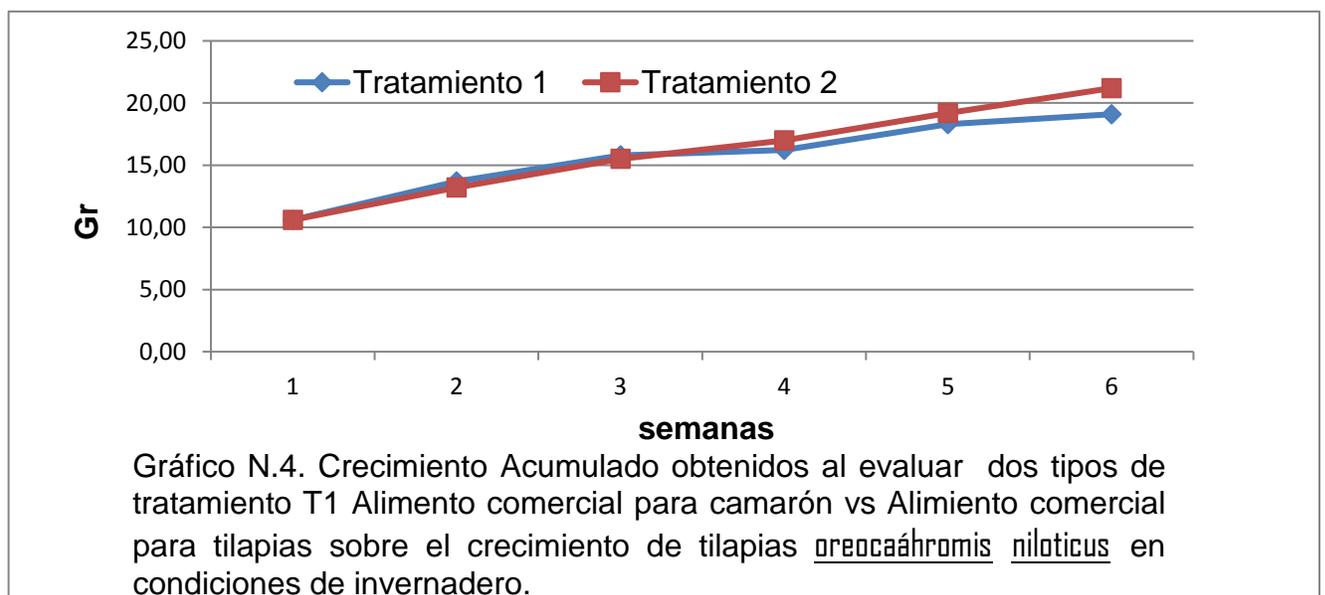


Tabla No. 6 Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<i>T1 Alim Cam</i>	<i>T2 Alim Tila</i>
Media	19.2	21.2
Varianza	0.446	0.626
Observaciones	11	11
Coeficiente de correlación de Pearson	-0.105982322	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	-6.0960	
P(T<=t) una cola	5.81472E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1.8124	
P(T<=t) dos colas	0.000116294	
Valor crítico de t (dos colas)	2.2281	

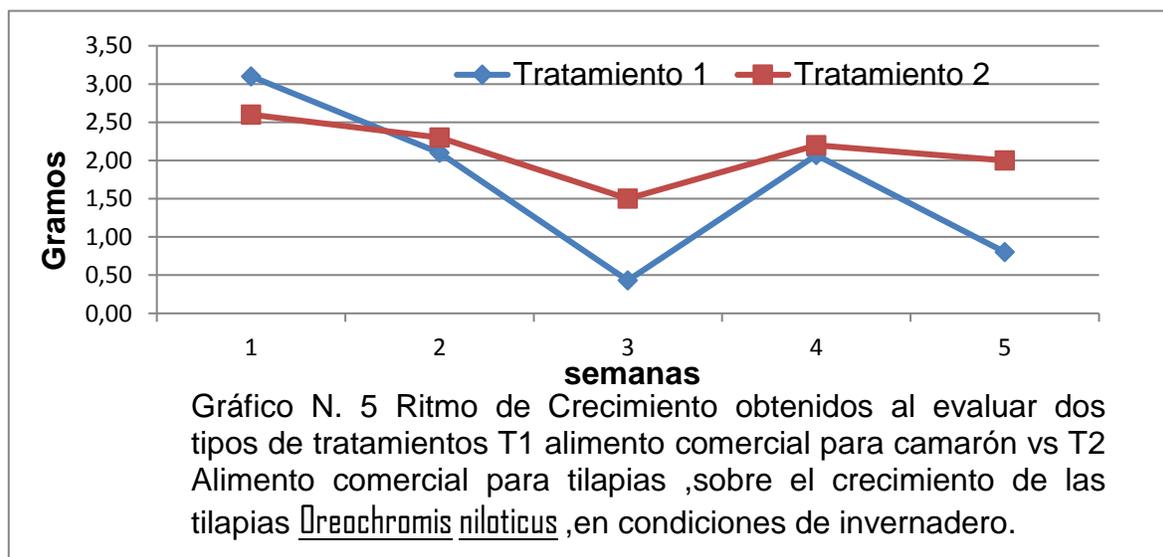
De acuerdo al análisis estadístico en base a la prueba de T-student y los valores obtenidos notamos que ya que el valor estadístico t es menor que el valor crítico de t (una cola) se acepta la hipótesis alternativa la cual nos plantea que ambos tratamientos tienen crecimientos diferentes.

## Ritmo de Crecimiento

Los valores de Ritmo de Crecimiento registrados a lo largo de la investigación presentan variaciones, para el tratamiento 1 (T1 Alimentado con alimento para camarón) el crecimiento más bajo registrado fue de 0.48 gr, y el más alto fue de 3.1 gr, por su parte en el tratamiento 2 (T2 Alimentado alimento para tilapias) el menor valor de crecimiento registrado fue de 1.5 gr, y el mayor dato fue de 2.6 gr, teniendo un mejor crecimiento acumulado en el tratamiento 2 con relación al tratamiento 1.

De acuerdo a lo dicho por (Cabañas, 1995), las tilapias crecen de 1 a 2 gr/5días, en las condiciones óptimas y parámetros dentro del rango y a la edad de estos animales.

De acuerdo a lo dicho por (Cabañas, 1995), podemos decir entonces que los valores de Ritmo de Crecimiento presentados en nuestra gráfica No. 5 para el tratamiento 2 se encuentran en su totalidad dentro de los valores esperados. No así para el tratamiento 1 que presenta su valor mínimo por debajo del valor óptimo, confirmando con esto un mejor ritmo de crecimiento en el tratamiento 2 alimentado con Alimento para tilapias sobre el tratamiento 1 alimentado con Alimento para camarón. Ver gráfica número 5

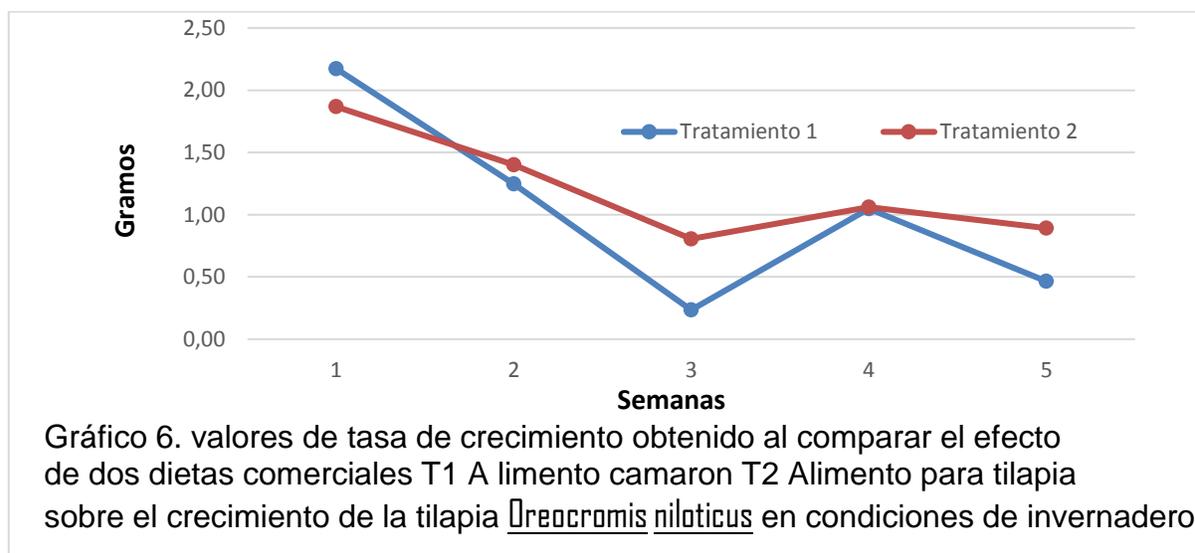


## Tasa de crecimiento.

Los valores de Tasa de Crecimiento registrados a lo largo de la investigación tienden a disminuir con el tiempo o la edad de los organismos, para el tratamiento 1 (T1 Alimentado con alimento para camarón) el valor mínimo registrado fue de 0.23%/día, y el máximo de 2.7%/día, teniendo un promedio final de 1.03%/día, por su parte en el tratamiento 2 (T2 Alimentado con alimento para tilapias) el valor mínimo registrado fue de 0.81%/día, y el máximo de 1.87%/día. Ver gráfica número 6.

Según (Cerde, 1998) reporta valores de tasa de crecimiento que van de 1.02% a 1.66%.

De acuerdo a lo dicho por (Cerde,1998) podemos decir entonces que los valores de tasa de crecimiento presentados en nuestra gráfica en promedio se encuentran dentro de los rangos óptimos teniendo una mejor velocidad de crecimiento los organismos del tratamiento 1, pero teniendo una mayor constancia de crecimiento semanal el tratamiento 2 alimentado con Alimento para tilapias sobre el tratamiento 1 alimentado con Alimento para camarón, es por ello q se encuentra reflejado en el crecimiento acumulado q hubo un mayor crecimiento en el tratamiento 2. Ver gráfica número 6.

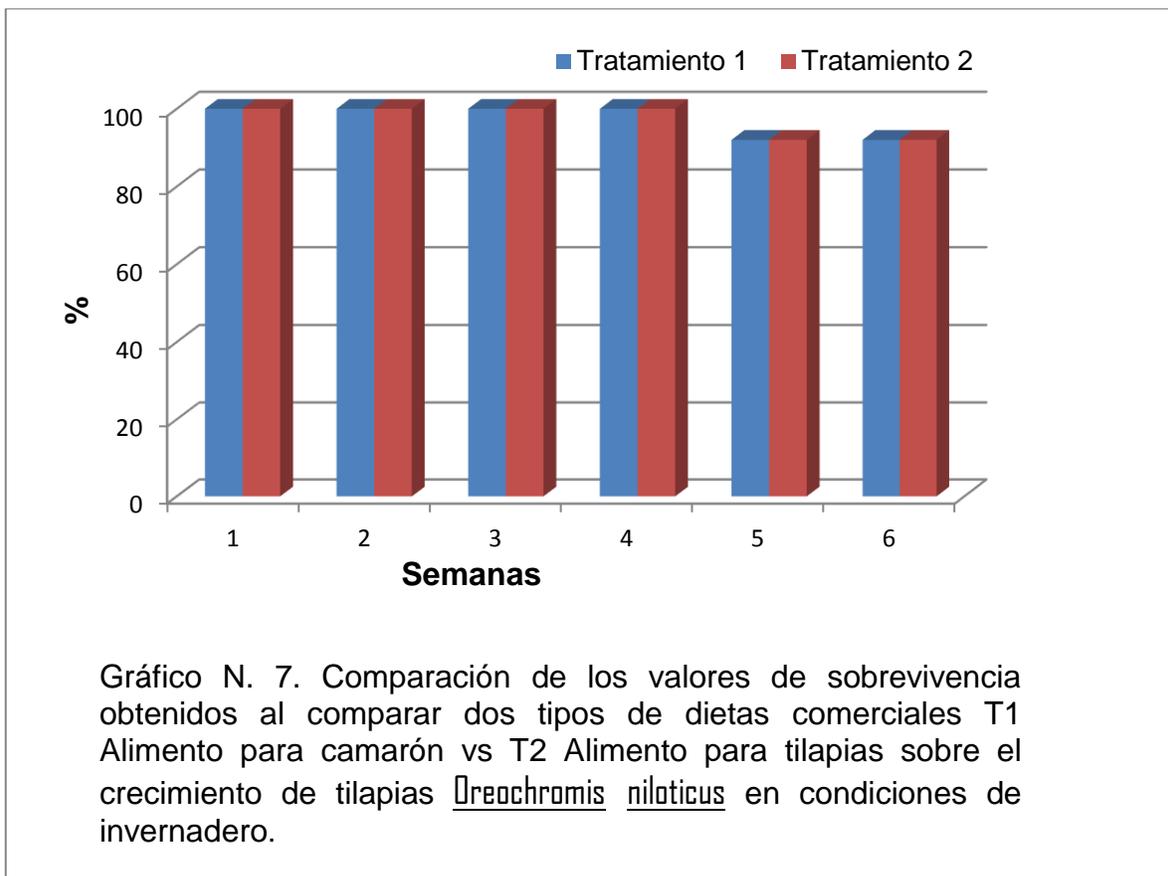


## Sobrevivencia

Los valores de sobrevivencia obtenidos a lo largo del desarrollo del experimento, tanto el tratamiento 1 alimentado con alimento para camarón como el tratamiento 2 alimentado con alimento para tilapias, registraron una sobrevivencia inicial del 100%, para terminar ambos tratamientos con una sobrevivencia de 92%. Ver gráfico número 7

Herrera, 2008. Sugiere que la sobrevivencia esperada al final del ciclo debe ser de 80%.

Por tanto podemos decir entonces que según los datos registrados y contrastando con la literatura revisada, ambo tratamientos estuvieron dentro del valor óptimo esperado.

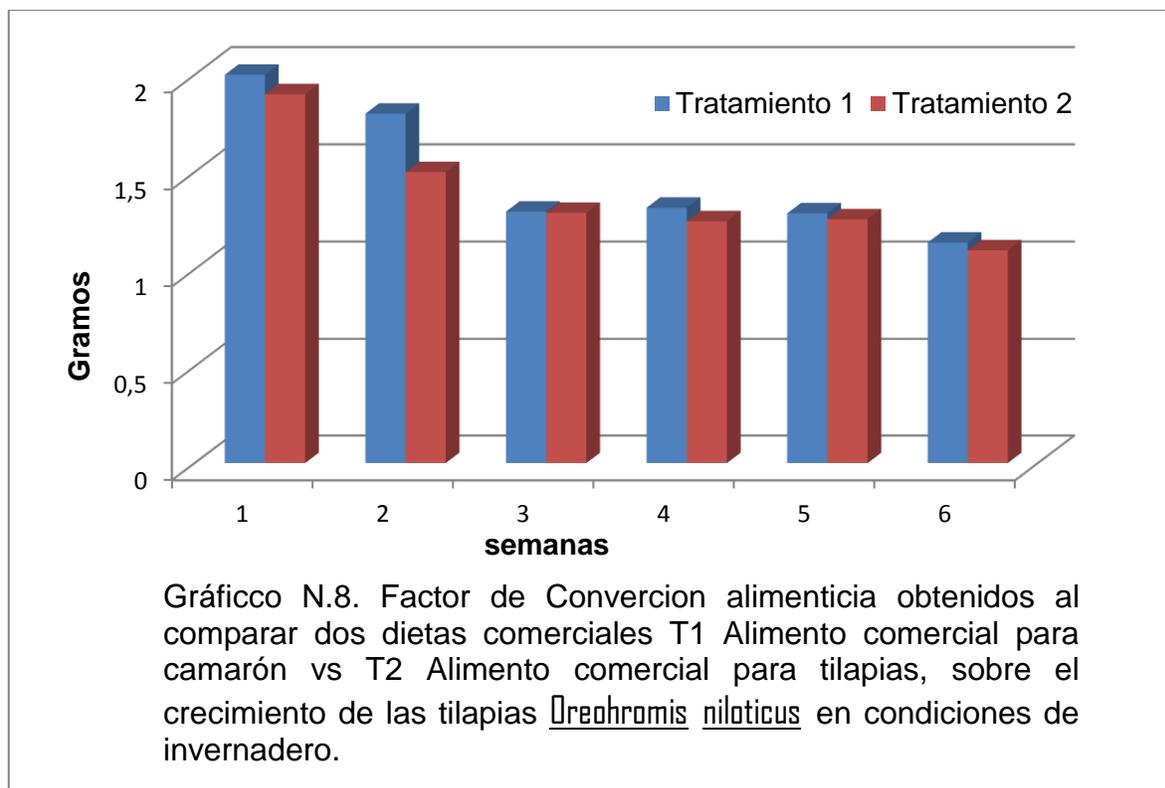


## Factor de Conversión Alimenticia

Se observan los valores de Factor de Conversión Alimenticia registrados a lo largo del experimento, para el tratamiento 1 alimentado con alimento comercial para camarón se observa un valor mínimo de 1.13 gr y un valor máximo de 2.0 gr. Por su parte para el tratamiento 2 alimentado con alimento comercial para tilapias se observa un valor mínimo 1.09 gr y un valor máximo de 1.9 gr, encontrando un mejor factor de conversión alimenticia en el tratamiento 2. En el grafico número 8

Según (Talavera, 1997 (a)). El factor de conversión alimenticia debe ser de 1 a 1.5 para cultivos con sistemas semi-intensivos.

Por tanto al contrastar nuestros resultados con lo dicho por (Talavera, 1997 (a)) podemos decir que los valores registrados para el tratamiento 1 solo en las primeras dos semanas no estuvieron dentro del valor, el tratamiento 2 por su parte solo en la primer semana no se mantuvieron dentro del valor, esto debido al proceso de adaptación de los organismos en estos días al alimento posteriormente ambos tratamiento estuvieron dentro de los valores óptimos de cultivo.

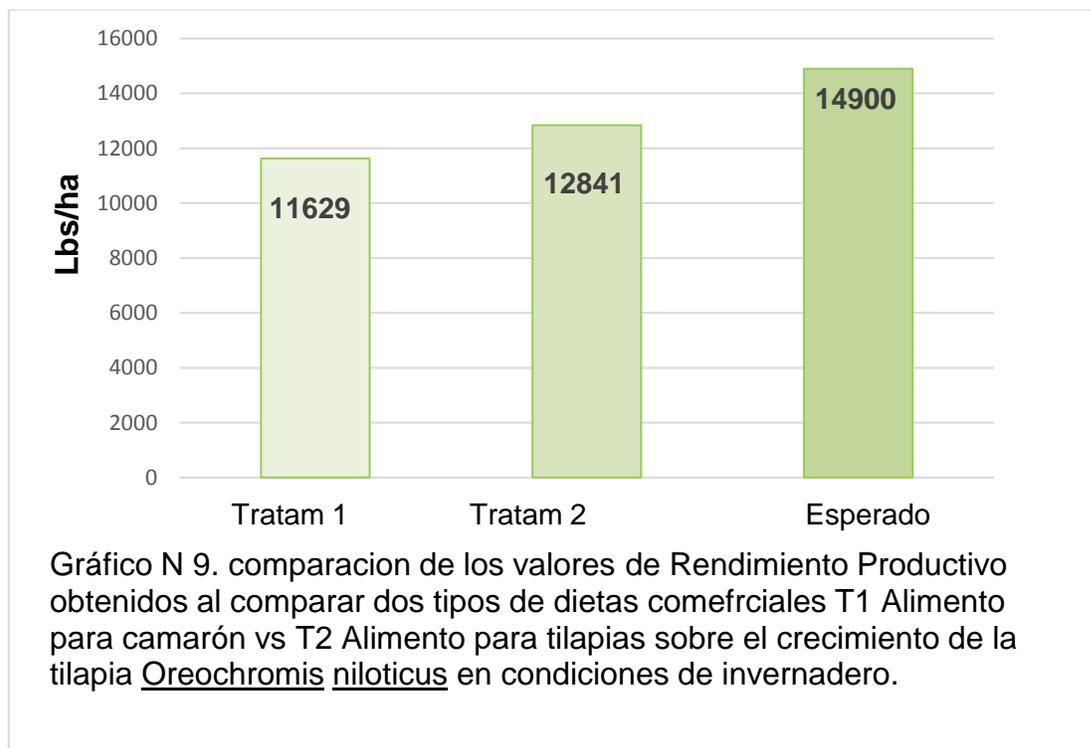


## Rendimiento Productivo

Los valores de Rendimiento Productivo registrados a lo largo del experimento, para el tratamiento 1 alimentado con alimento comercial para camarón se observa un valor inicial de 7004.4 Lb/ha y un valor máximo de 11629.96 Lb/ha. Por su parte para el tratamiento 2 alimentado con alimento comercial para tilapias se observa un valor mínimo 7004.4 Lb/ha y un valor máximo de 12841.41 Lb/ha, obteniendo un mejor rendimiento productivo que el tratamiento 1. Ver gráfico número 9

Según (Martínez, 2013) obtuvo un rendimiento productivo en tilapias *Oreochromis niloticus* a lo largo de un ciclo comercial de producción de 150 días, empleando un sistema de producción extensivos en los cuales encontró 1.49 lb/m<sup>3</sup>.

Por tanto podemos decir entonces que los valores registrados por ambos tratamientos se encuentran cerca de los valores óptimos sugeridos por el autor antes señalado, se nota un mejor rendimiento en el tratamiento 2 alimentado con Alimento para tilapias sobre el tratamiento 1 alimentado con Alimento para camarón.



## **VII.- CONCLUSIÓN**

### **7.1 Factores fisicoquímicos**

- El oxígeno varió entre 3.3 a 7.1mg/L para el tratamiento 1 (con dieta comercial para camarón) y de 3.7 a 7.1 mg/L para el tratamiento 2 (con dieta comercial para tilapia).
- La temperatura varió entre 29.6 y 33.6°C para el tratamiento 1 (con dieta comercial para camarón) y de 29.7 a 33.6 °C para el tratamiento 2 (alimento comercial para tilapia).
- El pH varió entre 6.4 y 7.6 ppm para el tratamiento 1 (alimento comercial para camarón) y de 6.5 a 7.6 ppm para el tratamiento 2 (alimento comercial para tilapia).

Según los autores descritos en nuestra bibliografía los factores fisicoquímicos estuvieron en los intervalos óptimos.

### **7.2 Parámetros poblacionales**

- El crecimiento acumulado fue de 19.1 gr para el tratamiento con dieta comercial para camarón y de 21.2 gr para el tratamiento con dieta comercial para tilapia.
- El ritmo de crecimiento fue de 0.5 gr para el tratamiento con dieta experimental y 0.4 gr para el tratamiento con dieta comercial.
- La tasa de crecimiento fue de -5.9 gr para el tratamiento con dieta experimental y de -5gr para el tratamiento con dieta comercial.
- La sobrevivencia se inició con un 100% y se finalizó con un 92% para ambos tratamientos (alimento comercial para camarón y tilapia).

- El factor de conversión alimenticia varió entre 0.56 a 1.31 gr (para el tratamiento con dieta comercial para camarón) y de 0.56 a 1.29 gr (para el tratamiento con dieta comercial para tilapia).

- El rendimiento productivo vario de 7004.4 Lb/ha a 11629.9 Lb/ha (para el tratamiento con dieta comercial para camarón) y de 7004.4 lb/ha a 12841lb/ha (para el tratamiento con dieta comercial para tilapia).

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, se acepta la hipótesis alternativa planteada en nuestro estudio, en el cual se demuestra que el crecimiento de la tilapia Oreochromis niloticus en la etapa de alevín es mayor bajo condiciones de dieta comercial para tilapia, que bajo condiciones de dieta comercial para camarón en condiciones de invernadero.

## **VIII.-RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda asegurarse antes de la siembra de que los organismos sean del mismo sexo y lote.
2. Asegurarse que la construcción del invernadero sean de buena calidad para garantizar que las temperaturas se mantengan constantes.
3. Se recomienda alimentar durante estas primeras etapas de levante a los organismos con alimento comercial para tilapias ya que se obtiene un mejor crecimiento.

## IX.-BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar F, Afanador G, Muñoz A, 2010 – Revista científica de la universidad tecnológica de México. - tuinventas.com.  
[http://scholar.google.com.ni/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=p5LORCMAA&citation\\_for\\_view=p5LORCMAAAAJ:9yKSN-GCB0IC](http://scholar.google.com.ni/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=p5LORCMAA&citation_for_view=p5LORCMAAAAJ:9yKSN-GCB0IC)
- Alamilla T.h.2001. Cultivo de tilapia ZOE Tecno-Campo. México D.F. México 12 p.  
Disponible: [www.Zoetecnocampo.com/documentos/tilapi/tilapia.htm](http://www.Zoetecnocampo.com/documentos/tilapi/tilapia.htm)
- Arredondo, J.L. & cols.1994. Citado por Hurtado, N. Tilapia la alternativa social y económica del tercer milenio. Lima, Perú. 25,27 p.  
[http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh\\_tilapia3milenio.pdf](http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh_tilapia3milenio.pdf)
- Barros M, Pezzato E, Kleemann K, Hisano G, Rosa J. 2002. Níveis de Vitamina C e Ferro para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) R Bras Zootec. Brasil. 66p.  
<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4028586.pdf>
- Bomfim MAD, Lanna EAT, Donzele JL, Quadros M, Ribeiro FB, Sousa MP. 2010. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia do Nilo, R Bras Zootec. Brasil. 65p.  
<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4028586.pdf>
- Boscolo WR, Signor A, Feiden A, Bombardelli RA, Signor AA, Reídle A. Energia Digestível para Larvas de Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) na Fase de Reversão Sexual. R Bras Zootec. 2005. Brasil. 64p.  
<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4028586.pdf>.
- Boyd (1990) citado por Herrera & Martínez, 2009. Guía para el componente curricular camaronicultura de la carrera de ingeniería acuícola, Unan- León.
- Cabañas, L. P., 1995. *Diseño y operación de un sistema intensivo de cultivo de crías de tilapia (Oreochromis spp)* tesis de Lic. UNAM. México. 66 pp.  
Consultado en Junio del 2013 Disponible en:  
<http://www.tilapiademexico.org/>
- Cantor, F. 2007. Manual de producción de tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. Puebla-México. 135p.  
[http://api.ning.com/files/XsdzssQIm1ERp3x3LhIHSLJK1Wcw83ulQ1at9BVNoQV6IUZ\\*HIdRLhkoJbQUtNs7ZNVJX4JC3gDsBVHw7keD7TgsUOzxl/ManualdeecultivodeTilapia.pdf](http://api.ning.com/files/XsdzssQIm1ERp3x3LhIHSLJK1Wcw83ulQ1at9BVNoQV6IUZ*HIdRLhkoJbQUtNs7ZNVJX4JC3gDsBVHw7keD7TgsUOzxl/ManualdeecultivodeTilapia.pdf).

- Cerda, M., L. Pérez Igualada, L. Zaragoza y J. Fernández Carmona. 1998. Crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*) Con piensos extrusionados de diferente nivel proteico. Archivos de zootecnia vol. 47, núm. 177, p. 17. Consultado en Junio del 2013] Disponible en: [http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/06\\_20\\_16\\_02jo\\_ver.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/06_20_16_02jo_ver.pdf).
- Chacón, E. & Santamaría, J. 2007. Ministerio de ganadería y Agricultura. Instituto Costarricense de pesca y Acuicultura. San José, Costa Rica. 30 p. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00081.pdf>.
- Costa MLS, Melo FP, Correia ES. Efeitos de diferentes níveis protéicos da ração no crescimento na tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus), variedade chitralada, criadas em tanques-rede. B. Inst. Pesca, São Paulo, 2009. 285-294 p. <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4028586.pdf>.
- De la Legua Carmen 2002. Manual de crianza tilapia. Nicovita. Buenos Aires, Argentina. 49 p. <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/tilapia/Manual%20de%20crianza%20de/20tilapia.pdf>
- El Sayed FMA. 2003. Protein Nutrition of Farmed Tilapia: Searching for Unconventional Sources. Faculty of Science University of Alexandria. Alexandria, 364-378 p. <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4028586.pdf>
- FAO, 2000. Estadísticas de la producción acuícola, Servicios de información, datos y estadísticas de Pesca, FAO Roma. 293 pp.
- Furuya WM, Silva LC, Neves PR, Botaro D, Hayashi C, Sakaguti ES, Furuya VR. 2004. Exigências de metionina + cistina total para alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. Ciência Rural. Sao Paulo-Brazil. 64 p. <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4028586.pdf>
- Furuya WM. 2010. Tabelas Brasileiras para a nutrição de tilapias, Gráfica Editora, Toledo, Sao Paulo- Brasil. 100 p. <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4028586.pdf>
- García, M. 2004. Efecto de la ración alimenticia en el crecimiento de juveniles de tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner) bajo condiciones experimentales de cultivo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, col. 8, nº 001. 13 p. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060611/061115.pdf>
- Goddard, S. 1996 *Feed Management in Intensive Aquaculture*. New York. 194. 3 p.

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060611/061115.pdf>

González G. 2004. Manifestación ambiental en su modalidad particular. Cultivo de tilapia Yucatán, México. 43 p. Disponible en <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/yuc/estudios/2004/31YU2004PD024.pdf>

Hayashi C, Boscolo WR, Soares CM, Meurer F. Exigência de Proteína Digestível para Larvas de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a Reversão Sexual. R Bras Zootec. 2002. Sao Paulo-Brasil. 823-828 p. <http://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4028586.pdf>

Herrera, 2008. Guía para el componente curricular camaronicultura de la carrera de ingeniería acuícola, Unan- León.

López, B. & Cruz, L. 2011. Elaboración de un probiótico a base de microorganismos nativos y evaluación de su efecto benéfico al proceso digestivo de la tilapia roja (*oreochromis spp.*) en etapa de engorde en la zona de Santo Domingo. Escuela politécnica del ejército departamento de Ciencias de la Vida Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias, Santo Domingo. Santo Domingo – Ecuador. 109 p. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/.../1/T-ESPE-IASA%20II-002358.pf>

Martínez/ Córdoba, 2008. Importancia del alimento artificial en el cultivo del camarón. 110 p.

Martínez, E. 2012. Crecimiento de camarones marinos *Litopenaeus Vannamei* en estanques de concreto. Laboratorio de Investigación Marinas y Acuícolas (LIMA). UNAN-León. León Nicaragua.

Martínez, E. 2013. Crecimiento de la tilapia *Oreochromis niloticus* en sistemas extensivos. León, Nicaragua. Transferencia directa.

Meurer, F. Hayashi C, Boscolo WR. 2002. Lapídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). R Bras Zootec. Brasil. 566 -573 p. <http://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4028586.pdf>

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) 2001, San Salvador, Salvador. Guía Para el Cultivo de Tilapias en estanques. 205 p. Disponible en: <http://luisdi.files.wordpress.com/2008/08/guía-tecnica-tilapia.pdf>

Monzón A, 2008. Cultivo de *Oreochromis niloticus*, Estación Piscícola Las Ninfas, Amatitlán, Guatemala. 26 p. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/24/24\\_0083.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/24/24_0083.pdf)

- Morales Díaz A, 2003. Citado por Manzanares J. L. Efecto de tres métodos de cocción sobre el contenido nutricional de la mojarra Tilapia (*Oreochromis sp.*). Oaxaca, México, 2011. 17-19p.  
[http://www.unpa.edu.mx/tesis\\_Tux/tesis\\_digitales/TESIS%20JOS%C3%89%20LUIS%20LORENZO%20MANZANAREZ.pdf](http://www.unpa.edu.mx/tesis_Tux/tesis_digitales/TESIS%20JOS%C3%89%20LUIS%20LORENZO%20MANZANAREZ.pdf)
- National Research Council, NRC. 1993. Nutrient requirements of warm water fishes and shellfishes. Washington, D.C. 102p.  
<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4028586.pdf>
- ORINOQUIA, 2012. Requerimientos nutricionales para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Universidad de los Llanos – Villavicencio. Colombia Vol. 16- No 1. 66p.  
<http://DialnetRequerimientosNutricionalesParaTilapiaDelNiloOreochromisNiloticus.4028586.pdf>
- POOT DELGADO CARLOS, NOVELO-SALAZAR RAFAEL A. Y HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ MIZAR F., 2009. Cultivo integral de la Tilapia. 40 p.  
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/.../1/T-ESPE-IASA%20II-002358.pdf>
- PRONACA, 2008. Manual de manejo de Cultivo de Tilapia Roja. Guayaquil Ecuador. 8-9 p.  
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/.../1/T-ESPE-IASA%20II-002358.pdf>
- Rodríguez, A. García, A. Escuela de Acuicultura, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Chile., 2010. Publicado por Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura. Revista AquaTIC, nº 32. 4,5 p. [www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/32\\_02.pdf](http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/32_02.pdf)
- Saavedra, M. A. 2003.- Introducción al Cultivo de Tilapia. Coordinación de Acuicultura, Departamento de Ciencias Ambientales y Agrarias, Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua. Mayo, 2003. 20 p.  
[http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades\\_del\\_cultivo\\_de\\_Tilapia.pdf](http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.pdf)
- Saavedra, M. A. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Departamento de tecnología y Arquitectura. Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua. 6, 8,17 p.  
[http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades\\_del\\_cultivo\\_de\\_Tilapia.pdf](http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.pdf)
- Revisado el 22 de Mayo de 2014 a las 10:00 am.

- Talavera, V. Sánchez, D. Zapata, L., boletín (a) 1997. Alimentos Balanceados para acuicultura del camarón volumen 2: Nicovita. Tumes, Perú 2 p. disponible en [http://www.Alicorp.com.pe/ohsimages/nicovita/boletines/alimento/bole\\_970801.pdf](http://www.Alicorp.com.pe/ohsimages/nicovita/boletines/alimento/bole_970801.pdf)
- Talavera, V. Sánchez, D. Zapata, L. (b) 1997. Tasa o factor de conversión alimenticia en el cultivo de camarón. Volumen 2. Lima, Perú. 2 p. [http://www.alicorp.com.pe/ohs\\_images/nicovita/boletines/alimento/bole\\_9703\\_01.pdf](http://www.alicorp.com.pe/ohs_images/nicovita/boletines/alimento/bole_9703_01.pdf)
- Talavera, V. Sánchez, D. Zapata, L. 1998. Retardo de la tasa de crecimiento de loscamarones.Volumen3, edicion8. Lima, Perú. 1p. [www.alicorp.com.pe/ohs\\_images/nicovita/boletines/.../bole\\_9808\\_02.pdf](http://www.alicorp.com.pe/ohs_images/nicovita/boletines/.../bole_9808_02.pdf)
- Toledo, S. & García, M., 2000. Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en américa latina y el caribe. Centro de Preparación Acuícola Mamposton, Ministerio de la Industria Pesquera, San José de las Lajas. La Habana, CUBA. 55 p. [http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion\\_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf](http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf)
- Torres, D. & Hurtado, V. 2012. Requerimientos nutricionales de la tilapia *Oreochromis niloticus*. Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia Vol. 16 - No 1 - Año 2012. 6 p. <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4028586.pdf>.
- Toyama GN, Corrente JE, Possebon Cyrino JE. 2000. Suplementação de Vitamina C em Rações para Reversão Sexual da Tilápia do Nilo. Scientia Agricola, Brasil. 221-228 p. <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4028586.pdf>
- Trewavas, E. 1983. A review of the tilapine fish of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.) Zool. La Habana CUBA. 3 0 55 p. [http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion\\_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf](http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf)